

Uso Potencial de Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol no estado do Tocantins

Potential use of sweet sorghum for ethanol production in Tocantins state

Ivanor Giacomini¹
Flavia Lucila Tonani de Siqueira²
Marcelo Mendes Pedroza³
Susana Queiroz Santos Mello⁴
Fernando Barnabé Cerqueira⁵
Lucilene Salla⁶

Resumo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea cultivada em várias regiões do mundo para a produção de grãos. Recentemente a cultura vem sendo considerada como alternativa potencial para obtenção de bioenergia conduzida na entre safra da cana-de-açúcar por apresentar ciclo entre cem e trinta dias e produção de matéria verde com alta concentração de açúcares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das cultivares de sorgo sacarino CMSXS 629, CMSXS 630, CMSXS 631, CMSXS 632, CMSXS 633, CMSXS 634, CMSXS 635, CMSXS 636, CMSXS 637, CMSXS 638, CMSXS 639, BRS 506, CMSXS 642, CMSXS 643, CMSXS 644, BR 507, CMSXS 646, CMSXS 647, CMSXS 648, BR 500, BR 501, BR 503, BR 505, BR 504, BR 601 na Região Central do Tocantins. O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados com três repetições, cada bloco uma repetição. Foram avaliadas: altura de planta(m), tempo para florescimento (dias), rendimento de massa verde e matéria seca ($t\ ha^{-1}$), concentração de caldo (%), rendimento de caldo ($L\ há^{-1}$) e pH do caldo. O sorgo sacarino é uma planta de ciclo mais rápido que a cana-de-açúcar e apresenta-se como uma ótima alternativa para a produção de álcool combustível no Brasil.

Palavras-chave

Biocombustível
Massa verde
Produtividade
Álcool

Abstract

The sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a grass grown in various regions of the world for the production of grain. Recently, the culture has been considered as a potential alternative for the production of biofuels, conducted in the growing season of sugarcane to present cycle from 100 to 130 days and production of green matter with a high sugar concentration. The objective of this study was to evaluate the behavior of 25 cultivars of sweet sorghum in the Central Region of Tocantins. The experiment was conducted in randomized blocks with three replications. Among the characteristics evaluated, the cultivars with higher agronomic potential are: Height CMSXS 644 3.51 m; Flowering BR 503 54 (DIF); Green Mass CMSXS 630 with $77.14\ t\ ha^{-1}$; dry matter CMSXS $17.02\ t\ ha^{-1}$. The sweet sorghum is a plant that has a cycle faster than cane sugar. It is an alternative to the production of ethanol in Brazil.

Key words

biofuel
Green Mass
Yield
Alcohol

1 | Introdução

A bioenergia está sendo utilizada como alternativa de combustível limpo em substituição às energias convencionais, usadas em larga escala na matriz energética mundial. Seu uso como fonte de energia renovável contribui para a redução da emissão de dióxido de carbono no ar atmosférico (LAOPAIBOON; LAOPAIBOON, 2012).

O Brasil apresenta-se com destaque no cenário mundial agrícola pela grande disponibilidade de áreas agricultáveis com ampla diversidade climática e exuberância de biodiversidade, além de possuir um quarto das reservas de água doce do planeta (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006).

A iniciativa governamental através do Pró-Álcool incentivou órgãos de pesquisas e iniciativa privada em busca de alternativas para diminuir a importação de petróleo e minimizar as emissões de gases poluentes na atmosfera através do uso da cana-de-açúcar como matéria prima para a produção de etanol.

Embora a cana-de-açúcar responda pelos maiores índices de produção de etanol no país, a demanda por combustíveis limpos tem despertado o interesse pela busca de novas alternativas de matéria prima para a produção de energia. Para Whitfield, Chinn e Veal (2012), além da cana-de-açúcar, a beterraba e o sorgo sacarino possuem grande potencial energético como fontes renováveis de energia.

O sorgo sacarino (*Sorghum Bicolor* (L.) *moench*) tem alto potencial forrageiro, apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis e pode servir para

a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar (ANANDAN et al. 2012). O sorgo tem atraído muito interesse na produção de bioenergia por apresentar ciclo curto, adaptado às condições climáticas nem sempre ideais a outras culturas (ROHOWSKY et al., 2012), com manejo de tecnologias acessíveis à maioria dos produtores e contém altas concentrações de açúcares no colmo equiparado à cana-de-açúcar (AZEVEDO et al. 2003).

O Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino realizado no Estado do Tocantins representa uma alternativa bioenergética na entre safra da cana-de-açúcar, período que as usinas produtoras de etanol ficam ociosas por falta de matéria prima. A cultura do sorgo sacarino possibilita a produção de bioenergia em um período de baixa oferta de etanol nos postos de combustíveis, conferindo oportunidade da inserção da agricultura familiar no cenário bioenergético brasileiro visto que é uma cultura de técnicas dominadas pela maioria dos agricultores. Esse trabalho teve como objetivo estudar o uso potencial sorgo sacarino para a produção de etanol na região central do Estado do Tocantins.

2 | Materiais e métodos

O trabalho foi realizado na fazenda Madre Paulina II, localizada no Município de Guaraí, TO à 48.º 30' 37" W e 08.º 50' 03" S; 290 m de altitude, na safra agrícola de 2011. O solo do local é um Cambissolo Distrófico. O clima, conforme a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical chuvoso ou seco no inverno. A Tabela 1 mostra as variáveis climáticas ocorridas durante o período de cultivo do experimento.

Tabela 1: Dados meteorológicos da estação experimental de Pedro Afonso – TO, observados no período do desenvolvimento da avaliação do sorgo sacarino.

	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho
Precipitação (mm)	16,60	6,80	7,40	4,20	0,00	0,00
T.º Máxima (°C)	31,09	31,96	32,66	32,68	34,33	34,91
T.º Mínima (°C)	22,33	23,21	22,99	22,52	20,31	19,04

Umidade Relativa do Ar (%)	69,28	69,55	63,87	59,68	40,73	33,57
Insolação (h)	127,20	168,00	190,00	216,60	264,10	292,50
Velocidade do Vento (km/h)	1,20	1,30	0,90	1,20	1,30	1,30

MAPA – INMET - 10.º Distrito de Meteorologia de Goiânia-10.º DISME-GO, 2011

Antes da instalação do experimento, foi coletada amostra composta de oito sub-amostras de terra, na camada de 0 - 20 cm, para a determinação das características químicas do solo, realizadas de acordo com Margeson e Schinner (2005), cujos resultados foram: matéria orgânica, 26,0 g.dm⁻³; pH (CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹) 4,4; P (resina) 14,90 mg.dm⁻³; K, Ca e Mg, 1,6 41,3 e 20,6 mmolc.dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases, 68 %.

O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados, sendo vinte e cinco tratamentos (cultivares) e três repetições (bloco), perfazendo setenta e cinco parcelas. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,70 m entre elas.

A área útil da parcela correspondeu às duas linhas centrais subtraídas 0,5 m de cada extremidade. A população utilizada foi de dez a doze plantas por metro linear e adubação de 350 kg ha⁻¹ do formulado 05-25-15 mais ureia na proporção de 100 kg ha⁻¹ aplicada a lanço aos vinte e cinco dias após semeadura.

As avaliações foram realizadas com plantas da área útil de cada parcela avaliando-se as características:

- Altura de planta: efetuadas em cinco leituras com régua graduada, medida da superfície do solo ao ápice da panícula;
- Florescimento: determinado com a contagem do número de dias decorridos após a semeadura até as plantas de cada parcela atingir 50% de florescimento;
- Massa verde: determinada com o corte das plantas da área útil de cada parcela, sem a panícula e transformado o peso em t ha⁻¹;
- Matéria seca: determinada pela secagem de 500 g de planta inteira, sem panícula, desfiada e seca em estufa de ventilação forçada por 72 h a 60° C e seu peso foi calculado em t ha⁻¹;

- Rendimento de caldo: calculado em L.ha⁻¹ através da extração do caldo em moenda de um terno em oito plantas colhidas aleatoriamente na área útil da parcela;
- Concentração do caldo na planta: foi determinada através do rendimento do caldo extraído em função do peso das plantas e transformado em porcentagem;
- Sólidos solúveis totais (°brix): determinados em caldo filtrado com papel filtro qualitativo, a partir da sexta gota, em refratômetro de acordo com método proposto pela AOAC (1990) e o Potencial Hidrogeniônico (pH): aferido através do equipamento pH 21 – pH/MV Meter HANNA.

No experimento realizou-se também o corte de plantas das vinte e cinco cultivares em diferentes datas: doze, dezenove, vinte e seis, trinta e quatro, quarenta, quarenta e sete, cinquenta e quatro e sessenta e um dias após o florescimento (DAF), obtendo-se a média das vinte e cinco cultivares em cada data de corte e a soma da média das cultivares resultou a média de concentrações de caldo e °Brix.

Para a elaboração das análises estatísticas foi usado o programa ASSISTAT versão 7.6 beta. Aplicou-se o teste SKOT-KNOW a 5% de probabilidade em cada característica avaliada comparando-se todas as cultivares.

3 | Resultados e discussão

Os resultados da avaliação da altura de plantas, dias após a semeadura para o início do florescimento, produção de massa verde e matéria seca em t ha⁻¹ no Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino conduzido na Região Central do Tocantins para a produção de etanol encontram-se na Tabela 2. Verificam-se diferenças significativas em (p<0,05) entre as cultivares, mostrando que há variabilidade genética entre elas.

Tabela 2: Resultados obtidos na avaliação de vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Guaraí – TO na safra agrícola de 2011

Cultivares	Altura (m)	Florescimento (dias)	Massa Verde (t ha ⁻¹)	Matéria Seca (t ha ⁻¹)
CMSXS 629	3,08 a1a2	59,00 a2a6a7a8	59,99 a1a2	11,42a1a2a3a4
CMSXS 630	3,30 a1a3	63,66 a9a10	77,14 a2	16,43 a2
CMSXS 631	3,10 a1a2	63,00 a8a9a10	63,81a1a2	12,90 a1a2a3a4
CMSXS 632	3,03 a1a2a5	56,00 a3a4a5	43,80 a1	7,69 a3a4
CMSXS 633	2,97 a1a2a4a5	57,66 a1a2a3a4	59,52 a1a2	10,50 a1a2a3a4
CMSXS 634	3,07a1a2	60,33 a6a7a8	62,38 a1a2	11,66 a1a2a3a4
CMSXS 635	3,15 a1a2a3	55,00 a1a5	67,14 a1a2	14,35 a1a2a3a4
CMSXS 636	3,07a1a2	55,33 a1a5	49,52 a1	10,54 a1a3a4
CMSXS 637	2,97 a1a2a4a5	58,66 a2a4a6	64,76 a1a2	11,26 a1a2
CMSXS 638	3,10 a1a2	55,66 a1a5	47,14 a1	6,01 a1a3a4
CMSXS 639	3,20 a1a2a3	57,00 a1a2a3a4a5	56,66 a1a2	9,90 a1a2a3a4
BRS 506	2,93 a1a2a4a5	60,66 a6a7a8	64,29 a1a2	11,39 a1a2a3a4
CMSXS 642	3,10a1a2	61,33 a7a8a9	55,71 a1a2	6,18 a1a2a3a4
CMSXS 643	3,20a1a2a3	64,00 a10	66,19 a1a2	13,39 a1a2
CMSXS 644	3,51 a3	59,33 a1a2a3a4a5	67,61 a1a2	13,39 a1a2 a3a4
BR 507	3,13 a1a2a3	63,33 a9a10	61,42 a1a2	11,87 a1a2a3a4
CMSXS 646	3,23 a1a3	59,00 a2a6a7a8	64,28a1a2	14,08 a1a2a3a4
CMSXS 647	3,00 a1a2a4a5	58,33 a2a3a4a6	75,28 a2	17,02 a1a2
CMSXS 648	3,17 a1a2a3	62,00 a8a9a10	68,09 a1a2	15,86 a1a2a3a4
BR 500	3,33 a1a3	57,00 a1a2a3a4a5	61,42 a1a2	9,80 a1a2a3a4
BR 501	2,67 a4	59,00 a2a6a7a8	65,23 a1a2	9,91 a1a2a3a4
BR 503	2,83 a2a4a5	54,00 a1a5	44,76 a1	7,43 a3
BR 505	3,07 a1a2	58,33 a2a3a4a6	63,80 a1a2	14,57 a1a2a3a4
BR 504	3,12 a1a2	55,00 a1a5	62,38 a1a2	8,92 a1a2a3a4
BR 601	2,70 a4a5	56,00 a1a3a4a5	55,71 a1a2	8,17 a1a2a3a4
DMS	0,51	5,00	25,68	10,21
CV(%)	5,29	2,69	13,26	15,59
MÉDIA	3,08	58,74	61,13	10,85

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à avaliação da altura de plantas foi identificado que a cultivar CMSXS 644 apresentou a maior média 3,51 m e a cultivar BR 601 a menor com 2,70 m perfazendo média geral de 3,08 m. Segundo Leite (2007), a altura de plantas na cultura do sorgo é uma variável de crescimento importante por se correlacionar positivamente com as características de produção de matéria seca. Parrella et al. (2010), em avaliação de vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino, conduzido em varias regiões, apresentaram as seguintes médias de altura de plantas:

- a) Sete Lagoas – MG: 3,23 m;
- b) Nova Porteirinha – MG: 2,76 m;
- c) Mocambinho – MG: 2,67 m;
- d) Goiânia – GO: 2,53 m;
- e) Sinop – MT: 2,74 m.

A cultivar BR 503 com florescimento aos cinquenta e quatro dias após a semeadura foi a mais precoce e a mais tardia a cultivar CMSXS 643 com sessenta e quatro dias, apresentando média geral de 58,74 dias para o florescimento entre as vinte e cinco cultivares. Souza et al. (2011) em experimento conduzido no outono, avaliando vinte e cinco cultivares de sorgo sa-

carino, material genético da Embrapa, apresentam média geral de sessenta e oito dias após semeadura.

A precocidade do sorgo sacarino é uma característica determinante em cultivo de safriinha para produção de massa verde na produção de bioenergia, forragem para alimentação animal e produção de grãos. Seu ciclo curto e tolerância ao stress hídrico amenizam significativos índices de perdas em produtividade normalmente encontrados em outras culturas.

A produção de massa verde apresentou média geral das vinte e cinco cultivares em torno de 61,00 t ha⁻¹ e 10,85 t ha⁻¹ de matéria seca. Parrella et al. (2010), em avaliação de vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino conduzidos no verão em diferentes regiões, apresentam as seguintes médias de massa verde:

- a) Sete Lagoas – MG: 50,97 t ha⁻¹;
- b) Nova Porteirinha – MG: 49,80 t ha⁻¹;
- c) Mocambinho – MG: 39,86 t ha⁻¹;
- d) Goiânia – GO: 54,73 t ha⁻¹;
- e) Sinop – MT: 36,45 t ha⁻¹.

Em média as cultivares forrageiras e graníferas de sorgo, comumente utilizadas na confecção

de silagem para alimentação de ruminantes apresentam rendimentos de 60 t ha⁻¹ a 80 t ha⁻¹. Pode-se considerar que as cultivares de sorgo sacarino avaliadas neste ensaio, tem desempenho satisfatório na produção de massa verde, vindo a ser uma ótima opção para a sustentabilidade agrícola, pois permite a exploração tanto de produção de energia limpa quanto seu uso na alimentação animal.

A relação de produção de massa verde e seca pode ser influenciada pelo consumo de energia gasto no processo de respiração da planta, visto que o município de Guaraí - TO, encontra-se a uma altitude de 290 m acima do nível do mar, com registro de baixa oscilação de temperaturas entre o período diurno e noturno. Segundo Guimarães e Sans (2006) o aumento de 5 °C na temperatura ótima noturna pode reduzir a produtividade em até 33% devido ao aumento da taxa de respiração noturna.

Os resultados obtidos na avaliação do rendimento de caldo (L ha⁻¹), concentração de caldo (%), °Brix (%) e pH do caldo, apresentados na Tabela 3, mostram diferenças significativas a (p<0,05), exceto na avaliação de concentração de caldo.

Tabela 3. Resultados obtidos na avaliação de vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino no município de Guaraí – TO, na safra agrícola de 2011

Cultivares	Rendimento de Caldo (l/há x 1000)	Concentração de Caldo(%)	Brix (%)	pH do Caldo
CMSXS 629	11,40 a1a2a3a4	20,33 a1a2	21,66 a1a3	4,92 a1a2
CMSXS 630	16,43 a1a2	22,73 a1a2	22,66 a1	4,82 a1a2
CMSXS 631	12,90 a1a2a3a4	21,01 a1a2	23,16 a1	4,99 a1a2
CMSXS 632	7,69 a2a3a4	20,46 a1a2	18,00a2a4	4,94 a1a2
CMSXS 633	10,50 a1a2a3a4	18,83 a1a2	22,83 a1	4,94 a1a2
CMSXS 634	11,65 a1a2a3a4	19,74 a1a2	21,83 a1	4,81 a1a2
CMSXS 635	14,34 a1a2a3a4	22,60 a1a2	18,33 a2a3a4	5,01 a1a2
CMSXS 636	10,54 a1a2a3a4	22,85 a1a2	22,33 a1	4,90 a1a2
CMSXS 637	11,25 a1a2a3a4	18,48 a1a2	23,66 a1	4,83 a1a2
CMSXS 638	6,01	14,10 a1a2	20,33 a1a2a3	4,84 a1a2
CMSXS 639	9,90 a1a2a3a4	18,55 a1a2	20,00 a1a2a3	4,93 a1a2
BRS 506	11,39 a1a2a3a4	18,82 a1a2	23,33 a1	4,87 a1a2
CMSXS 642	6,82 a4	11,76 a1	23,33 a1	4,67 a1a2
CMSXS 643	13,92 a1a2a3a4	21,77 a1a2	22,33 a1	4,83 a1a2
CMSXS 644	12,24 a1a2a3a4	13,42 a1a2	20,66 a1a2a3	4,84 a1a2
BR 507	11,86 a1a2a3a4	19,41 a1a2	23,66 a1	4,95 a1a2
CMSXS 646	14,83 a1a2a3a4	22,64 a1a2	22,16 a1	4,88 a1a2
CMSXS 647	17,19 a1	25,44 a2	22,00 a1	4,86 a1a2

CMSXS 648	15,63 a1a2a3	24,61 a1a2	20,66 a1a3	4,87 a1a2
BR 500	9,99 a1a2a3a4	17,46 a1a2	21,66 a1	4,93 a1a2
BR 501	9,73 a1a2a3a4	15,67 a1a2	16,33 a4	5,05 a1a2
BR 503	7,43 a3a4	17,46 a1a2	21,66 a2a4	4,91 a1a2
BR 505	14,57 a1a2a3a4	23,76 a1a2	22,66 a1	5,13 a2
BR 504	8,92 a1a2a3a4	14,90 a1a2	20,33 a1a2a3	4,89 a1a2
BR 601	8,70 a2a3a4	15,05 a1a2	15,66 a4	4,96 a1a2
DMS	8,82	12,32	4,77	
CV (%)	24,58	20,19	7,14	
MÉDIA	11,33	19,28	21,12	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Figura 1 mostra a avaliação da média de rendimento de caldo e °Brix das vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino conduzidas em paralelo ao Ensaio Nacional de sorgo sacarino na região central do Tocantins, colhidas em diferentes datas de corte após o florescimento das plantas.

A literatura considera como uma boa cultivar, aquela que apresenta 50% ou mais de concentração de caldo. A média geral do rendimento de caldo ficou próxima de 11.000 L ha⁻¹ e 19,28% de concentração de caldo no colmo (Tabela 3), média considerada baixa motivada principalmente pelo atraso da colheita realizada aos cinquenta e sete (DAF), afetando o rendimento das cultivares que apresentaram menor número de dias para o início de florescimento (DIF), constatando-se perdas acima de 30% de caldo se comparado ao corte realizado aos dezenove (DAF) com 53,34% de rendimento de caldo na média das vinte e cinco cultivares (Figura 1).

Kumar et al. (2008), avaliando sorgo sacarino em diferentes adensamentos, obtiveram maiores rendimentos de caldo em espaçamentos menores e nas maiores populações. Justifica-se, no entanto, que o espaçamento adotado no presente trabalho foi direcionado como parâmetro a colheita mecanizada, sistema utilizado para colheita de cana-de-açúcar, porém, vale ressaltar a importância de ajustes de populações para outros sistemas de colheita disponível no mercado.

Considera-se também que houve perdas na extração do caldo pela baixa eficiência da moenda utilizada durante o processo de extração. Souza et al. (2011), no cultivo de vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino, determinaram média de 37,45% de concentração de caldo e Cunha & Filho (2010) em avaliação de cultivares e híbridos de sorgo sacarino apresentam médias de concentração de caldo entre 39,7 a 47,1% e rendimento de caldo entre 21,12 a 30,14 m³.ha⁻¹.

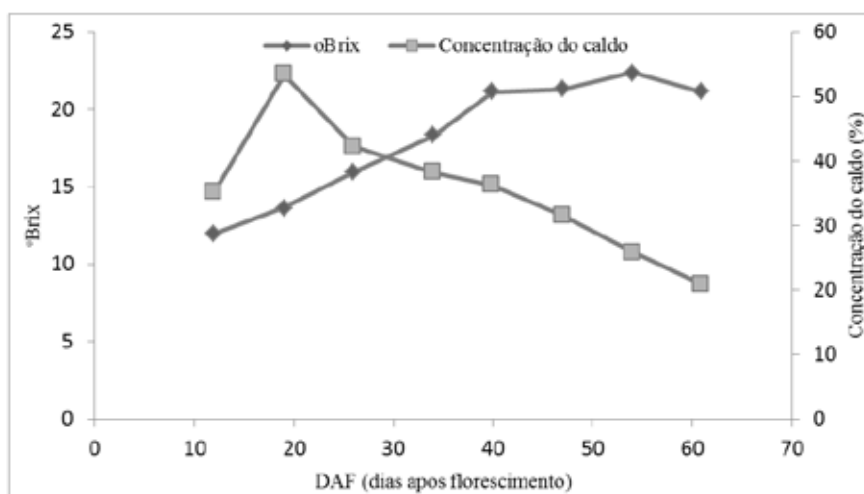


Figura 1. Avaliação de concentração de caldo e °Brix em vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino obtidos em diferentes datas de corte após o florescimento na região central do Tocantins

Os resultados obtidos de °Brix apresentaram média geral das vinte e cinco cultivares com 21,12 °Brix, demonstrando a superioridade das cultivares CMSXS 631, CMSXS 633, CMSXS 634, CMSXS 637, CMSXS 642 e BR 507 (Tabela 3), em relação as obtidas por Parrella et al. (2010) com média geral de 17,55 °Brix para vinte e cinco cultivares avaliadas. Souza et al. (2011) relatam que o período ideal para o corte do sorgo sacarino para maximizar a produção de etanol aos trinta e dois (DAF). Como observado na Figura 1, nesse período a cultura apresenta média de 18 °Brix, com crescente perda de caldo. Tsuchihashi e Goto (2004) justificam a redução do caldo no sorgo sacarino após os trinta e quatro (DAF) pela conversão dos compostos, principalmente açúcares em forma de amido nos grãos e em material fibroso, sob forma de celulose.

As culturas bioenergéticas sacarinas, cultivadas para extração de sacarose, condicionam seu potencial produtivo de açúcares às condições climáticas, principalmente pelo comprimento do dia e radiação global expressando máxima produtividade em condições de temperaturas e umidade para seu pleno desenvolvimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica para reforçar o repouso e enriquecimento em concentrações de açúcares na época de corte. Souza et al. (2011) relatam que no período do outono o menor volume de chuvas causa maior demanda fisiológica pela planta e maior concentração de sólidos solúveis totais no caldo, como também observado nos dados experimentais dessa pesquisa (Figura 1), qualificando a matéria prima a ser destinada ao processamento de etanol. Devido ao atraso da colheita, foram observados baixos índices de caldo e perdas de açúcares no colmo da planta.

Na região do cerrado o clima definido em duas estações, a chuvosa favorece o desenvolvimento vegetativo do sorgo sacarino e no período de estiagem ocorre maior concentração de açúcares, beneficiando também o processo de colheita mecanizada e facilitando o tráfego de máquinas em solo seco, evitando a compactação. O ajuste da semeadura no final de janeiro, com programação de colheita a partir de abril, apresenta-se como estratégia econômica para seu cultivo no Estado do Tocantins, visto que nesse período o sorgo sacarino será cultivado em sucessão a cultura da soja, maxi-

mizando o nitrogênio disponibilizado por essa mesma cultura, tornando-se alternativa de cultivo em safrinha.

Os valores de pH obtidos no caldo extraído das cultivares se situaram entre 4,67 (CMSXS 642) e 5,13 na cultivar BR 505. O pH manteve-se dentro dos padrões recomendados para o processo fermentativo na produção de etanol. Segundo Rohowsky et al. (2012), a fermentação do caldo de sorgo sacarino para a produção de etanol é favorecido em condições de pH em torno de 5. Kundiyana et al. (2010) trabalharam com a fermentação do caldo do sorgo em dois valores de pH (4,3 e 5,4) e observaram que a produção de álcool não foi afetada pela mudança da acidez do caldo.

4 | Conclusões

Entre as cultivares de sorgo sacarino avaliadas, destacam-se em precocidade de florescimento a BR 503, BR 504, CMSXS 635, CMSXS 636 e CMSXS 638 para cultivo em safrinha.

Na produção de massa verde e matéria seca, as cultivares CMSXS 630 apresentam-se com rendimentos equiparados aos da cana-de-açúcar, sendo a cultivar CMSXS 647 a de maior produção em volume e concentração de caldo.

As cultivares BRS 507 e CMSXS 637 destacam-se em produção de sólidos solúveis totais (°Brix).

O sorgo sacarino apresenta-se como uma eficiente alternativa de matéria prima para a produção de etanol na região central do Estado do Tocantins com produtividade competitiva.

A semeadura realizada no final do mês de janeiro possibilita o cultivo do sorgo sacarino em sucessão a soja, reduzindo gastos com adubação nitrogenada e com o aproveitamento do clima favorável, representando uma alternativa de safrinha para a região.

Agradecimentos

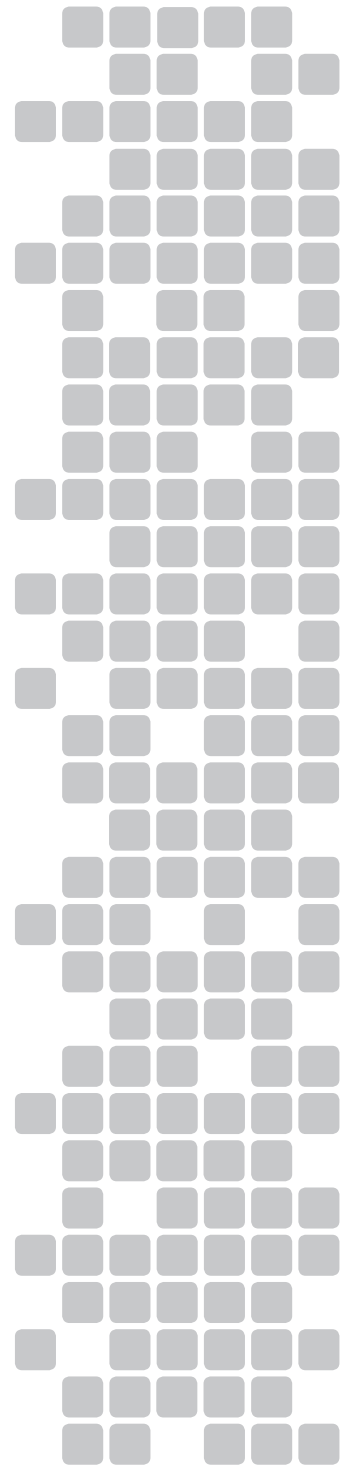
À Fundação Universidade Federal do Tocantins – UFT, à Secretaria de Ciências e Tecnologias do Estado do Tocantins - Programa PAPEG, pela concessão de uma bolsa de mestrado e à EMBRAPA, pela doação da semente do sorgo sacarino.

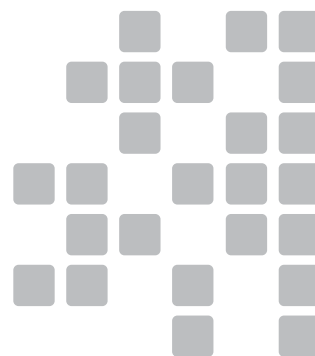
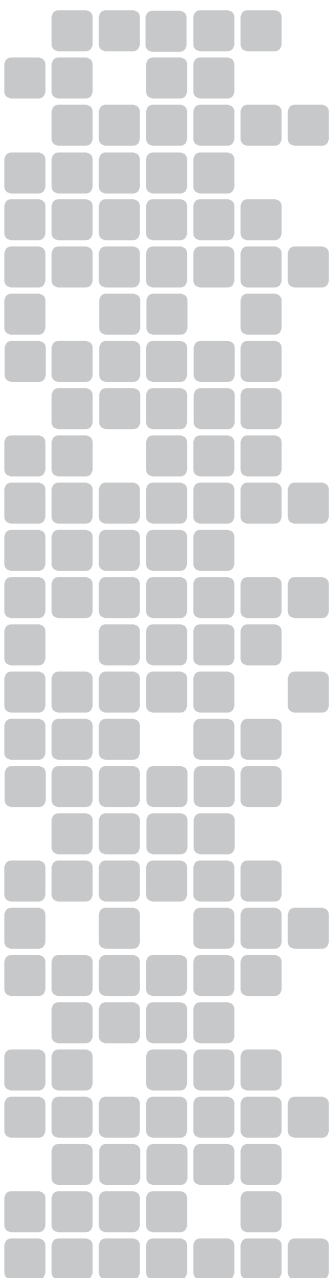
Referências bibliográficas

- ANANDAN, S. et al. Feeding value of sweet sorghum bagasse and leaf residues after juice extraction for bio-ethanol production fed to sheep as complete rations in diverse physical forms. **Animal feed science and technology**, v. 175, p. 131-136, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840112001988>>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the AOAC**. 15. ed. Washington, Assoc. OFF. Agric. Chem., 1990, p. 1105-1106.
- AZEVEDO, J. A. G. et al.. Composição químico-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**, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982003000600019>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- CUNHA, S. P.; SEVERO FILHO, W. A. S. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor L.*) Moench). **Revista Tecno-Logica**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, jul-dez. 2010.
- KUMAR, S. R.; SHROTRIA, P. K.; DESHMUKH, J. P. Characterizing nutrient management effect on yield of sweet sorghum genotypes. **World journal of agricultural sciences**, v. 4, n. 6, p. 787-789. 2008. Disponível em: <<http://www.idosi.org/wjas/wjas4%286%29/19.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.
- KUNDIYANA, D. K. et al. Influence of temperature, pH and yeast on in-field production of ethanol from unsterilized sweet sorghum juice. **Biomass and bioenergy**, 34, p. 1481-1486, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410001492>>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- LAOPAIBOON, L.; LAOPAIBOON, P. Ethanol production from sweet sorghum juice in repeated-batch fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* immobilized corncob. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 559-566, 2012. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/f7050m7g2461kou6/>>. Acesso em: 12 jul. 2012.
- LEITE, A. R. P. **Atributos agronômicos do sorgo forrageiro em latossolo da Amazônia em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007. 69f.
- MARGESIN, R.; SCHINNER, F. **Manual for soil analysis**. Ed. Springer, Berlin, 2005. 366p.
- OLIVEIRA, A. J.; RAMALHO, J. **Plano Nacional de Agroenergia: 2006 – 2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 110p., 2006.
- PARRELLA, R. A. C. et al. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando à produção de etanol. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28, 2010, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.
- ROHOWSKY, B. et al. Feasibility of simultaneous saccharification and juice co-fermentation on hydrothermal pretreated sweet sorghum bagasse for ethanol production. **Applied Energy**, v. 2, p. 1-9, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912002437>>. Acesso em: 21 jul. 2012.
- SANS, L. M. A. e GUIMARÃES, D. P. **Zoneamento agrícola de risco climático para a cultura do milho**. Circular técnica n. 82. Embrapa milho e sorgo, 2006.
- SOUZA, V. F. de. et al. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em duas épocas de plantio no norte de Minas Gerais visando à produção de etanol. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6, 2011, Búzios: **Anais**. Búzios: SBMP, 2011. 1 CD-ROM.

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 Indonésia. **Planct production science**, v.7, p. 442-448, 2004. Disponível em:<https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/7/4/7_4_442/_pdf>. Acesso em: 22 set. 2011.

WHITFIELD, M. B; CHINN, M. S; VEAL, M. W. Processing of materials derived from sweet sorghum from biobased products. **Industrial crops and products**, v. 37, p. 362-375, 2012 Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011004742>>. Acesso em: 10 jan. 2012.





-
- 1 Universidade Federal do Tocantins (UFT), professor pesquisador. Guaraí, Tocantins, Brasil. E-mail: ivanormini@ibest.com.br - Fone (63) 3464-1289. Rua Tiradentes, 2851 – Centro, Guaraí (TO), CEP 77700-000.
 - 2 Universidade Federal do Tocantins (UFT), professora pesquisadora. Palmas, Tocantins, Brasil. flaviatonani@mail.uft.edu.br - Fone (63) 3232- 8020. Av. NS 15 ALC 14 – Centro, Palmas (TO), CEP 77000-000.
 - 3 Instituto Federal do Tocantins (IFTO), professor pesquisador. Palmas, Tocantins, Brasil. mendes@ifto.edu.br - Fone (63) 3236-4063. Quadra 105 N, Alameda das Mangueiras, QI 2, Lote 16, Casa 07, Palmas (TO), CEP 77000-000.
 - 4 Universidade Federal do Tocantins (UFT), professora pesquisadora. Palmas, Tocantins, Brasil. sqsmello@uft.edu.br - Fone (63) 63-21122129. BR-153, Km 112, s/n, Caixa Postal 132, Centro de Ciência Animal (EMVZ), Araguaína (TO), CEP: 77-804-970.
 - 5 Faculdade Guaraí (FAG), professor pesquisador. Guaraí, Tocantins, Brasil. fernando1981@hotmail.com - Fone/Fax: (063) 3464-1289. Av. JK, 2541 - Setor Universitário – Guaraí -TO - CEP 77.700-000.
 - 6 Faculdade Guaraí (FAG), acadêmica de Agronomia. Guaraí, Tocantins, Brasil. luzinhasalla@hotmail.com – Fone (63) 3464-1289 Rua Tiradentes, 2851, Guaraí – Tocantins, CEP; 77700-00.