

PRODUTIVIDADE DE SORGO SACARINO EM FUNÇÃO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS E DE ÉPOCAS DE CORTE

IVAN VILELA ANDRADE FIORINI¹, RENZO GARCIA VON PINHO¹,
EWERTON LÉLYS RESENDE¹, ÁLVARO DE OLIVEIRA SANTOS¹,
LUIZ ANTÔNIO YANES BERNARDO JÚNIOR¹, IRAN DIAS BORGES² e LUIZ PAULO
MIRANDA PIRES¹

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil - ivanvaf@yahoo.com.br;
renzo@dag.ufla.br, ewerton-resende@bol.com.br, alvaroareado@yahoo.com.br, luiz_yanes@hotmail.com;

²Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG, Brasil – irandb@ufsj.edu.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.1, p. 105-113, 2016

RESUMO – Este trabalho objetivou avaliar o efeito da população de plantas e época de corte sobre a produção de sorgo sacarino. O experimento foi instalado em novembro de 2012, em Lavras–MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial 4x4 (4 populações: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹; 4 épocas de corte: 0 dias após o florescimento (DAF), 10 DAF, 20 DAF e maturidade fisiológica aos 40 DAF. A partir da análise do caldo sacarino da cultivar BRS 506, foram avaliadas as características industriais: volume de caldo (VC), sólidos solúveis totais (°brix), açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH). O aumento das populações propicia o maior VC e não afetou as demais variáveis. As características industriais são influenciadas pelas épocas de corte. O brix e a ART apresentaram crescimento linear com o aumento do período após o florescimento para o corte de plantas. As maiores produtividades (VC e TBH) foram obtidas próximas aos 17 e 14 DAF, respectivamente, favorecendo as maiores produções de etanol nesses estádios.

Palavras-chaves: *Sorghum bicolor*; brix, biocombustível.

EFFECT OF PLANT POPULATION AND HARVEST TIME ON SORGHUM SACCHARINE YIELD

ABSTRACT- The present work aimed to evaluate the sorghum saccharine cultivar BRS 506 regarding industrial characteristics related to yield and production of ethanol related to plant population and harvest time. The experiment was carried out in November 2012, in Lavras – MG. A randomized blocks experimental design was used, with three replications, in a 4x4 factorial scheme [4 populations: 70, 100, 130 and 160 thousands plants per hectare; 4 cutting seasons according to flowering: 0 days after flowering (DAF), 10 DAF, 20 DAF and physiological maturity 40 DAF]. Industrial characteristics such as juice volume (JV), total soluble solid (°brix), total reducing sugars (TRS) and tones of brix per hectare (TBH) were evaluated after the analysis of saccharine juice of the BRS 506. Increased population provided higher JV. The industrial characteristics were affected by the period of cutting. The cutting at 40 DAF provided the highest °brix and TRS. JV and TBH reached the highest values at 17 and 14 DAF, respectively, periods showing the highest production of ethanol.

Key words: *Sorghum bicolor*, production of ethanol, brix, biofuel.

O sorgo sacarino possui altura superior a 3 m, facilidade de mecanização, rapidez do ciclo de produção, alta produção de massa. Também pode ser utilizado o bagaço para produção de silagem ou para geração de energia e etanol de segunda geração (Rubin, 2008; Durães, 2011; Albuquerque et al., 2012). Assim como a cana-de-açúcar, possui nos colmos o caldo sacarino rico em açúcares fermentáveis, apresentando-se como promissora matéria-prima para produzir etanol, que é obtido por meio do processo da fermentação desses açúcares, utilizando enzimas responsáveis pela hidrólise da sacarose (Naik et al., 2010; Ratnavathi et al., 2010; Kim & Day, 2010; Purcino & Durães, 2011).

A partir de 2003 no Brasil, tornou-se comum o uso de veículos bicompostíveis (flex) abastecidos com etanol ou gasolina. Há grande incentivo por pesquisas em fontes energéticas renováveis em função da crescente demanda energética, contribuindo para a redução do consumo das fontes não renováveis, gerando um maior equilíbrio entre a produção e o consumo de CO₂ na natureza. O etanol é responsável por 90% do total dos biocombustíveis produzidos em diferentes partes do mundo (Almodaris & Hadi, 2009; Cunha & Severo Filho, 2010; Prabu & Murugesan, 2011).

O sorgo sacarino poderá ser utilizado como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para a produção de etanol na época da entressafra (março e abril), quando os canaviais apresentam baixa concentração de sacarose nos colmos devido à imaturidade da planta (Azevedo et al., 2003; Fernandes et al., 2003). O desafio para as usinas de produção de etanol que operam oito meses por ano, com entressafra de quatro meses, é ser economicamente viável e sustentável. No cenário apresentado, o sorgo sacarino figura como alternativa de cultivo nessa entressafra, para incrementar a cadeia produtiva do etanol, com o potencial de diminuir a ociosidade das máquinas neste

período, pois pode-se utilizar os mesmos equipamentos de moagem, fermentação e destilação empregados para a fabricação do etanol a partir da cana-de-açúcar.

Entre as práticas culturais empregadas para a obtenção de maior produção dos vegetais, a escolha das melhores populações de plantas é importante por melhorar a eficiência no aproveitamento dos recursos do ambiente, como luz e água, e por reduzir a competição com as plantas invasoras. Além disso, a época de corte das plantas deve ser considerada, visto que o acúmulo e a translocação de fotoassimilados durante crescimento e desenvolvimento da planta de sorgo são bastante variáveis, necessitando de uma correta identificação das melhores épocas de corte das plantas visando à eficiente produção de etanol e ao maior rendimento forrageiro.

No Brasil, são escassos os trabalhos relacionados com o manejo cultural do sorgo sacarino, especificamente sobre o comportamento de cultivares em diferentes populações de plantas e épocas de cortes, visando ao rendimento de forragem e relacionados à produção de etanol. Para o sorgo sacarino, o índice multiplicativo TBH (toneladas de brix por hectare) tem se destacado em programas de melhoramento para a seleção de genótipos superiores por abranger caracteres que realmente influenciam diretamente na produção de etanol por hectare, foco principal da utilização de sorgo sacarino. Objetivou-se avaliar a cultivar de sorgo sacarino BRS 506 quanto a características industriais relacionadas ao rendimento e à produção de etanol em função de populações e de épocas de cortes das plantas.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em novembro de 2012 em Lavras, MG, sob semeadura direta, em solo

classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférrico, textura argilosa e declividade de 9%. O clima no município é classificado como mesotérmico, com temperaturas médias anuais de 19,3 °C, precipitação média anual de 1.411 mm, com 70% desse total concentrado nos meses de dezembro a março. A condução do experimento deu-se em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas favoráveis ao cultivo do sorgo (Figura 1).

Os resultados obtidos com a análise química de solo na camada de 0 - 20 cm de profundidade foram: pH em H₂O = 5,7; P = 11,1 mg dm⁻³; K = 109 mg dm⁻³; Ca = 39 mmol_c dm⁻³; Mg = 12 mmol_c dm⁻³; V% = 57,1; matéria orgânica = 30 g kg⁻¹, S-SO₄ = 9,8 mg dm⁻³. A adubação foi calculada de modo a fornecer quantidades de nutrientes baseadas na expectativa de alta produtividade de forragem. Em todos os tratamentos, foram utilizados 375 kg ha⁻¹ de 8-28-16+0,5% Zn em adubação de semeadura e 460 kg ha⁻¹

de 30-00-20 em adubação de cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas. A área experimental foi cultivada anteriormente por cinco anos com milho como monocultura.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 4x4 (4 populações de plantas: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹); 4 épocas de corte: 0 dias após florescimento (DAF), 10 DAF, 20 DAF e na maturidade fisiológica aos 40 DAF). O florescimento da cultivar “sacarina BRS 506” ocorreu aos 81 dias após a emergência. A parcela experimental constou de quatro linhas de 4 m com a respectiva população de plantas e espaçamento de 0,6 m, considerando-se como a área útil as duas linhas centrais.

A área foi dessecada com o herbicida de ingrediente ativo Glifosate 15 dias antes da semeadura. Foi semeado o dobro do número de sementes recomendado para as populações de plantas. O controle

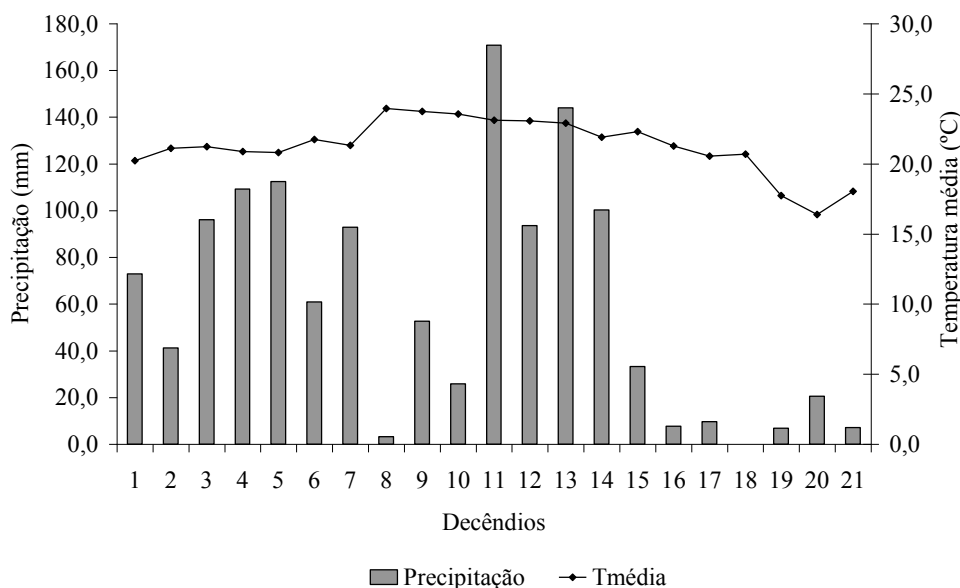


Figura 1. Dados médios de temperatura e de precipitação pluviométrica por decêndio, em Lavras, MG, no período de 01/11/2012 a 31/05/2013. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da Ufla.

de daninhas foi realizado em pós-emergência aos 25 dias após a semeadura do sorgo com o uso de atrazina na dosagem de 4,0 L ha⁻¹, com repasse de capina manual aos 40 dias após a emergência para o controle das plantas daninhas monocotiledôneas. O desbaste visando às populações de plantas foi realizado aos 30 dias após a emergência das plantas. Para o controle dos insetos, foi aplicado o inseticida de ingrediente ativo Deltametrina na dosagem de 250 mL ha⁻¹ aos 50 dias após a emergência do sorgo.

Os parâmetros avaliados no dia da colheita em cada época de corte foram: a) volume de caldo (VOL.): determinado pela medição do volume de caldo de uma amostra ao acaso de oito colmos colhidos na parcela útil extraídos em moenda de motor elétrico Modelo B-728 Rolo Inox 220v considerada de “baixa eficiência de extração” e estimado considerando a respectiva população de plantas na parcela. Os colmos foram passados duas vezes na extração, sendo na segunda vez dobrados ao meio para maior extração do caldo, e os valores foram expressos em L ha⁻¹; b) sólidos solúveis totais (°brix): o caldo foi filtrado e homogeneizado e as gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma do refratômetro digital e os valores foram expressos em °brix; c) açúcares redutores totais (ART): determinado pelo método redutométrico de Somogy adaptado por Nelson (1944); d) toneladas brix por hectare (TBH): índice determinado a partir da multiplicação entre a produtividade de matéria verde de colmos por hectare, a porcentagem de extração do caldo e o teor de sólidos solúveis totais (°brix médio), expresso em toneladas °brix ha⁻¹.

Não havendo nenhuma restrição às pressuposições da análise da variância, os dados foram submetidos a análises de variâncias pelo teste F ($p < 0,05$). Mediante o teste F significativo, procedeu-se à regressão com o auxílio do programa estatístico

Sisvar (Ferreira, 2008). Os modelos para ajuste das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na significância dos efeitos.

Resultados e Discussão

O volume de caldo foi influenciado pelas populações de plantas e pelas épocas de corte. As variáveis brix, açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH) foram influenciadas apenas pelas épocas de corte. Os coeficientes de variação para as características avaliadas variaram entre 6,4 para o brix a 18,8% para o volume de caldo e são indícios de boa a média precisão na condução do experimento. O valor de C.V. (18,8%) para o volume de caldo corrobora com os valores obtidos por Pereira Filho et al. (2013) e está abaixo do valor encontrado por Albuquerque et al. (2012). Para o brix, o valor de C.V. (6,4%) se aproxima aos encontrados por Pereira Filho et al. (2013); Albuquerque et al. (2012); e May et al. (2012).

Para o volume de caldo, ocorreu relação linear com o aumento das populações de plantas, sendo que o coeficiente de determinação explicou 99% das variações dos dados (Figura 2). Observa-se o incremento no volume de caldo com o aumento das populações de plantas, sendo que esses resultados corroboram com os obtidos por outros autores (Pereira Filho et al., 2013; Albuquerque et al., 2012; May et al., 2012).

O mesmo comportamento linear para o volume de caldo foi obtido por Pereira Filho et al. (2013), avaliando cultivares sacarinas, em que na maior população de plantas (175 mil plantas ha⁻¹) obteve-se média acima de 25.000 L ha⁻¹. A maior população de plantas neste trabalho produziu em média 30.000 L ha⁻¹.

Podemos considerar, na prática, que cada litro de caldo sacarino pesa 1 Kg, ou seja, a mesma relação

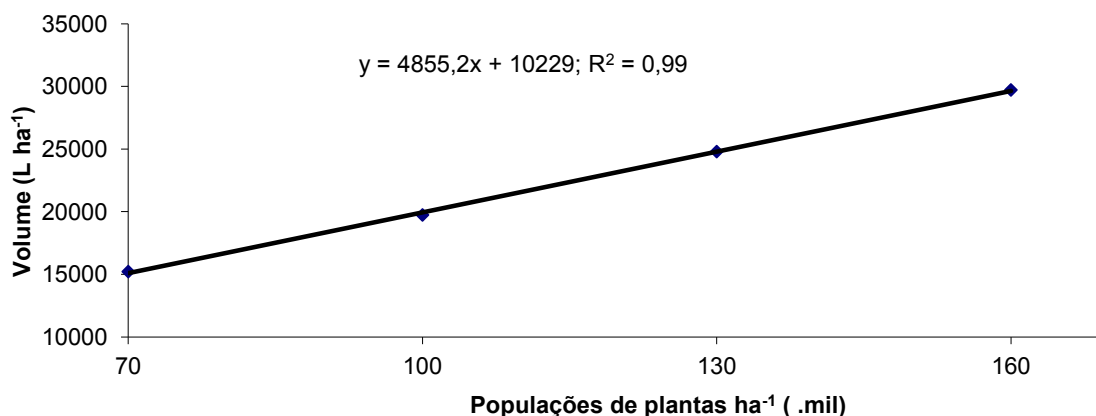


Figura 2. Volume de caldo (L ha⁻¹) em função das populações de plantas.

entre as unidades; esses valores estão acima dos encontrados por Albuquerque et al. (2012), com produtividade de 7.3 toneladas ha⁻¹. É importante ressaltar que o equipamento utilizado para a extração do caldo não foi de máxima eficiência e ainda os valores estão abaixo dos encontrados por May et al. (2012), que extraíram na prensa hidráulica, considerada de máxima eficiência, massa superior a 33 toneladas ha⁻¹.

Assim como nos trabalhos de Albuquerque et al. (2012) e de Pereira Filho et al. (2013), o °brix não foi afetado pelas diferentes populações. O °brix é um termo que representa a aproximação do conteúdo de sólidos totais, apresentando correlação significativa e positiva com a concentração total de açúcar (Teetor et al., 2011), e é diretamente influenciado pela taxa fotossintética das plantas.

Vale ressaltar que a concentração de sólidos solúveis (°brix) é amplamente empregada pelas indústrias de produção de açúcar e de álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares no caldo (Tsuchihashi & Goto, 2004). A concentração de açúcares totais (°brix) apresenta alta correlação com as concentrações de sacarose e de outros açúcares redutores do caldo de sorgo sacarino e é de fácil determinação. Guigou et al. (2011) sugerem

ainda sua utilização para a seleção indireta de cultivares, sendo essa característica de fácil medição e não demandando reagentes durante o processo.

Para o teor de açúcares redutores totais (ART), não houve diferenças significativas com o aumento das populações de plantas, corroborando com os resultados obtidos por Pereira Filho et al. (2013). Ao contrário dos sólidos solúveis, com o aumento das populações de plantas, ocorreu a diminuição dos ART; porém, esta diminuição foi de baixa magnitude.

Para a variável volume de caldo, foi ajustado o modelo quadrático em função da época de corte com o ponto de máxima produção de caldo; de acordo com a equação, ocorreu aproximadamente aos 17 DAF e com posterior queda desse valor na maturidade fisiológica aos 40 DAF. Isto ocorreu devido à perda de água nos colmos das plantas próximo ao estágio de senescência da planta (Figura 3).

Para o teor de sólidos solúveis totais (°brix), observa-se um incremento em função das épocas de corte em que, para cada dia após o florescimento, houve acréscimo de 0,136 °brix, ou seja, a cada sete dias, há um aumento de aproximadamente 1 °brix (Figura 4). Os maiores valores de °brix foram encontrados na maturidade, estágio no qual há a maior concentração

de açúcares devido à perda de água nos tecidos em senescência. Analisando o caldo sacarino em diferentes épocas de corte, Teixeira et al. (1999) também encontraram os maiores teores de sólidos solúveis no estágio da maturidade.

O valor máximo para o °brix encontrado foi semelhante ao encontrado por Lourenço et al. (2007),

que foi de 17 °brix. O °brix encontrado por Ribeiro Filho et al. (2008) foi de 11,6 °brix e está abaixo da média aqui apresentada (13,97). Com relação aos valores de brix, pode-se verificar que os mesmos são semelhantes aos encontrados na cana-de-açúcar, por volta de 19 °brix (Azevedo et al., 2003; Fernandes et al., 2003).

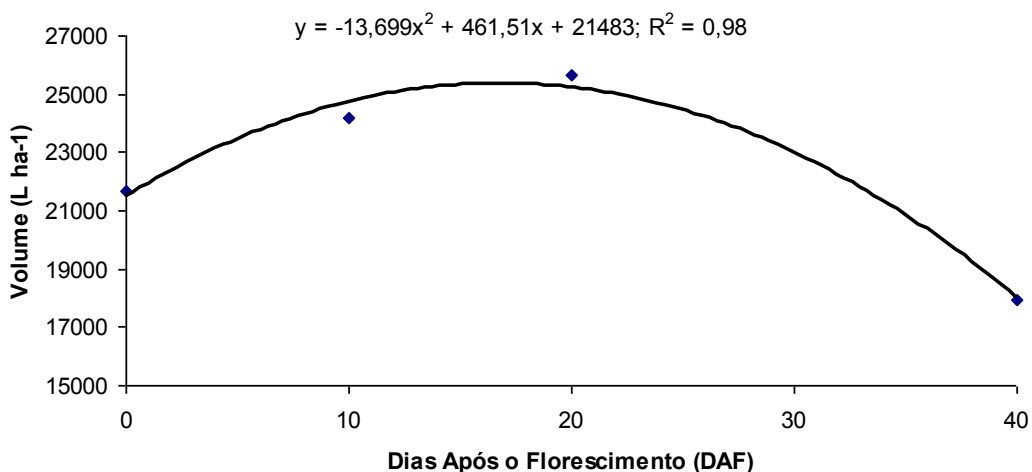


Figura 3. Volume de caldo (L ha⁻¹) em função das épocas de corte das plantas.

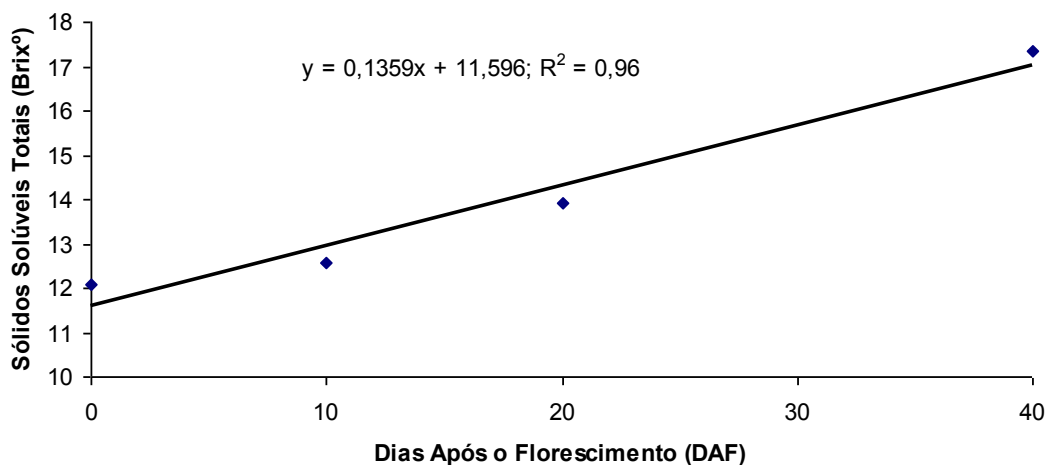


Figura 4. Teor de sólidos solúveis totais (°brix) em função das épocas de corte das plantas.

A concentração dos açúcares redutores totais (ART) apresentou relação linear com as épocas de corte (Figura 5). Para cada dia após o florescimento, há acréscimo de 0,09% de ART, pois, à medida que a planta amadurece, há perda de água nos tecidos vegetais e consequentemente uma maior concentração de sólidos solúveis totais e açúcares redutores totais no caldo extraído.

Estudos realizados por Tsuchihashi & Goto (2004) mostram uma relação linear entre a concentração de açúcares totais e o brix extraído de colmos de sorgo sacarino. Contudo, os valores médios de ART obtidos neste trabalho (12,68%) estão bem acima dos resultados obtidos por Ribeiro Filho et al. (2008) com moagem de colmos de sorgo sacarino, obtendo 9,81% de ART.

Para a característica toneladas de brix por hectare (TBH) em função da época de corte foi ajustado o modelo quadrático (Figura 6). Observou-se o valor de ponto máximo de toneladas de brix por hectare (TBH) aproximadamente aos 14 DAF, segundo a equação. À medida que a planta floresce e se desenvolve, as épocas de corte exercem alta influência nessa característica, além do aumento do volume de caldo. Assim, por volta de 14 DAF e antes da maturidade fisiológica aos 40 DAF, pode-se iniciar a colheita do sorgo sacarino visando à obtenção de maiores valores de TBH e, consequentemente, a uma maior produção de etanol por hectare.

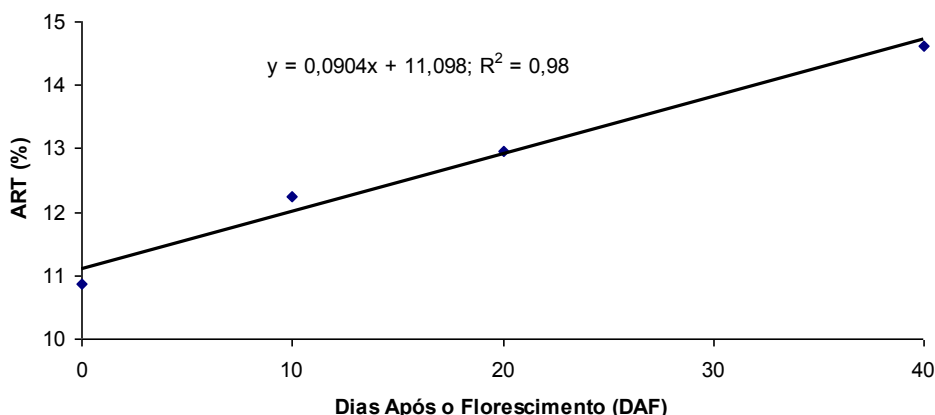


Figura 5. Teor de açúcares redutores totais (ART) em função das épocas de corte das plantas, expresso em %.

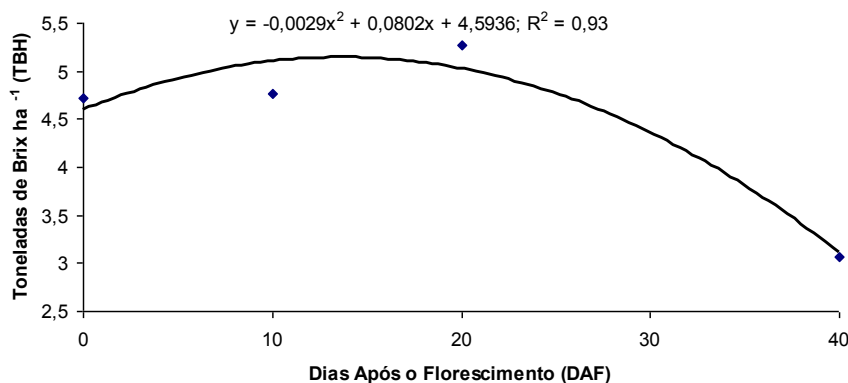


Figura 6. Toneladas de brix por hectare (TBH) em função das épocas de corte das plantas, expresso em toneladas de brix por hectare.

Quanto às populações testadas, verificou-se que somente para o volume de caldo houve diferenças significativas, ou seja, os maiores volumes foram obtidos nas maiores populações de plantas devido a maior produção de massa verde, o que favorece uma maior produção de volume de caldo.

Conclusões

O aumento das populações de plantas propicia o maior volume de caldo e não influencia as características industriais do caldo sacarino (brix, açúcares redutores totais e toneladas de °brix por hectare).

O brix e a ART apresentam crescimento linear com o aumento no período após o florescimento para o corte das plantas.

Os volumes de caldo e as toneladas de °brix por hectare foram de maiores valores nas épocas de corte aos 17 e aos 14 dias após o florescimento, respectivamente, e favorecendo maiores produções de etanol nesses estádios.

Agradecimentos

À Capes, pela bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor. Ao CNPq, pelas bolsas concedidas aos outros autores. E à Fapemig, pelo apoio financeiro em pesquisas.

Referências

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. da C.; GUIMARÃES, A. de S.; OLIVEIRA, R. M. de; SILVA, K. M. de J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v11n1p69-85.
- ALMODARIS, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009.
- AZEVEDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. de; CARNEIRO, P. C. S.; LANA, R. de P.; BARBOSA, M. H. P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. Composição química-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000600019.
- CUNHA, S. P.; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, jul./dez. 2010.
- DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e tecnologia. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, ano 2, n. 3, p. 2-3, 2011.
- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C. de; PEREIRA, J. C.; LANA, R. de P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M. da; DETMANN, E.; CABRAL, L. da S.; PEREIRA, E. S.; VITTORI, A. Composição química-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000400025.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- GUIGOU, M.; LAREO, C.; PÉREZ, L. V.; LLUBERAS, M. E.; VÁZQUEZ, D.; FERRARI, M. D. Bioethanol production from sweet sorghum: evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3058-3062, 2011. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.04.028.
- KIM, M.; DAY, D. F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at

- Louisiana sugar Mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Hampshire, v. 38, p. 803-807, 2010. DOI: 10.1007/s10295-010-0812-8.
- LOURENÇO, M. E. V.; MASSA, V. M. L.; PALMA, P. M. M.; RATO, A. E. M. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 30, p. 103-110, 2007.
- MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F. da; COELHO, M. A. de O.; PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v11n3p278-290.
- 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.
- NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.
- PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. da C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F. de; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p118-127.
- PRABU, C. S.; MURUGESAN, A. G. Potential utilization of sorghum field waste for fuel ethanol production employing *Pachysolen tannophilus* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Bioresource Technology**, Essex, v. 102, n. 3, p. 2788-2792, 2011. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.11.097.
- PURCINO, A. A. C.; DURÃES, F. O. M. Elementos do plano de negócios do sorgo sacarino da Embrapa. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, ano 2, n. 3, p. 46, ago. 2011.
- RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; KUMAR, B. S. V.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, n. 7, p. 947-952, 2010. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.02.002.
- RIBEIRO FILHO, N. M.; ALVES, R. M.; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R.; DANTAS, J. P. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 30-39, 2008.
- RUBIN, E. M. Genomics of cellulosic biofuels. **Nature**, London, v. 454, p. 841-845, 2008. DOI: 10.1038/nature07190.
- TEETOR, V. H.; DUCLOS, D. V.; WITTENBERG, E. T.; YOUNG, K. M.; CHAWHUAYMAK, J.; RILEY, M. R.; RAY, D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1293-1300, 2011. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.09.010.
- TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICOLELLA, G.; ZARONI, M. H. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, set. 1999. DOI: 10.1590/S0100-204X1999000900010.
- TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, v. 1, n. 7, p. 442-448, 2004.