

## CURVAS DE MATURAÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO SACARINO

Renan Silva e Souza<sup>1</sup>, Vander Fillipe de Souza<sup>2</sup>, Pedro Henrique Borges Machado<sup>3</sup>, Michele Jorge da Silva<sup>4</sup>,  
Rafael Augusto Parrella<sup>5</sup>, Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella<sup>6</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei UFSJ [renan9105@yahoo.com.br](mailto:renan9105@yahoo.com.br), <sup>2</sup>Doutorando em Bioengenharia /UFSJ, <sup>3</sup>Graduando em Engenharia Ambiental UNIFEMM - Sete Lagoas, MG, <sup>4</sup>Mestranda em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, <sup>5</sup>Pesquisador/Embrapa Milho e Sorgo, <sup>6</sup>Docente Universidade Federal de São João Del-Rei, <sup>7</sup>Pesquisador/Embrapa Milho e Sorgo.

### Resumo

Nos últimos anos houve um aumento expressivo no interesse pelo sorgo sacarino como cultura alternativa e complementar à cana-de-açúcar na obtenção de etanol como biocombustível. Devido a este fato, existe a necessidade de se analisar as propriedades do sorgo afim de se atender às demandas da agroindústria. No presente trabalho buscou-se desenvolver e analisar curvas de maturação para três cultivares de sorgo sacarino em oito épocas de amostragem. Os resultados mostram que houve diferença significativa para cultivares e épocas de colheita para todas as variáveis analisadas ( $p \leq 0,01$ ). Quanto aos teores de açúcares, a cultivar BRS508 apresentou as maiores médias para as variáveis ART, ATR e AT. As cultivares XBSW80147 e Sugargraze apresentaram menor período de utilização industrial e menores teores de açúcares redutores totais e açúcares totais recuperáveis.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, Curva de maturação, açúcares redutores

### Abstract

#### *MATURATION CURVES OF SWEET SORGHUM CULTIVARS*

Over the last years there has been a significant increase in interest on sweet sorghum as an alternative and complementary crop to sugarcane in the production of ethanol for biofuel. Due to this fact, there is a need to analyze the properties of sorghum in order to meet the requirements of the agro-industry. This study sought to develop and analyze maturation curves for three cultivars of sweet sorghum in eight harvest dates. The results show a significant difference for cultivars and harvest dates for all variables ( $p \leq 0.01$ ). Regarding the sugar content, the cultivar BRS508 had the highest means for ART, ATR and AT. The cultivars XBSW80147 and Sugargraze showed shorter period of industrial use and lower levels of total reducing sugars and total retrievable sugars.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, *Maturation curve*, *reducing sugars*.

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por combustíveis tem criado a necessidade de busca de métodos e fontes de matérias-primas alternativas e complementares às atualmente disponíveis. Neste contexto, o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) tem se destacado por ser uma planta de grande eficiência na utilização de água e nutrientes, boa resistência a pragas e doenças e alta produção de biomassa, possuindo colmos com açúcares diretamente fermentáveis e um ciclo de cultivo de quatro meses.

Atualmente a cana-de-açúcar é a grande responsável pelo suprimento de matéria-prima para produção de açúcar e etanol. O Brasil é o maior produtor sucroalcooleiro do mundo, e o país com os menores custos de produção devido ao clima favorável à plantação da cana-de-açúcar (ÚNICA, 2012). Porém, o Brasil ainda apresenta problemas para suprimento de sua demanda interna de etanol.

Como a cultura da cana apresenta um ciclo longo e um período de entressafra prolongado (TEIXEIRA et al., 1997), forma-se uma janela de ociosidade nas áreas produtoras onde podem ser inseridas culturas como o sorgo para garantir uma produção contínua no sistema. Nesse contexto, o sorgo sacarino, sendo uma cultura semelhante em vários aspectos à cana-de-açúcar, pode suprir a ociosidade das usinas utilizando a estrutura já disponível (PARRELLA et al., 2010).

Diferentemente da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino inicia o acúmulo de açúcares no colmo em sua fase reprodutiva, concentrando-se principalmente na maturação fisiológica dos grãos (TEIXEIRA et al., 1999). Assim, a caracterização de curvas de maturação de genótipos de sorgo sacarino são de extrema importância para o planejamento agroindustrial, para subsidiar corretas tomadas de decisão, como época ideal de plantio e de colheita, e do período de utilização industrial dos cultivares (RATNAVATHI et al., 2010). Este trabalho objetivou estabelecer curvas de maturação de cultivares de sorgo sacarino, e apresentar dados preliminares do estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No ano agrícola de 2013/14 foram conduzidos ensaios de comparação de cultivares de sorgo sacarino em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, 19°28' latitude sul e 44°15'08" longitude oeste. 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. Os genótipos avaliados foram: XBWS80147 (Híbrido comercial da Monsanto), Sugargraze (Híbrido comercial da Advanta) e o BRS 508 (variedade comercial da Embrapa).

Foram avaliados oito experimentos em blocos ao acaso com três repetições, com mesma data de semeadura, sendo que cada experimento correspondeu a uma época programada de colheita. As parcelas experimentais foram compostas por uma linha de 5 m de comprimento e 0,70 m de espaçamento com população de 125.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Os experimentos foram colhidos sequencialmente a partir do florescimento, 107 dias após semeadura, totalizando 8 cortes com intervalo de 7 dias entre colheitas. Foram avaliadas ao longo das épocas, peso de massa verde (PMV), em t.ha<sup>-1</sup>; açúcar redutores totais (ART), em % de caldo; e açúcar totais recuperáveis (ATR), em Kg de açúcar por tonelada de biomassa.

O peso de massa verde foi calculado por parcela e transformado em tonelada por hectares. Amostras de oito colmos sem folhas de cada parcela foram coletadas, desfibrada e homogeneizada em equipamento apropriado. Após extração do caldo, submostras foram utilizadas para as análises tecnológicas em equipamento de espectrofotometria e infravermelho próximo (NIRS), conforme metodologia do Consecana (2006). Para o cálculo do teor de açúcares totais foram utilizadas as seguintes fórmulas: ART = Pol ÷ 0,95 + AR; sendo Pol = teor de sacarose e AR = teor de açúcares redutores. ATR = 9,5263 x PC + 9,05 x ARC, onde PC = Pol do colmo e ARC = açúcar redutores do colmo; e AT = ATR x PMV. A análise estatística foi realizada em esquema fatorial, sendo três genótipos x oito épocas de avaliação, utilizando o Programa Genes (Cruz, 2006). Além disso, foram geradas regressões para as cultivares mais representativas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para produção de massa verde (PMV), açúcares redutores totais (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR) e açúcares totais (AT) estão apresentados na Tabela 1. Foi observada diferença significativa para cultivares e épocas de colheita para todas as variáveis analisadas (p≤0,01). Fato que representa diferenças genéticas entre as cultivares e alterações devido o avanço do estágio de desenvolvimento fisiológico das cultivares. Para interações entre cultivares e épocas de colheita não ocorreram diferenças significativas, o que constitui incoerência de alteração do desempenho das cultivares no decorrer das avaliações. Quando comparado a trabalhos anteriores os CVs e as médias podem ser considerados representativos (SOUZA et al., 2012; MARTINS, 2014).

**Tabela 1.** Análise de variância para produção de massa verde (PMV), em t.ha<sup>-1</sup>, açúcares redutores totais (ART), em %, açúcares totais recuperáveis (ATR), em Kg.t<sup>-1</sup>, e Açúcares Totais (AT), em t.ha<sup>-1</sup> de 3 cultivares de sorgo sacarino em 8 épocas de corte após o florescimento, 107 dias após semeadura.

**Table 1.** Analysis of variance for fresh mass production (PMV) in t ha<sup>-1</sup>, total reducing sugars (ART), in %, total retrievable sugars (ATR) in Kg .t<sup>-1</sup>, and Total Sugars (AT) in t ha<sup>-1</sup> of 3 cultivars of sweet sorghum in eight harvest dates after flowering, 107 days after sowing.

	FV	GL	PMV	ART	ATR	AT			
Bloco/Épocas	16		73.91	1.8	147.2	1.22			
Cultivares (C)	2	2197.4	**	109.78	**	8988.47	**	89.51	**
Épocas (E)	7	396.68	**	22.95	**	1880.75	**	2.14	NS
C x E	14	40.76	NS	1.66	NS	136.13	NS	1.56	NS
Resíduo	32	89.35		1.83		150.38		2.15	
Média			63.88	12.26		110.94		7.1	
CV(%)			14.8	11.05		11.05		20.64	

Apesar de ocorrer diferença significativa pelo teste F da análise de variância, PMV não expressou diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 2). O presente estudo obteve média de PMV superiores as obtidas por Martins (2014), cujas cultivares BR508, XBWS80147 e Sugargraze apresentaram 34,27; 44,56 e 28,48 t.ha<sup>-1</sup> na safra 2011/12 e 56,59; 62,42 e 49,89 t.ha<sup>-1</sup> na safra 2012/13, respectivamente.

Quanto aos teores de açúcares, a cultivar BRS508 apresentou as maiores médias para as variáveis ART, ATR e AT, variáveis diretamente relacionadas entre si. A cultivar XBWS80147 não diferiu significativamente das demais quanto ao AT, apesar de apresentar produtividade média 1,27 t inferior ao BR508 e 2,53 t superior ao Sugargraze. Em cana-de-açúcar, os valores de ATR variam em torno de 100 a 150 Kg.t<sup>-1</sup>, em função do genótipo, ambiente e época de colheita, contudo, num ciclo de 12 a 18 meses (Conab, 2013). As cultivares BRS508, XBWS80147e Sugargraze, apresentaram respectivamente 132.26, 106.10 e 94.47 Kg.t<sup>-1</sup>, em um ciclo de aproximadamente 4 meses, o que reafirma o potencial do sorgo sacarino com matéria-prima para produção de etanol.

**Tabela 2.** Teste de médias para produção de massa verde (PMV), em t.ha<sup>-1</sup>, açúcares redutores totais (ART), em %, açúcares totais recuperáveis (ATR), em Kg.t<sup>-1</sup>, e Açúcares Totais (AT), em t.ha<sup>-1</sup> de 3 cultivares de sorgo sacarino em 8 épocas de corte após o florescimento, 107 dias após semeadura.

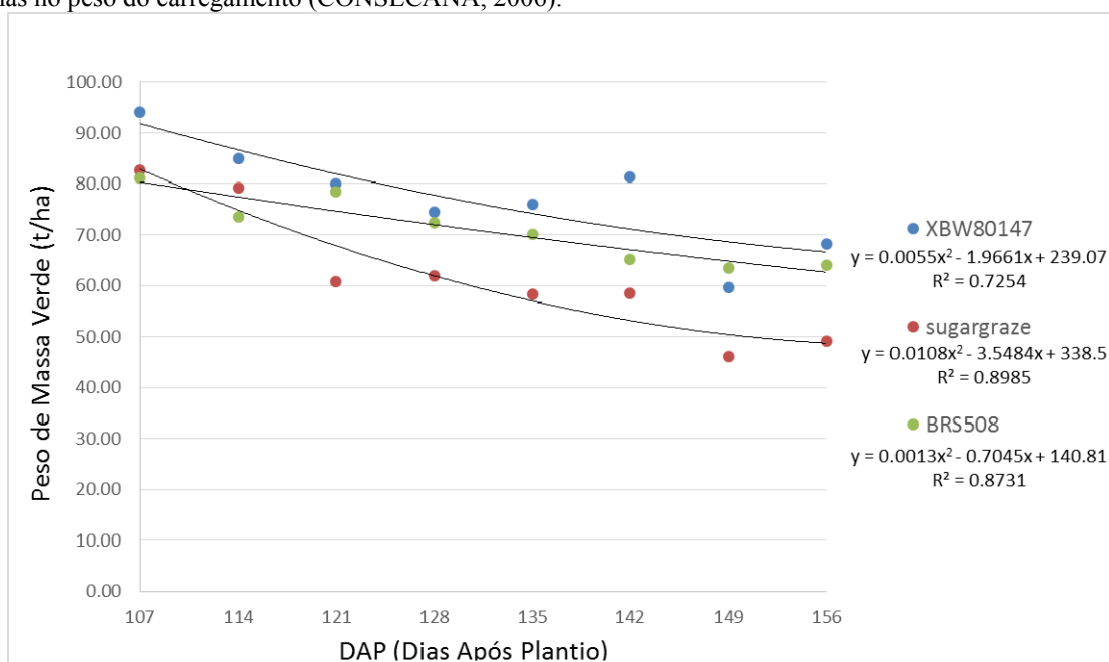
**Table 2.** Test of means for Fresh Mass Production (PMV) in t ha<sup>-1</sup>, total reducing sugars (ART), in %, total recoverable sugars (ATR) in Kg .t<sup>-1</sup> and Total Sugars (AT) in t ha<sup>-1</sup> of 3 cultivars of sweet sorghum in eight harvest dates after flowering, 107 days after sowing.

Cultivares	PMV	ART	ATR	AT
BRS 508	66.88 A	14.61 A	132.26 A	8.79 A
XBWS80147	71.59 A	11.72 B	106.10 B	7.52 AB
Sugargraze	53.17 A	10.44 B	94.47 B	4.99 B

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si (P>0,05) pelo teste Tukey.

Na Figura 1 é possível observar as curvas de regressão da produção de massa verde dos genótipos avaliadas. Para PMV as cultivares apresentaram valor máximo entre aproximadamente 80 e 95 t.ha<sup>-1</sup> nas etapas iniciais. Foi possível observar que todas as cultivares apresentaram tendência de redução da produção de matéria verde ao longo do tempo. No entanto, a redução do peso de massa verde pode estar associada basicamente perda de umidade durante o processo de maturação fisiológica.

Apenas a alta produtividade de biomassa não fornece os requisitos necessários para a qualificação das cultivares quando se objetiva a produção de etanol. O que torna necessário avaliar as curvas de acúmulo de açúcares durante o desenvolvimento da cultura. Além disso, o setor sucroalcooleiro atualmente paga os fornecedores com parâmetro baseado na qualidade da matéria prima, em açúcares totais recuperáveis, e não apenas no peso do carregamento (CONSECANA, 2006).

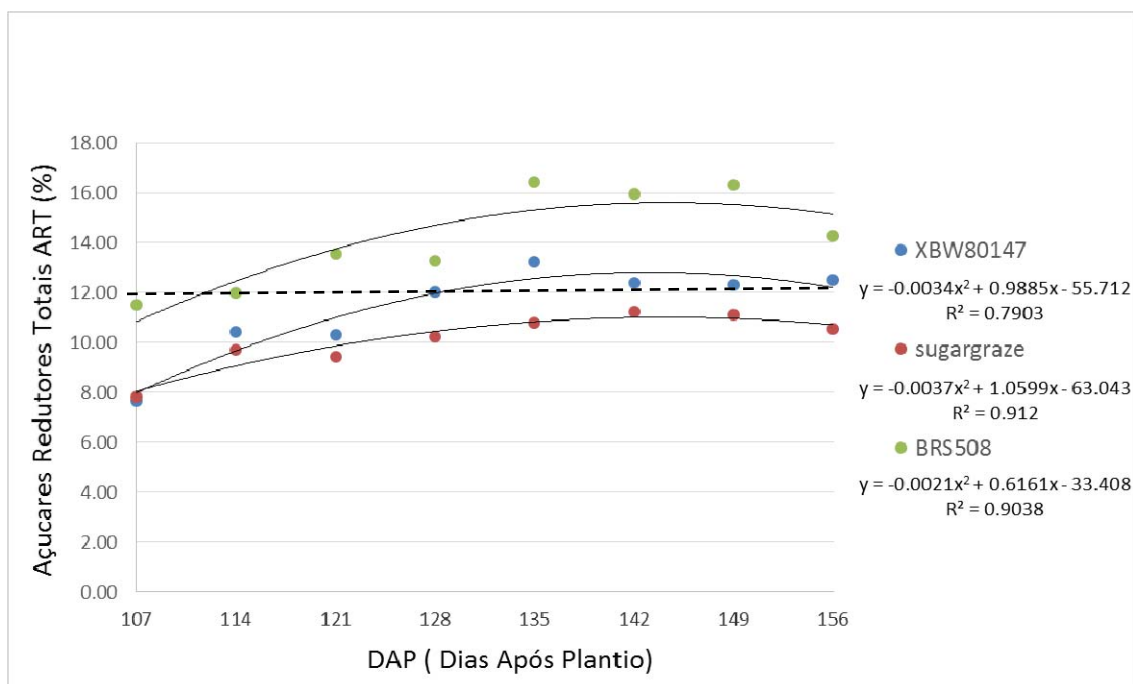


**Figura 1.** Curvas de produção de massa verde (PMV), em t.ha<sup>-1</sup> de 3 cultivares de sorgo sacarino em 8 épocas de corte a partir do florescimento.

**Figure 1** Curves of Fresh Mass Production (PMV) in t ha<sup>-1</sup> of 3 cultivars of sweet sorghum in eight harvest dates.

O período de utilização industrial (PUI) compreende o período em que a cultivar consegue permanecer no campo, mantendo a produtividade e a qualidade em níveis ideais, com manutenção dos padrões mínimos estabelecidos, visando à viabilização do cultivo até que seja colhida e processada pela usina. Para isso tomam-se como base teores mínimos de açúcares correspondentes a 12,5% para ART e de 80 Kg.t<sup>-1</sup> de biomassa para ATR (SCHAFFERT E PARRELLA, 2012; MAY, 2012).

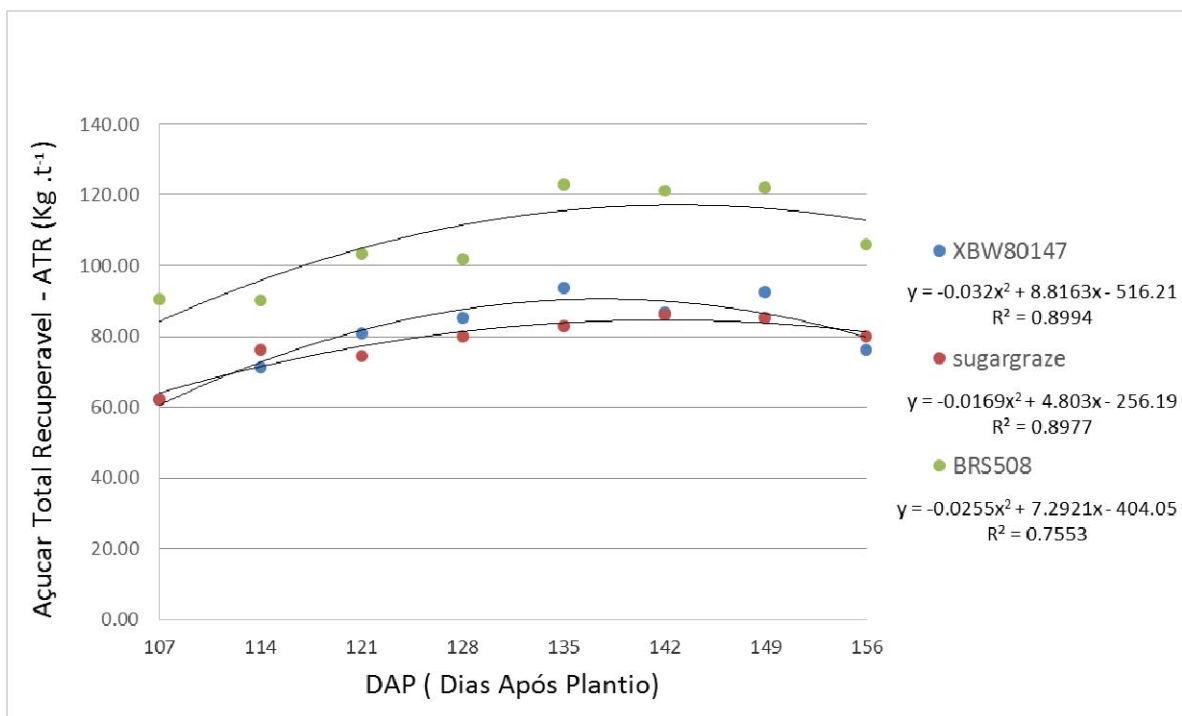
A Figura 2 apresenta o desempenho das três cultivares avaliadas quanto ao acúmulo de açúcares redutores totais. A cultivar BRS508 apresentou as maiores médias de açúcares redutores totais em todas as épocas avaliadas, com valor superior ao mínimo estabelecido a partir de 114 dias após a semeadura e mantendo-se com teor elevado até a conclusão das avaliações. A cultivar XBSW80147 alcançou teor superior ao mínimo estabelecido após 128 dias e manteve um curto PUI, aproximadamente 30 dias. A cultivar Sugargraze apresentou PUI inferior ao valor mínimo estabelecido para o processamento agroindustrial em todas as épocas de avaliação.



**Figura 2.** Curvas de açúcares redutores totais (ART), em % de 3 cultivares de sorgo sacarino em 8 épocas de corte a partir do florescimento.

*Figure 2. Curves of total reducing sugars (ART), in % of 3 cultivars of sweet sorghum in eight harvest dates.*

Como pode ser observado na Figura 3 as curvas de maturação do ATR se assemelham as do ART. Em relação ao ATR a cultivar BRS508 apresentou-se acima do mínimo estabelecido desde a primeira época de avaliação, totalizando aproximadamente 50 dias de PUI. As cultivares XBSW80147 e Sugargraze alcançaram o valor mínimo 121 e 128 dias após semeadura, totalizando aproximadamente 35 e 28 dias, respectivamente. Em avaliações realizadas por Martins (2014) considerando a safra 2011/2012, BRS 508 apresentou PUI de 38 dias, XBSW80147 20 dias e Sugargraze não apresentou o mínimo. Na safra 2012/2013, apenas o BRS 508 apresentou-se acima do mínimo durante 49 dias.



**Figura 3.** Curvas de açúcares totais recuperáveis (ATR), em % de 3 cultivares de sorgo sacarino em 8 épocas de corte a partir do florescimento.

*Figure 3.* Curves of total recoverable sugars (ATR), in % of 3 cultivars of sweet sorghum in eight seasons harvest dates.

## CONCLUSÃO

A cultivar BRS508 apresentou as maiores médias de açúcares redutores totais e açúcares totais recuperáveis independentemente da época avaliada, com valor superior ao mínimo estabelecido a partir de 114 dias após a semeadura para ART. As cultivares XBSW80147 e Sugargraze apresentaram menor período de utilização industrial e menores teores de açúcares redutores totais e açúcares totais recuperáveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão Europeia os auxílios financeiros relativos ao projeto SweetFuel e a Embrapa MP2 – Desenvolvimento de cultivares de sorgo.

## REFERÊNCIAS

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro de 2013, Safra 2013/2014. Brasília: Conab, 20p, 2013.

CONSECANA – SP. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. Manual de Instruções. 5ª edição, Piracicaba – SP, 2006.

CRUZ, C. D. . Programa Genes - Biometria. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

EMBRAPA – Milho e Sorgo. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. In Revista Agroenergia Ano II, nº 3, p.06. 06 ago. 2011.

MAY, A.; DURAES, F. O. M.; FILHO, I.A.P; SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, R. A. da C.; Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRSIG – Tecnologia qualidade. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 120 p. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 139). 2012.

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

MARTINS, A. M. Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol na região central de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas-MG, 2014.

PARRELLA, R. A. C.; MENEGUCI, J. L. P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. R.; PARRELLA, N. N. L. D.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010.

RATNAVATHI, C.V.; SURESH, K.; VIJAY KUMAR, B.S.; PALLAVI, M.; KOMALA, V.V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. Biomass and Bioenergy, v.34, p.947-952, 2010.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; DURAES, F. O. M. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. In: I Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino – Anais. 2012. p.25. (Embrapa Milho e Sorgo Documentos 137).

SOUZA, V. F. et al. Curva de maturação de variedades e de híbridos de sorgo sacarino. VII Encontro da Rede de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Biocombustíveis de Minas Gerais. Sete Lagoas – MG. 2012.

TEIXEIRA, C.G.; JARDINE, J.G. e BEISMAN, D. A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. Ciênc. Tecnol. Aliment., v.17, n.3, pp. 248-251, 1997.

ÚNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar. Produção de Cana-de-açúcar, 2011/2012. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>. Acessado em: Agosto de 2014.