



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
TOCANTINSCAMPUS UNIVERSITÁRIO
DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

**JANERSON CASTRO
COELHO**

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL EM SORGO SACARINO
(Sorghum bicolor (L.) Moench)

PALMAS/TO

2020

JANERSON CASTRO
COELHO

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL EM SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Trabalho de dissertação apresentada a UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universtário Palmas/TO, para obtenção do título de Mestre em Agroenergia, sob orientação da Prof. Dra. Flavia Tonani de Siqueira.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, como requisito parcial á obtenção do grau de Mestre em Agroenergia.

Orientadora: Dra. Flavia Tonani de Siqueira
Coorientador: Dr. Rodrigo Vêras Costa

PALMAS/TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C672p Coelho, Janerson Castro.

Potencial de produção de etanol em sorgo sacarino (*sorghum bicolor* (L.) moench). / Janerson Castro Coelho. – Palmas, TO, 2020.

50 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2020.

Orientadora : Flavia Tonani Siqueira

Coorientador: Rodrigo Vêras Costa

1. Energia Renovável. 2. Genótipos. 3. Sorghum Bicolor (L.) Moench. 4. Biomassa Energética. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JANERSON CASTRO
COELHO

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL EM SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Trabalho de dissertação apresentada a UFT –
Universidade Federal do Tocantins – Campus
Universtário Palmas/TO, Curso de Agroenergia, foi
avaliado para a obtenção do título de Mestre em
Agroenergia, e aprovada em sua forma final pelo
Orientador e pela Banca Examinadora

Data de Aprovação 22/02/2021

Banca examinadora:

Prof. Dra. Flavia Tonani de Siqueira, Orientadora, PPGA-UFT

Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio, Examinador, PPGA-UFT

Prof. Dr. Leonardo Duarte Pimentel, Examinador, UFV

PALMAS/TO

2020

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dra. Flavia Tonani de Siqueira, pela orientação.

Ao Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio, que prestou valiosas informações para a a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que participaram direta e indiretamente na elaboração deste trabalho

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL EM SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

RESUMO: O sorgo sacarino é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade e tolerância a estresses abióticos. A rapidez do ciclo de produção, a elevada produção de biomassa e as facilidades de mecanização da cultura, colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria prima para produção de etanol. Em meio a esse potencial a Embrapa milho e sorgo, vem desenvolvendo parcerias com a Universidade Federal do Tocantins, para avaliar cultivares de sorgo sacarino, de modo a possibilitar melhoramento da cultura e conceitua-la na matriz energética brasileira. O experimento tem o objetivo de avaliar 25 cultivares de sorgo sacarino, para produção de etanol, realizado em Palmas, TO, no ano agrícola de 2019. O experimento foi instalado no dia 19 de fevereiro de 2019 no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas, TO. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC) com 25 tratamentos (25 genótipos de sorgo sacarino) e 3 blocos (repetições). Foram avaliadas as seguintes variáveis: florescimento, altura de planta, rendimento de matéria verde, matéria seca, rendimento de matéria seca, volume de caldo, sólido solúveis totais (°Brix), rendimento de etanol. Os genótipos 201837B011 e 201837B012 são potencialmente promissores para produção de etanol, respectivamente sob condições de clima de cerrado. O sorgo sacarino é uma alternativa promissora visando ampliar e complementar a produção de etanol no estado do Tocantins.

Palavras-chaves: energia renovável, genótipos, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

ETHANOL PRODUCTION POTENTIAL IN SACRINE SORGHUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

ABSTRACT: Sweet sorghum is a rustic crop with an aptitude for cultivation in tropical, subtropical and temperate areas. It has broad adaptability and tolerance to abiotic stresses. The speed of the production cycle, the high biomass production and the mechanization facilities of the crop, place sweet sorghum as an excellent raw material for ethanol production. Amid this potential, Embrapa corn and sorghum has been developing partnerships with the Federal University of Tocantins, to evaluate cultivars of sweet sorghum, in order to enable the improvement of the culture and conceptualize it in the Brazilian energy matrix. The experiment aims to evaluate 25 cultivars of sweet sorghum, for ethanol production, carried out in Palmas, TO, in the agricultural year of 2019. The experiment was installed on February 19, 2019 in the experimental field of the Federal University of Tocantins, municipality of Palmas, TO. The experiment was conducted in a randomized block design (DBC) with 25 treatments (25 genotypes of sweet sorghum) and 3 blocks (repetitions). The following variables were evaluated: flowering, plant height, green matter yield, dry matter, dry matter yield, broth volume, total soluble solids (° Brix), ethanol yield. The genotypes 201837B011 and 201837B012 are potentially promising for ethanol production, respectively under conditions of savanna climate. Sweet sorghum is a promising alternative to expand and complement ethanol production in the state of Tocantins.

Key-words: renewable energy, genotypes, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1- Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas média referentes aos meses de fevereiro a maio de 2019. Palmas, TO	25
Figura 2- Médias de florescimento (dias), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/2019.	29
Figura 3- Média da Altura (m), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/2019.	31
Figura 4- Matéria seca (% MS), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.	32
Figura 5- Rendimento de matéria verde ($t.ha^{-1}$), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.	33
Figura 6- Rendimento de matéria seca ($t.ha^{-1}$), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/1	35
Figura 7- Volume de caldo ($L.ha^{-1}$), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19	36
Figura 8- Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19	37
Figura 9- Rendimento de etanol ($L.ha^{-1}$), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparação entre a composição da planta de sorgo sacarino e cana-de-açúcar	16
Tabela 2- Composição química da planta de sorgo sacarino em relação a cana-de-açúcar	16
Tabela 3- Avaliações de sorgo sacarino	23
Tabela 4- Caracterização do solo por meio de análise físico-química de solo, conforme metodologia tradicional de análise	24
Tabela 5- Resumo da análise de variância, para florescimento (dias), altura de planta (AP) em metro (m), produção de matéria verde (PMV) em tonelada (t.ha ⁻¹), matéria seca (MS) em porcentagem (%), rendimento de matéria seca (REND MS) em tonelada (t.ha ⁻¹).	28
Tabela 6- Resumo da análise de variância, para volume de caldo (L.ha ⁻¹), Sólido Solúveis Totais (°Brix), rendimento de etanol, em litro por hectare (L.ha ⁻¹).	28
Tabela 7- Efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (FLOR, AP, PMV, REND. MS, MS, VC, SST) sobre a variável básica (R. ETANOL) em genótipos de sorgo sacarino. Palmas - Tocantins, 2019.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo	13
3.2 Sorgo sacarino x cana-de-açúcar	15
3.3 Características para implementação do sorgo sacarino na produção de etanol	17
3.4 Utilização do sorgo sacarino na entressafra de culturas	19
3.4.1 Fatores que afetam a produção de etanol de sorgo	20
3.4.2 Viabilidade de produção de sorgo sacarino no estado do Tocantins	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Área experimental.....	24
4.2 Delineamento experimental	25
4.3 Tratos culturais e condução do experimento	25
4.4 Variáveis e análises	26
4.5 Análise estatística.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A energia renovável contribui significativamente para a segurança energética, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis e concomitantemente às emissões de gases de efeito estufa. O bioetanol por ser oriundo de biomassa vegetal, emite menores quantidades de dióxido de carbono e partículas poluentes ao ambiente quando utilizados, pelo fato de estarem inseridos na ciclagem natural do carbono no ecossistema terrestre (MASSON et al., 2015). Em meio a essa temática a demanda mundial por energia, alcança patamares elevadíssimos e de acordo Dupont (2015), é necessário que o crescimento esteja fundamentado em premissas de conservação uma vez que, essa energia será extraída dos recursos naturais. Desse modo é importante que os países assumam o seu papel no incremento de matrizes energéticas sustentáveis, capazes de atender à crescente demanda.

O Brasil se destaca no cenário mundial, como um dos países precursores no desenvolvimento de energias renováveis, por meio da criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), criado pelo decreto nº 79.953, de 14 de novembro de 1975, de acordo com Michellon et al. (2008), esse programa surgiu devido a conflitos entre os maiores produtores de combustível fóssil, ocasionando uma crise de alcance internacional e elevando bastante o preço do petróleo. Ainda ressaltam que o programa tinha o objetivo de produção de álcool anidro, tendo como matéria prima a cana-de-açúcar para ser misturada à gasolina. Entretanto, devido a outro choque do petróleo que ocorreu em 1979, o programa foi ampliado possibilitando nessa etapa à produção de álcool como combustível substituto à gasolina, sendo aqui priorizada a produção de álcool hidratado de cana-de-açúcar.

A produção mundial de etanol está concentrada principalmente no Brasil e EUA, neste cenário diversos fatores determinam e podem impulsionar ainda mais essa ascensão tais como: disponibilidade de matéria-prima nos períodos de safra e entressafra, pesquisas visando o melhoramento de matéria-prima, seja por produção por hectare ou o aperfeiçoamento de novas culturas bioenergéticas, além da melhora da eficiência operacional, como exemplo, a propagação de usinas flex (ANP, 2016).

No entanto, alguns fatores internos e externos, desde os problemas com a falta de matéria prima, proveniente do período da entressafra da cana-de-açúcar, à influência do mercado internacional do açúcar, tem proporcionado ao setor sucroenergético brasileiro graves crises, provocando alterações no preço do etanol (ANP, 2014).

Lourenço et al. (2007) abordam em seu estudo que pode considerar para produção de etanol, as biomassas dos seguintes tipos: amiláceos, açucarados e celulósicos, como exemplo

dos amiláceos, destaca-se o milho e a batata doce além da cevada. Nos Estados Unidos (EUA), o milho é o grande destaque de cultura no que se refere a tal produção, a nível de Europa, a Espanha possui uma grande produção utilizando a cevada. Ainda Lourenço et al. (2007), atesta que as biomassas açucaradas são representadas pelas culturas: cana-de-açúcar, sorgo sacarino e a beterraba açucareira, a primeira cultura é a matéria prima mais utilizada no Brasil, aliado a isso o sorgo sacarino, vem se destacando como cultura com grande potencial.

O sorgo sacarino é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade e tolerância a estresses abióticos. A rapidez do ciclo de produção, a elevada produção de biomassa e as facilidades de mecanização da cultura, colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria prima para produção de etanol (EMYGDIO et al., 2012).

O sorgo sacarino propaga-se via sementes, responde bem à aplicação de fertilizantes, possui ciclo curto, em torno de 120 dias, totalmente mecanizável, e as quantidades de sólidos solúveis totais são semelhantes aos encontrados na cana-de-açúcar, além da alta produtividade de colmos, sendo que nos colmos do sorgo sacarino há acúmulo de açúcares fermentescíveis e portanto, enquadra-se perfeitamente ao sistema de produção sucroalcooleiro (DURÃES, 2011). São elementos primordiais o aperfeiçoamento tecnológico e o melhoramento produtivo dessa cultura para produção de etanol, desse modo Lipinski e Kresovich (1982), concluem que se faz necessário desenvolvimento de novos sistemas de produção e avaliações de cultivares que melhor se adaptam as diversas regiões no Brasil, proporcionando eficiência produtiva.

A Embrapa Milho e Sorgo, desde a implantação do Pró-Álcool na década de 70, vem realizando estudos com avaliações de cultivares. Com esses estudos em 1987 foi possível desenvolver as primeiras variedades brasileiras de sorgo sacarino, o BRS 506, BRS 507, e o híbrido BRS 601; neste período, experimentos foram desenvolvidos em Sete Lagoas-MG, Brasília-DF, Jundiaí-SP e Pelotas-RS, com finalidade de processar sorgo sacarino em microdestilarias para produção de etanol. Mediante a expansão do setor sucroalcooleiro, a Embrapa Milho e Sorgo tendo conhecimento da grande demanda por matéria-prima alternativa, em 2008 reiniciou seu programa de desenvolvimento de genótipos, visando o desenvolvimento de cultivares para a produção de etanol nas grandes destilarias (PARRELA, 2011).

O Estado do Tocantins, está situado no centro geodésico do Brasil, em uma localidade estratégica para o desenvolvimento de indústrias produtoras de biocombustíveis, aliado ao suporte de modais de escoamento da produção, possibilitando competitividade com outras localidades produtoras. Em meio a esse potencial a Embrapa Milho e Sorgo, vem desenvolvendo parcerias com a Universidade Federal do Tocantins, para avaliar cultivares de

sorgo sacarino, de modo a possibilitar melhoramento da cultura e conceitua-la na matriz energética brasileira.

O experimento tem o objetivo de avaliar 25 cultivares de sorgo sacarino, para produção de etanol, realizado na Universidade Federal do Tocantins – *Campus* Palmas, no ano agrícola de 2019.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial produtivo de genótipos de sorgo sacarino, visando à produção de etanol nas condições edafoclimáticas da região central do estado do Tocantins.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar as características agronômicas dos genótipos cultivados nas condições edafoclimáticas do Tocantins;

Avaliar o potencial industrial do sorgo sacarino visando à produção de etanol.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é originário da África e algumas variedades atuais também são oriundas do continente africano. A partir de 1950, entendendo a importância da expansão da produção de etanol, através do conhecimento de novas matérias primas, foi realizada a introdução dessa gramínea no Brasil, por meio de institutos de pesquisa e universidades. Visando o potencial da cultura do sorgo sacarino como matéria-prima para produção de etanol, a Embrapa na década de 1970, deu início a estudos com o intuito de melhoramento (PURCINO, 2011).

Essa cultura é caracterizada como uma espécie do tipo C4 que apresenta uma via fotossintética adaptativa que evoluiu para diminuir os efeitos prejudiciais do declínio gradual de CO₂ atmosférico, como a fotorrespiração. Tal característica é típica de gramíneas tropicais, tais como: cana-de-açúcar, milho e sorgo, além de ocorrer em 16 famílias tanto de monocotiledôneas quanto de dicotiledôneas. Apresenta melhor desenvolvimento sob elevadas temperaturas diurnas e noturnas, além de necessitar de umidade adequada e bem distribuída durante todo o cultivo (BATISTA et al., 2018; MARRENCO e LOPES, 2009).

Grande parcela das variedades genéticas de sorgo, demandam temperaturas superiores a 21 °C, para possibilitar um crescimento satisfatório, possui tolerância significativa ao déficit de água e ao excesso de umidade do solo, além de poder ser cultivada numa variada faixa de categorias de solos. Em comparação a outras culturas agroenergéticas, o seu cultivo em regiões de solo arenoso e clima seco está apresentando resultados mais vantajosos, pelo fato de apresentar melhor rendimento de nutrientes por unidade de área (MAGALHÃES et al., 2003; SCHEURMANN, 1998).

Em relação à eficiência do uso da água em comparação com o milho, que é uma cultura bioenergética da mesma família, o sorgo sacarino se destaca, onde para produzir um quilo de massa seca, o milho necessita de 500 litros de água, enquanto o sorgo precisa de 330 litros para o alcance da mesma produtividade. Essa proeminência é devida principalmente ao sistema radicular, na qual ambas possuem igualdade na quantidade de massa radicular, no entanto as raízes secundárias do sorgo são no mínimo o dobro daqueles presentes no milho, outro fator importante é que o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes (SILVA, 2018; MAGALHÃES et al., 2003).

Ainda Magalhães et al. (2003) considera que o sorgo apresenta três fases no seu ciclo de vida: a primeira fase representada pelo incremento vegetativo, que retrata o período que compreende do plantio até a iniciação da panícula, essa fase requer uma atenção especial, uma vez que é essencial a rápida germinação para não prejudicar eficiência da semente. Nos primeiros dias após a emergência, a planta é pequena e possui crescimento inicial lento, sendo fator primordial para o seu desenvolvimento o controle da presença de plantas daninhas. Portanto, um bom estande, com rápida formação de folhas e sistema radicular consolidado, possibilitará enfrentar possíveis estresses durante o seu ciclo. A segunda fase é estabelecida a partir do surgimento da panícula até o florescimento, alguns processos de desenvolvimento são afetados nessa fase comprometendo o desenvolvimento da área foliar e a acumulação de matéria seca.

A última fase vai da floração à maturação, o sorgo nessa etapa está totalmente designado ao enchimento de grãos. Durante as três fases apresentadas, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados, e a divisão e expansão celular devem estar em harmonia para alcançar um bom rendimento da cultura.

Outro aspecto muito importante na cultura do sorgo sacarino, é a densidade de plantio, neste sentido, Albuquerque et al. (2012), afirmam que a escolha do arranjo de plantas apropriado, possibilita o controle de plantas daninhas, além do maior aproveitamento dos recursos primordiais para a cultura, tais como: luz, água e nutrientes.

Há a recomendação de diversas técnicas de manejo tais como: espaçamento para a semeadura de sorgo sacarino de 0,70 m entrelinhas, podendo influenciar de maneira positiva o cultivo. Nesse sentido, Bandeira et al. (2018), em seu trabalho onde estudam a morfologia foliar de sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura, constatou que tanto o espaçamento de 0,50 m e 0,70 m, obtiveram resultados favoráveis quanto à produção de massa verde, e que ambos os espaçamentos são úteis para análises agronômicas e produtivas, sendo que no espaçamento de 0,50 m ocorre a diminuição da ocorrência de plantas daninhas, já o espaçamento de 0,70 m melhora a execução dos tratamentos culturais.

Uribe e Tacianeli (2013) analisaram não somente a distância entre linhas das parcelas, mas também o espaçamento entre as plantas, utilizando duas medidas (0,1m e 0,2m), chegando à conclusão que quanto mais indivíduos no estande, maior será a acumulação de fotoassimilados, conseqüentemente maiores índices de acúmulo de carboidratos, afetando positivamente os valores de Brix.

É também de grande importância ponderar a ocorrência do acamamento, onde o sorgo sacarino, por sua característica morfológica, tende a ser mais propenso ao acamamento desse

evento. Aliado a essa condição natural estudos apontam que ao elevar a densidade do estande, proporciona-se o aumento da competição entre as plantas, ocasionando a formação de colmos mais finos e maior altura de plantas, conseqüentemente ao aumento da predisposição ao acamamento. Contudo, o manejo adequado da cultura, com a utilização de população de plantas ideais e adubação equilibrada, reduz os problemas desse evento (FILHO et al., 2013; PARRELA, 2011).

3.2 Sorgo sacarino x cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil por Martin Afonso de Souza em 1532 com a finalidade de produção de açúcar para o mercado internacional. Em 1925 experimentos utilizando álcool em automóveis tiveram resultados satisfatórios demonstrando a capacidade desta planta para produção de combustível. Esse experimento subsidiou em 1975 o lançamento do Programa Proalcool como alternativa energética para a crise de abastecimento de petróleo da época, desde então, o país começou a trilhar o caminho da liderança tecnológica no setor de biocombustíveis (MANZATTO, 2011). Essa aptidão agrônômica e industrial com a cultura Cana-de-açúcar, possibilitou a consolidação de todos os seguimentos da cadeia produtiva em questão, onde além dos aspectos apresentados, a cana de açúcar possui características fenotípicas ideais para produção de etanol, portanto deve ser entendida como um parâmetro comparativo para novas culturas bioenergéticas.

É importante o conhecimento é o domínio de novas espécies vegetais, que apresentem elevada eficiência e rendimento energético com capacidade de suprir a demanda do setor, inclusive ampliando o período de processamento industrial, com custos e eficiências compatíveis com o mercado (EMBRAPA, 2012).

Ao lado da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino apresenta-se como uma excelente alternativa do ponto de vista energético, essa gramínea é a espécie mais promissora para elevar a quantidade produzida de etanol anualmente no Brasil, de forma rápida e segura, uma vez que não há necessidade de mudanças estruturais e logísticas do parque industrial e operacional das usinas que o receberão (MAY et al., 2012).

O sorgo sacarino em grande parte do seu cultivo é similar à adotada para a cana-de-açúcar, pelo fato da utilização da mesma estrutura, incluindo as operações de aplicação de herbicidas e inseticidas e todas as atividades de colheita, incluindo carregamento e transporte, na qual podem ser feitos com os mesmos equipamentos utilizados para a cana-de-açúcar, necessitando apenas de pequenas regulagens, no entanto os processos se diferem apenas em

relação ao plantio: o sorgo é plantado com plantadoras de sementes semelhantes às utilizadas para plantios de milho, usando o sistema de plantio convencional ou plantio direto, entretanto com os mesmos espaçamentos adotados para a cultura da cana-de-açúcar (SANTOS, 2011).

A produtividade de etanol das cultivares de sorgo sacarino está associada a suas características agroindustriais como rendimento de colmos por hectares, umidade da biomassa, Brix no caldo, percentagens de extração de caldo, fibra dos colmos, POL do caldo, pureza, açúcares redutores, açúcares redutores totais e açúcares totais recuperáveis, expressos em Kg t⁻¹ de biomassa, as quais irão refletir em litros de etanol por tonelada de colmos (PARRELLA, 2011).

Alguns dos principais parâmetros são apresentados na tabela 1 estabelecendo a similaridade que o sorgo apresenta em comparação a cultura da cana-de-açúcar, para produção de etanol de 1º e 2º geração.

Tabela 1- Composição química da planta de sorgo sacarino em relação a cana-de-açúcar

PARÂMETRO	SORGO SACARINO	CANA-DE AÇÚCAR
Brix caldo	15 – 19	18 – 25
Pureza	60 – 75	80 – 90
Fibra (%)	12 – 20	10 – 15
Sacarose caldo (%)	8 – 13	14 – 22
AR (Açúcares Redutores) caldo (%)	1 – 3	0,5 – 1
Glicose caldo (%)	0,5 – 2	0,2 – 1
Frutose Caldo (%)	0,5 – 1,5	0 – 0,5
ART (Açúcares Redutores Totais Caldo (%))	12 – 17	15 - 24
Amido caldo (%)	0,1 – 0,5	0,001 – 0,05

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo (2012), adaptado por Nobile e Nunes (2014).

Masson et al. (2015), avaliaram a produção de etanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar, onde a cultivar de cana-de-açúcar utilizada foi ‘RB966928’, e o genótipo de sorgo sacarino empregado foi o “CVSW80007”, experimento realizado na área experimental do departamento de produção vegetal da FCAV/UNESP, na safra de 2011/2012, resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 2- Comparação entre a composição da planta de sorgo sacarino e cana-de-açúcar

PARÂMETRO	SORGO SACARINO	CANA-DE AÇÚCAR
Brix (%)	19,23	21,20
pH	4,86	5,20

AR (%)	3,34	0,96
ART (%)	15,20	17,30
Acidez (g L ⁻¹ H ₂ SO ₄)	1,71	1,06

Fonte: Masson et al. (2015)

3.3 Características para implementação do sorgo sacarino na produção de etanol

O Brasil na safra 2013/2014, alcançou uma produção de 27 bilhões de litros de etanol, na qual se almeja um aumento na ordem de 65,3 bilhões de litros na safra 2020/2021, onde representará um aumento de 15% da matriz energética brasileira, fato que corrobora para destaque a nível mundial na produção de etanol (CONAB, 2020).

No cenário mundial presume-se um crescimento 3,8%, atingindo um patamar de 44 bilhões de litros em 2026. Encabeçando este cenário sobressai como líderes mundiais na produção de etanol, Brasil e Estados Unidos, aglomerando um grau de geração na ordem de 85% da produção mundial (EPE, 2017).

Mediante a expansão e crescimento da utilização do etanol em todo o mundo, Batista et al. (2018) em seu estudo atesta que além de outros fatores conhecidos, os altos teores de açúcares redutores presentes no caldo, aliado a alta capacidade de produção de massa verde, qualificam o sorgo sacarino para a produção de etanol. Outro aspecto importante é que pode ser trabalhado em comunhão ao cultivo da cana-de-açúcar e outras culturas nos períodos de entressafra, evitando ociosidade das usinas de produção de etanol que utiliza a cana-de-açúcar exclusivamente como matéria-prima.

Essa cultura em destaque caracteriza-se pela precocidade, ou seja, ciclo curto e capacidade de suportar e desenvolver-se naturalmente em ambientes com baixos índices pluviométricos, fator que proporciona boa relação custo-benefício e melhor adaptabilidade a diversos ambientes, pode ser colhido a partir dos 100 dias após o plantio, possui alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contido no colmo (sacarose, glicose e frutose) com produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de peso de massa verde, sendo facilmente convertidos em etanol, cultura totalmente mecanizável onde o plantio realizado com sementes, além da utilização do bagaço como fonte de energia para a industrialização, para a cogeração de eletricidade ou como forragem para alimentação de animais, contribuindo para um balanço energético favorável (CANAVIALIS, 2013; MAY et al., 2012; KHALIL et al., 2015).

Relativo ao aprimoramento de matérias-primas com capacidade para produção de etanol, a ascensão está restrita em dois grandes desafios técnico-científicos e gerenciais.

Primeiro é o aumento da densidade energética e a utilização de matérias-primas alternativas ou complementares, com domínio tecnológico, como é o caso do sorgo sacarino. Um segundo desafio trata da eficiência das tecnologias de aproveitamento do conteúdo energético. Este segundo cenário é referente ao aumento da eficiência nos processos industriais tais como: pré-tratamento, fermentação, destilação, biodigestão da vinhaça, entre outros; além, do controle de novos processos em rotas tecnológicas de conversão de biomassa em energia (hidrólise ácida e enzimática, termoquímica, gaseificação) (DURÃES, 2011).

Neste sentido, Embrapa Milho e Sorgo, através dos programas de melhoramentos, produz avaliações de genótipos de sorgo sacarino em todo o Brasil, essas avaliações buscam cultivares capazes de se adaptar em diversos ambientes, tendo em vista a identificação de genótipos com comportamento previsível e adaptáveis às variações ambientais. É necessário estabilidade e adaptabilidade mediante as circunstâncias do ambiente para determinar qual genótipo é mais apto para cada região produtora, de modo a expandir o cultivo da cultura e conseqüentemente, alavancar a produção de etanol (SOUSA e PARRELA, 2018).

O incremento produtivo advém dentre outros fatos, do estudo da morfogênese, que é a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço, estando esta dinâmica relacionada às constantes oscilações do ambiente. Bandeira et al. (2018) consideram primordial a utilização das variáveis morfogênicas como critério na seleção de genótipos, pois as respostas de adaptabilidade e estabilidade dos materiais selecionados estão considerando as influências de diversas variáveis ambientais e não apenas a produtividade de uma maneira isolada.

Vários experimentos em diferentes regiões já foram realizados. Santos et al. (2014), em seu estudo realizado em Sete Lagoas-MG, avaliou 16 cultivares de sorgo sacarino, chegando à conclusão de que os cultivares CMSXS629, CMSXS646, BRS508 e BRS511, foram os que obtiveram maiores percentuais no que tange a produção de massa verde e teores de sólidos solúveis totais, apresentando valores de 17,10 a 17,80°Brix, atestando o potencial para produção de etanol.

Ensaio conduzido por Souza et al. (2014), relatam que as cultivares CMSXS643, CMSXS630, BRS 506 e CMSXS647, apresentaram valores 14,4 a 15,6 ° Brix, no teor de sólidos solúveis e 53,5 t ha-1 a 61,4 t ha-1 em produção de massa verde, valores que norteiam o potencial para cultivo. No entanto, foi recomendado novas avaliações em outras épocas de plantio, sendo que outro experimento conduzido na cidade de Pelotas – RS, na Embrapa Clima Temperado, avaliou exatamente a demanda supracitada, com os cultivares comerciais BRS 506 e BRS 511 em três épocas de semeadura, respectivamente em 24/10/2012, 08/11/2012 e

24/11/2013, sendo observado que a época de outubro apresenta maior rendimento para produção de etanol para os cultivares analisados (EMYGDIO et al., 2014).

Uma das possibilidades de agregar valor à cadeia produtiva do etanol de sorgo sacarino é através da produção de etanol lignocelulósico ou de 2ª geração, por meio do aproveitamento do bagaço do sorgo sacarino. O bagaço é uma fonte de celulose (polímero de glicose), hemicelulose (várias unidades ligadas entre si de pentoses e hexoses) e lignina (polímero de fenóis), que quando isoladas podem produzir uma série de compostos de interesse comercial. Além da vantagem com relação a sua composição, o bagaço do sorgo é conceituado como uma matéria de baixo custo, onde o seu aproveitamento aumenta a produtividade por área plantada (RATNAVATHI et al., 2011).

Algumas culturas como as palhas de milho, trigo e arroz; bagaços e palhadas de cana-de-açúcar e sorgo sacarino são destaque quanto ao potencial para produção de etanol de segunda geração, tanto a nível nacional e internacional (MILANEZ et al., 2015). O sorgo sacarino é constituído basicamente do colmo, que representa cerca de 80% de massa verde dessa cultura, além do bagaço que apresenta em média um percentual de celulose igual a 39%, hemicelulose em torno de 22% e lignina 18% (PANAGIOTOPOULOS et al., 2010).

Um dos desafios da produção do etanol de segunda geração é o pré-tratamento, que tem a função de desestruturar a parede celular, deixando os compostos mais acessíveis aos tratamentos seguintes. Considerando a complexidade desse processo, Santos et al. (2015), através da avaliação da utilização de bagaço de sorgo sacarino tratado em reator de abertura de fibra lignocelulósica como substrato para produção de etanol, concluiu que a metodologia de utilização da pressão de 6 kgf/cm² e temperatura de 160 °C por 10 minutos no reator, apresentou melhores resultados de produção de etanol em relação as condições de 4 kgf/cm² e 148 °C e 8 kgf/cm² e 170 °C no mesmo reator, resultando em aproximadamente 15,5 g/L de etanol.

É possível verificar que essa produtividade de etanol de segunda geração, do bagaço de sorgo, obtido pela metodologia de Santos et al. (2015), é semelhante ao resultado encontrado por Silva (2015), que avaliou pré-tratamentos através de diferentes configurações de hidrólise enzimática e fermentação, utilizando o bagaço de cana-de-açúcar, na qual obteve a concentração de 17,1 g/L de etanol.

3.4 Utilização do sorgo sacarino na entressafra de culturas

Geralmente a produção agrícola é praticada do decorrer de todo um ano, contudo nem sempre compreende o calendário normal. Na atividade rural, o ano agrícola pode começar em

qualquer mês, dependendo da cultura e plantio. Na maior parte dos casos o clima é o principal fator que estimula as mudanças do ciclo de uma cultura, neste sentido, é comum que o plantio seja realizado na estação chuvosa para dessa forma usufruir melhor os benefícios da irrigação natural na plantação.

As propriedades rurais necessitam se manter produtiva no maior período possível no ano agrícola, uma das alternativas utilizada é a colheita no período de entressafra, atividade que proporciona maior rentabilidade em todo o período. Ao final do ciclo de uma safra, e posteriormente a sua colheita, o terreno encontra-se livre e apto para manter o solo em atividade, recompondo nutrientes, mantendo a sua cobertura e evitando o surgimento de pragas.

3.4.1 Fatores que afetam a produção de etanol de sorgo

Conforme May et al. (2013) os principais problemas enfrentados pelos grupos produtores de etanol que cultivaram sorgo sacarino em larga escala nas últimas safras têm sido:

- Desconhecimento da cultura do sorgo sacarino;
- Despreparo da equipe operacional e gerencial;
- Dificuldades para planejamento das operações agrícolas, decorrentes da baixa velocidade de ação pertinente às usinas de grande porte;
- Graves problemas no controle de plantas daninhas, devido à falta de produtos registrados para sorgo sacarino e desconhecimento do momento de aplicação ideal;
- PUI muito curto para algumas cultivares (5 a 10 dias);
- Desconhecimento sobre o ponto de colheita das cultivares;
- Acamamento em taxas elevadas, chegando a mais de 50% em alguns casos, dependendo da cultivar utilizada;
- Isoporização em nível elevado, dependendo da cultivar utilizada;
- Baixa densidade de carga na colheita do sorgo sacarino, gerando alto custo de transporte;
- Desconhecimento sobre fertilização da cultura;
- Desconhecimento sobre o arranjo de plantas ideal;
- Graves problemas de manejo de solo, associados a perdas por erosão de mais de 50% das áreas cultivadas em muitos casos (falta de técnicas conservacionistas nos projetos de sorgo sacarino);
- Graves problemas para processamento da massa colhida;

- Falta de cultivares com alto teor de sacarose.

Além dos tópicos apresentados, as doenças e pragas também interferem bastante na produção de sorgo e conseqüentemente no produto final que é o etanol, de acordo com Oliveira et al. (2018) as espécies de sorgo estão sujeitas a diversas pragas e doenças que em grande parte, afetam o rendimento da cultura, ocasionando redução na produção de massa verde, também podem causar o tombamento de plantas, em consequência do enfraquecimento dos colmos atacados, podem provocar podridão, além de favorecerem a entrada de patógenos causadores do acúmulo de microtoxinas produzidas por fungos.

Castrillon et al. (2016), atestaram que, uma das possibilidades de controle é o desenvolvimento de genótipos resistentes capazes de controlar a severidade das principais doenças, onde segundo eles é uma da forma mais eficaz e economicamente viável. É observado um número expressivo de doenças que acomete o sorgo no Brasil, acerca disso Ferreira et al. (2007), informa que desenvolver genótipos resistentes a doenças e pragas é a maneira mais eficiente de controle, tanto por ser mais econômico quanto pela preservação ambiental, uma vez que não deixam resíduos nocivos ao meio ambiente. As principais doenças que afetam o sorgo no Brasil são: antracnose (*Colletotrichum sublineolum*); míldio (*Peronosclerospora sorghi*); helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia purpurea*), doençaaçucarada (*Claviceps africana*), podridão seca (*Macrophomina phaseolina*). mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), e a mancha de ramulispóra (*Ramulispora sorghi*),

Outro agente prejudicial à cultura, são as pragas, fator importante que requer acompanhamento cotidiano desde o plantio até a colheita, para assim poder identificar as espécies que são nocivas à cultura e adotar medidas de controle quando necessário. As pragas podem ser influenciadas por diversos fatores como local, tipo de solo, cobertura vegetal e presença de predadores entre outros. As principais pragas que acometem o sorgo são: lagarta-elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), formigas cortadeiras, cupins subterrâneos, larva-aramé, percevejos (*Dichelops furcatus*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e a broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) (VIANA, 2016; CRUZ, 1999).

3.4.2 Viabilidade de produção de sorgo sacarino no estado do Tocantins

O estado do Tocantins possui uma área com potencial agrícola de 13.825.070 hectares (50,25% do território do Estado) apresentam características de clima tropical semiúmido, com períodos bem definidos de chuva e seca, onde os meses de maio a agosto compreende ao período

seco e setembro a maio o chuvoso, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o mais seco. As precipitações pluviárias crescem do Sul para o Norte variando de 1500 mm a 1750 mm/ano; do Leste para o Oeste de 1300 mm a 2200 mm/ano. Toda sua extensão é percorrida pela maior bacia de água doce inteiramente localizada em território brasileiro, a bacia formada pelos rios Tocantins e Araguaia (além de seus afluentes, todos perenes), o que facilita a irrigação nos períodos de estiagem. Potencial para irrigação de cerca de 4.800.000 hectares segundo o plano estadual de irrigação, 15% do potencial de áreas para irrigação do Brasil, por estes fatores, o Tocantins é um dos cinco estados brasileiros mais ricos em águas (SEAGRO, 2019).

Há a ocorrência de manchas de solo com fertilidade favorável, no entanto a incorporação de novas áreas não apresenta grandes picos, diferentemente da produtividade. Na maioria das áreas a serem incorporadas no cerrado é necessário um alto investimento na correção dos solos de 3 a 4 anos para atingir um nível de alta produtividade e rentabilidade (LIMA, 2014). As terras do Tocantins são bastante atrativas para investimentos na agricultura independente da fertilidade dos solos, principalmente por fatores como a topografia onde 82% do território à predominância de terrenos planos ou suavemente ondulados, a luminosidade cerca de 2.470 horas/ano, as vantagens logísticas além dos preços das terras em comparação aos outros estados do corredor dos cerrados Centro-Norte (OLIVEIRA, 2017; LIMA e NOBREGA, 2017; DE LA CRUZ, 2007).

Em termos de logística o Tocantins possui posição de destaque, principalmente devido sua posição geográfica estratégica, onde se configura como um potencial centro de integração entre as diferentes regiões do País, através da integração de modais tais como rodovia e ferrovia, lhe proporcionando significativa possibilidade de redução de tempo e custo nos transportes, entre os principais eixos de desenvolvimento.

No que tange ao escoamento de commodities produzidas no Tocantins pode-se destacar uma complexa rede intermodal e quatro grandes complexos portuários: Suape (PE), Pecém (CE), Aratu/Ilhéus (BA), Itaqui/Ponta Madeira (MA) e Vila do Conde/Belém (PA). A Estrada de Ferro Carajás e a Ferrovia Norte-Sul centralizam o corredor de escoamento de exportação por diversas rodovias, como a BR-230 e a BR-010, que junto com a TO-040 conectam o Tocantins aos cerrados piauienses e maranhenses e baianos. A rodovia BR-235 corta o centro-norte do estado, sobrepondo-se a TO-336 no entroncamento com a rodovia Belém-Brasília, próximo ao município Pedro Afonso. A Transamazônica, BR-230, corta o Bico do Papagaio, entre os municípios de Araguatins em direção a Aguiarnópolis, onde encontra um pátio da ferrovia Norte-Sul. São corredores que fazem parte dos macrossistemas técnicos de uso predominantemente corporativo, em que a funcionalização do espaço tem um propósito

mercantil, favorecendo as ações das empresas do agronegócio – tradings e agroindústrias (LIMA e NOBREGA, 2017). Portanto essa prerrogativa lhe confere importância como vantagem competitiva mercadológica e crescimento econômico robusto, com redução do custo de produção e com o poder de agregar valor ao que é produzido no estado.

O Estado do Tocantins nos últimos anos tem se destacado pelo crescimento do agronegócio, tendo como destaque a agricultura, cenário este que norteia a expansão bioenergética na região. Tendo em vista o potencial do sorgo sacarino, Giacomini et al. (2013) avaliando cultivares de sorgo sacarino na região central do Tocantins, notam que o sorgo sacarino pode ser cultivado durante todo o ano, pelo fato de que no cerrado, predominam duas estações bem definidas: o período de estiagem entre os meses de maio a setembro, e chuvoso que ocorre entre os meses de novembro a abril. A cultura plantada no período de estiagem promove maior concentração de açúcares, além de proporcionar melhora no processo de colheita mecanizada, facilitando o tráfego de máquinas em solo seco, e no período chuvoso não há impossibilidade de cultivo, pois o desenvolvimento vegetativo do sorgo sacarino é favorecido.

As avaliações realizadas por Giacomini et al. (2013) e Souza (2018), trabalhos esses realizados no estado do Tocantins, apresentaram valores significativos no que tange a produção de massa verde total e sólido solúveis totais, em comparação com os outros trabalhos realizados em outras localidades, conforme observado na tabela 1.

Tabela 3- Avaliações de Sorgo Sacarino

PESQUISADORES	PMV (MÉDIA) (t ha ⁻¹)	SST (MÉDIA) °Brix	PMV DESTAQUE (t ha ⁻¹)	SST DESTAQUE °Brix
Giacomini <i>et al.</i> (2013)	61,13	21,12	77,14	23,66
Souza (2018)	137,46	13,37	166,34	14,73
Emygdio <i>et al.</i> (2015)	85,0	11,0	118,0	15,0
Silva <i>et al.</i> (2016)	61,46	18,13	X	X
Silva (2017)	59,37	11,27	79,7	16,8

Fonte: Elaborado pelo Autor

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi instalado no dia 19 de fevereiro de 2019 no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins – *Campus* Universitário de Palmas, Tocantins, localizando-se nas coordenadas: latitude 10°12'46" sul e longitude 48°21'37" oeste, uma altitude de 260 m.

O clima da região é tropical semiúmido, controlado pelas massas de ar Equatorial Continental e Polar Atlântica. Os meses de outubro a abril são responsáveis por aproximadamente 90,16% de toda precipitação anual do estado.

O solo na área de experimentação é do tipo Latossolo vermelho distrófico típico, segundo a classificação pelo Triângulo Textural simplificado da Embrapa. Apresenta textura média, com 71,9% de areia, 22,2% de argila e 5,9% de silte. A tabela abaixo apresenta os resultados da análise de solo da área.

O solo foi coletado de maneira representativa da área, na profundidade de 0-20 cm, para realização das análises físicas e químicas (Tabela 4).

Tabela 4- Caracterização do solo por meio de análise química de solo, conforme metodologia tradicional de análise.

pH	P	Ca	Mg	Al	H+Al	K	MO
CaCl ₂	mg/dm ³						%
4,67	0,22	0,03	0,01	0,49	3,60	0,04	1,29

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos da estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas - TO. A precipitação acumulada ao longo do experimento foi de 904,2 mm e temperatura média de 26,8°C.

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica, registrados no ano agrícola 2018/2019, sendo obtidos através da coleta diária de dados no local do ensaio (Figura 1).

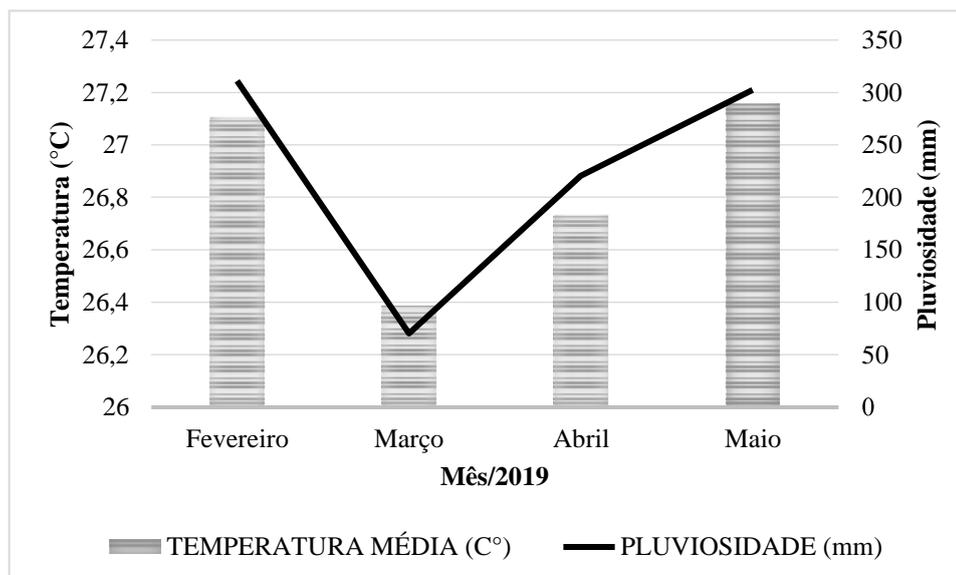


Figura 1- Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas média referentes aos meses de fevereiro a maio de 2019. Palmas, TO.

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com 25 tratamentos (25 genótipos de sorgo sacarino) e 3 blocos (repetições). As parcelas experimentais foram constituídas de duas fileiras de 5m de comprimento com espaçamento de 0,70m entre elas, já entre os blocos foram espaçados uma distância de 1,0m entre eles, para dessa forma favorecer a realização das observações e dos tratos culturais, totalizando uma área total de 595 m² (35 x 17 m). A bordadura foi plantada ao entorno do experimento, de modo a proporcionar proteção e igualdade experimental a todos os tratamentos.

4.3 Tratos culturais e condução do experimento

A fertilidade dos solos, a nutrição e adubação são componentes essenciais para a construção de um sistema de produção eficiente. A disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com o requerimento da cultura, em quantidade, forma e tempo. (COELHO, 2011).

O preparo do solo foi do tipo convencional, com uma aração seguida de duas gradagens e posterior sulcagem mecanizada. Realizou-se a correção, mediante recomendação baseada na análise do solo. Assim, foi utilizado calcário dolomítico na quantidade de 1.7 t ha⁻¹, posteriormente realizado mais uma aração e duas gradagens.

O plantio foi realizado no dia 19 de fevereiro de 2019, em cada linha da parcela foram distribuídas uniformemente as sementes por metro linear a uma profundidade de 3 a 4 cm. Após

a cobertura das sementes, a linha de plantio foi levemente compactada, para obter-se bom contato da semente com o solo.

Para a adubação de plantio foi utilizado as fontes de N, P₂O₅ e K₂O com formulação 5-25-15 na proporção de 350 Kg/ha. A aplicação da adubação de cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência, na proporção de 120 kg/ha de sulfato de amônia utilizada na cobertura do sorgo convencional.

O desbaste das plantas se deu entre 25 e 27 dias após a emergência, deixando-se 10 plantas por metro linear. Após o desbaste foi realizado a capina manual para o controle de ervas daninhas, eliminando-se todas as plantas invasoras.

A colheita foi realizada dia 29/05/19 aos 100 dias após a semeadura, quando o grão apresentava-se no estágio duro/farináceo, através do corte do colmo a 10 cm da superfície do solo de maneira manual.

4.4 Variáveis e análises

Altura de planta: Foi realizado 05 leituras com régua, para se chegar à altura média das plantas da área útil da parcela, medida da superfície do solo ao ápice da panícula.

Dias até o florescimento: A determinação do florescimento de cada cultivar foi realizada com a contagem do número de dias decorridos da semeadura até que 50% das plantas da área útil das parcelas, em fase de florescimento, apresentem flores abertas na metade superior da panícula.

Peso de massa verde total: Cortar as plantas da área útil da parcela, a 10 cm da superfície do solo, pesá-las, planta inteira sem panículas, anotando-se o peso em Kg com duas casas decimais. A determinação do peso de massa verde (PMV) será feita com a pesagem em balança manual, e transformado o peso em t.ha⁻¹, desse material colhido, escolher, ao acaso 05 plantas inteiras, sem panículas, realizar a trituração do material para fazer matéria seca e 06 plantas inteiras para realizar a estimativa do °Brix.

Peso de massa verde total e matéria seca total: Foi determinado pela pesagem das plantas da área útil da parcela experimental, colhida durante a maturação fisiológica. Em seguida foi realizada a pesagem das plantas inteiras sem panícula, por meio de balança digital. Os dados finais foram transformados em Kg MV.ha⁻¹.

A produção de matéria seca foi determinada a partir da seleção de 5 plantas da área útil que foram trituradas, amostradas, pesadas, secas em estufa ventilada a 65°C por 72 horas e pesadas novamente. O teor de matéria seca foi obtido pela fórmula:

$$\% \text{ MS} = (\text{Peso seco da amostra/peso verde da amostra}) * 100$$

O Peso Verde total multiplicado pelo teor de matéria seca resultou no rendimento em matéria seca total (Kg MS.ha⁻¹).

Rendimento de Caldo: Serão selecionadas aleatoriamente seis plantas inteira sem panícula, colhidas na área útil da parcela, duas linhas centrais, limpas das folhas e depois pesadas em balança digital e passada em prensa hidráulica(moenda) por duas vezes para a extração do caldo, será anotado o peso (g) e o volume (ml) de caldo extraído da amostra e em seguida será avaliado o rendimento em L/há.

Sólidos solúveis total (°Brix): O °Brix será determinado em caldo filtrado em papel de filtro qualitativo, a partir da 6 gota do filtrado, em refratômetro digital de leitura automática, com correção automática de temperatura e resolução máxima de 0,1 °Brix, de acordo com método proposto pela AOAC (1990).

Estimativa de produção de etanol: Para a estimativa de produção de etanol foi utilizado a equação abaixo, descrita por Figuerut et al (1985) que, para cada 100 Kg de açúcares totais seriam produzido 46,49 Kg de etanol, 46,49 Kg de CO₂, 3,81 Kg de glicerol, 1,53 Kg de ácidos, 1,49 Kg de leveduras secas e 0,19 Kg de outros produtos.

$$\text{Etanol (L.ha}^{-1}\text{)} = \text{BRIX (\%)} \times \text{VC (L.ha}^{-1}\text{)} \times 0,79043 \times \text{RE (\%)} / \text{D}$$

Em que:

BRIX (%) = Sólido Soluveis Totais

VC (L.ha⁻¹) = Volume de Caldo

0,79043 = Pureza

RE % = Rendimento estequiométrico de etanol

D = Densidade específica do álcool

4.5 Análise estatística

Os resultados obtidos serão submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo a diferença entre médias de tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5 % de probabilidade de erro para os fatores cultivares. Nessa etapa, será utilizado o programa estatístico Sirvar 5.6 (FERREIRA, 2011). Análise de Trilha: Para realização da análise de trilha utilizou o programa Genes (CRUZ, 2007), onde os dados tabulados foram submetidos a análise de variância e em seguida estimados os coeficientes de correlação e análise de trilha dos parâmetros, sendo R. ETANOL a variável básica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com análise de variância (tabela 5), houve diferenças estatísticas significativas ($P \geq 0,05$) entre os cultivares para as características: Florescimento (dias), Altura de Planta (AP), Peso de massa verde (PMV), Rendimento de matéria seca (REND MS). Os valores do coeficiente de variação do experimento (CV%) variaram de 5,2 (AP) a 16,80% (REND MS), indicando uma precisão de boa a média. Segundo classificação proposta por Pimentel-Gomes (2009), o CV é classificado como baixo quando for menor que 10%; médio quando de 10 a 20 %; alto, de 20 a 30%. Não foi identificada diferença estatística ($P \geq 0,05$) entre blocos para as mesmas variáveis.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância, para florescimento (dias), altura de planta (AP) em metro (m), produção de matéria verde (PMV) em tonelada ($t \cdot ha^{-1}$), matéria seca (MS) em porcentagem (%), rendimento de matéria seca (REND MS) em tonelada ($t \cdot ha^{-1}$).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médios				
		FLOR (Dias)	AP (m)	PMV ($t \cdot ha^{-1}$)	MS (%)	REND MS ($t \cdot ha^{-1}$)
Cultivares	24	38,78*	0,042*	97267348,94*	465,01 ^{ns}	10157144,13*
Blocos	2	0,148 ^{ns}	0,094 ^{ns}	15798530,60 ^{ns}	589,29 ^{ns}	54862114,95 ^{ns}
Erro	48		0,024	22701388,76	667,62	4586372,94
Média		0,86	2,99	37045,14	34,56	12749,25
CV (%)		72	5,2	12,8	10,79	16,80

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns Não significativo pelo Scott-Knott.

Foi encontrado efeito significativo para: percentual de colmo; volume de caldo (VC); Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix); rendimento de etanol (tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância, para volume de caldo ($L \cdot ha^{-1}$), Sólido Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix), rendimento de etanol, em litro por hectare ($L \cdot ha^{-1}$).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		VC ($L \cdot ha^{-1}$)	$^{\circ}$ Brix	R. Etanol ($L \cdot ha^{-1}$)
Cultivares	24	99549115,21*	7,41*	645523,83*
Blocos	2	173988722,67 ^{ns}	2,08 ^{ns}	698114,51 ^{ns}
Erro	48	27869942,36	0,64	151676,78

Média	22445,42	15,34	1580,99
C.V (%)	23,52	5,34	24,63

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns Não significativo pelo Scott-Knott.

Em relação ao parâmetro dias até o florescimento, as cultivares testadas variam de 68 a 84 dias após o plantio. A cultivar 201837B013 apresentou maior período tardio para o florescimento, enquanto as cultivares: CMSXS646; 201837B007; 201837B021; 201837B010; 201837B002; 201837B009; 201837B004; 201837B019; 201837B011; 201837B012 apresentaram florescimento antes de 70 dias (figura 2).

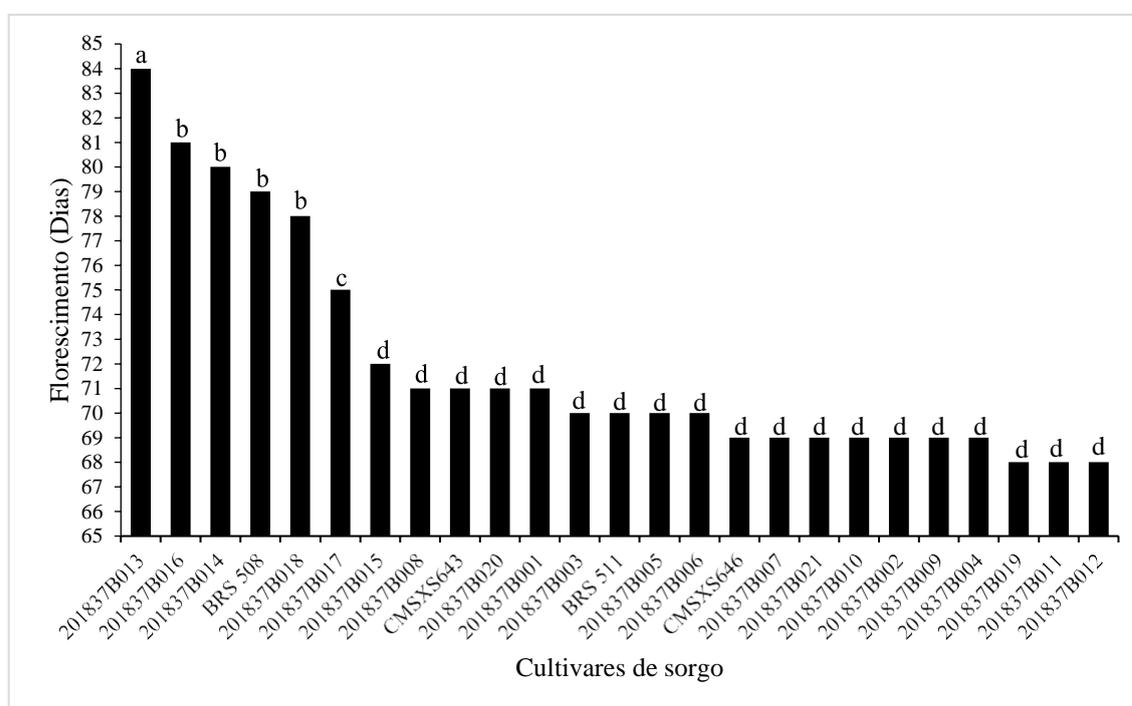


Figura 2 - Médias de florescimento (dias), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/2019.

Quanto ao florescimento, às médias variaram entre 68 e 84 dias e as cultivares foram agrupadas em quatro grupos (Figura 2). As cultivares mais precoces ($P \leq 0,05$) foram 201837B015, 201837B008, CMSXS643, 201837B020, 201837B001, 201837B003, BRS 511, 201837B005, 201837B006, CMSXS646, 201837B007, 201837B021, 201837B010, 201837B002, 201837B009, 201837B004, 201837B019, 201837B011, 201837B012 com 69 dias. A cultivar mais tardia foi a 201837B013, com 84 dias e os genótipos 201837B016 e 201837B014, com 81 dias. Os demais genótipos apresentaram ciclo intermediário. Observou-se no presente trabalho que, em média, o florescimento ocorreu aos 72 DAP.

Ao contrário da cana-de-açúcar, no sorgo sacarino o acúmulo de açúcares ocorre após o florescimento (PARRELLA, 2011) e, desta forma, a maior precocidade das cultivares é desejável para o setor sucroalcooleiro, pois o sorgo sacarino está sendo recomendado para o cultivo em áreas de canaviais na entressafra com semeadura nos meses de novembro e dezembro e colheita nos meses de março e abril.

Assim, com a utilização de cultivares mais precoces disponibiliza-se mais cedo a área para novo plantio de cana. Foi possível observar pouca variação no número de dias para o florescimento entre as cultivares avaliadas, com maior variação significativa no plantio de 68 a 84 DAS. Assim como observado por Martins et al. (2017), que avaliando cultivares de sorgo sacarino, notou diferença no início do florescimento entre as cultivares.

Souza et al. (2011) em experimento conduzido no outono, avaliou 25 cultivares de sorgo sacarino, cujo florescimento médio dos genótipos foi de 68 dias. Giacomini et al. (2013), avaliando vinte e cinco cultivares de sorgo sacarino, no estado do Tocantins, obteve média de florescimento de 58 dias. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2014), em avaliação de sorgo sacarino no estado de Roraima.

Santos et al. (2014) no seu experimento conduzido em Sete Lagoas, MG no mês de novembro, encontrou média de florescimento de 85 dias entre 16 cultivares de sorgo sacarino, acima da média encontrada neste trabalho.

Para Giacomini et al. (2013) a precocidade do sorgo sacarino é uma característica determinante no cultivo em safrinha para produção de massa verde na produção de bioenergia. Seu ciclo curto e tolerância ao stress hídrico amenizam significativos índices de perdas em produtividade normalmente encontrados em outras culturas.

Quanto à altura de plantas (AP), os dados apresentados na Figura 3 demonstram que os maiores valores ($P \leq 0,05$) foi observado na cultivar 201837B014, seguida das cultivares 201837B019, 201837B012, 201837B008, 201837B011, 201837B003, 201837B015, 201837B016, 201837B018, 201837B005, 201837B010, 201837B007, 201837B013, 201837B017, BRS 511, BRS 508, 201837B006, 201837B021, 201837B002, CMSXS646 e 201837B020, que diferiram estatisticamente das demais cultivares. As médias de AP nestas cultivares variaram de 2,92 a 3,15 m. Os menores valores de AP foram observados para os genótipos 201837B009, CMSXS643, 201837B004 e 201837B001, com altura variando de 2,75 a 2,85 m.

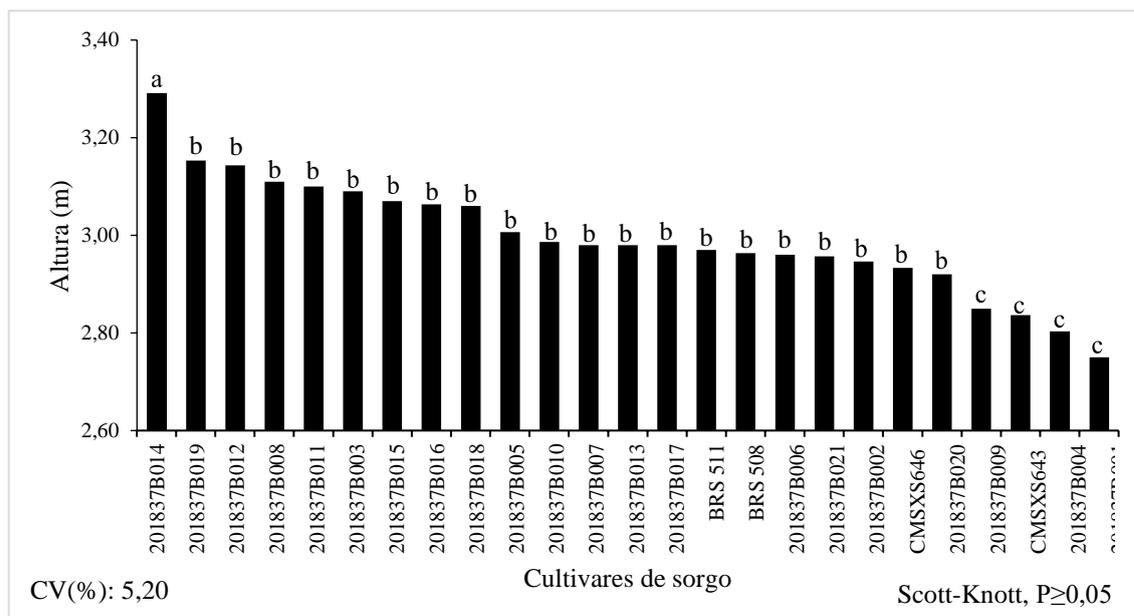


Figura 3 - Média da Altura (m), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/2019.

May et al. (2013), apresentam os resultados obtidos a partir da avaliação de híbridos e variedades de sorgo para altura de plantas (AP), onde a média das cultivares por local variou de 3,41 m em Capivari - SP; 3,52 m em Piracicaba - SP; 3,95 m em Sete Lagoas - MG até 4,82 m em Nova Porteirinha - MG.

Segundo Leite (2007), a altura de plantas de 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 várias regiões, apresentaram as seguintes médias de altura de plantas: Sete Lagoas – MG: 3,23 m; Nova Porteirinha – MG: 2,76 m; Mocambinho – MG: 2,67 m; Goiânia – GO: 2,53 m; Sinop – MT: 2,74 m, valores muito próximos ao observado neste experimento.

Para a variável massa seca não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as cultivares avaliadas neste trabalho pelo teste de média (Figura 4). A matéria seca variou de 30,6% na cultivar 201837B007, a 38,6% na cultivar CMSXS643. A média de matéria seca foi de 34,6%. O teor de matéria seca está associado ao teor de caldo do sorgo sacarino, logo, se no estágio de colheita o material tiver mais caldo, o rendimento poderá ser maior, desde de que o brix seja o mesmo.

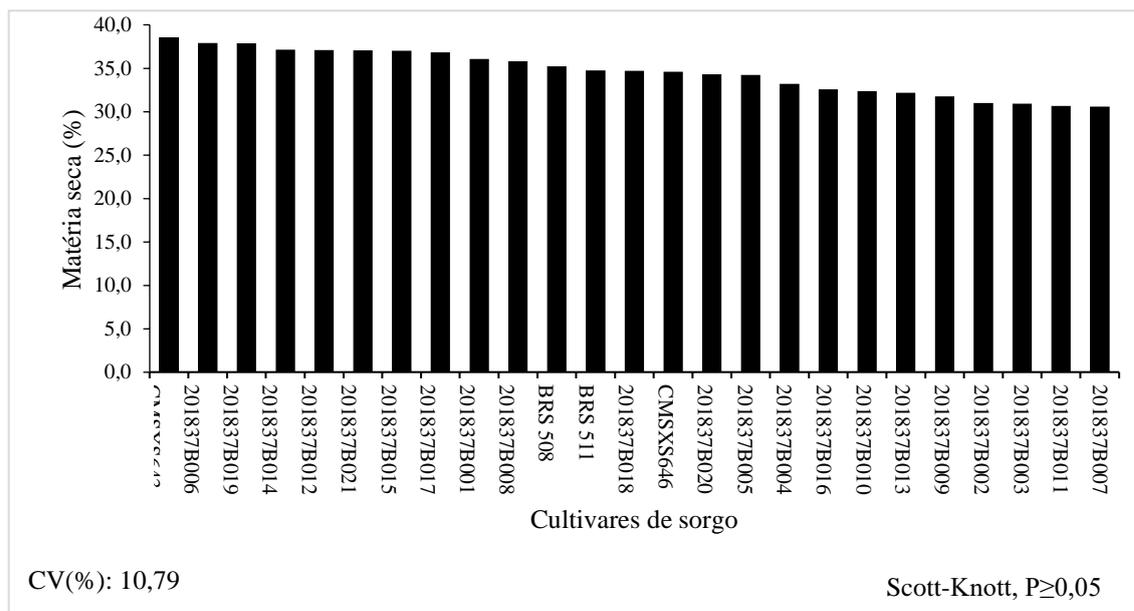


Figura 4 - Matéria seca (% MS), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

Pesce et al. (2000) os genótipos testados têm uma boa porcentagem de matéria seca, uma vez que, a porcentagens de matéria seca em torno de 30%, associado a um teor adequado de carboidratos solúveis são indicados para uma produção de silagem com boa qualidade.

Para May et. al. (2013) a porcentagem de matéria seca (MS) na biomassa de sorgo pode variar de acordo com o genótipo e a época de colheita. Além disso, sua colheita geralmente ocorre em períodos mais secos do ano (abril a junho), onde as porcentagens de matéria seca são mais elevadas, variando de 35 a 55% e o ponto ideal após a maturação fisiológica no estágio de grão farináceo.

Houve diferença ($P \geq 0,05$) quanto ao rendimento de massa verde, e a variação entre a cultivar 201837B011 (47,6 ton kg.ha⁻¹ PMV) e 201837B017 (26,7 ton.ha⁻¹ PMV) foi de 20,8 ton.ha⁻¹ PMV, revelando uma superioridade de 56, 09% do primeiro material para o segundo, respectivamente. A média geral obtida foi de 37 mil ton.ha⁻¹ PMV (Figura 5). Dezesesseis materiais se destacaram em rendimento de PMV (ton.ha⁻¹): 201837B011, 201837B005, 201837B010, 201837B016, 201837B002, BRS 508, 201837B013, CMSXS643, 201837B012, 201837B008, 201837B021, 201837B006, 201837B007, 201837B020, 201837B003 e CMSXS646, os demais apresentaram-se com menor produção e foram semelhantes entre si. A PMV geralmente está relacionada com a altura de planta e diâmetro do colmo (NASCIMENTO et al., 2017)

O PMV é um dos caracteres de maior importância para o sorgo sacarino visando a produção de etanol (MARTINS et al., 2017). Lombardi et al. (2015) verificaram forte associação entre produção de massa verde e a produtividade de etanol por hectare. Vale destacar

que o caldo rico em açúcares fermentescíveis é extraído em sua totalidade desta biomassa, assim, quanto maior o PMV, maior será a produção de etanol.

Souza et al. (2013), avaliando produção de massa verde de 25 cultivares de sorgo sacarino em cinco localidades no Brasil, observaram produtividades variando de 32 a 57 t.ha⁻¹, 28 a 54 t.ha⁻¹ e 25 a 52 t.ha⁻¹, para o BRS 511, BRS 508 e BRS 509, respectivamente. Figueiredo et al. (2015), avaliando produção de massa verde em nove ambientes para as cultivares XBSW80147, BRS 511 e BRS 508, observaram produtividades médias de 39,6 t.ha⁻¹, 42,7 t.ha⁻¹ e 37,8 t.ha⁻¹, respectivamente. A produção média obtida no atual experimento foi de 40,8 t.ha⁻¹ para o grupo com maior produção e 31,3 t.ha⁻¹ para o grupo com produção inferior, podendo ser consideradas boas, principalmente para o primeiro grupo pois o experimento foi implantado em área de cerrado recém aberta, cuja fertilidade tende a melhorar em plantios posteriores.

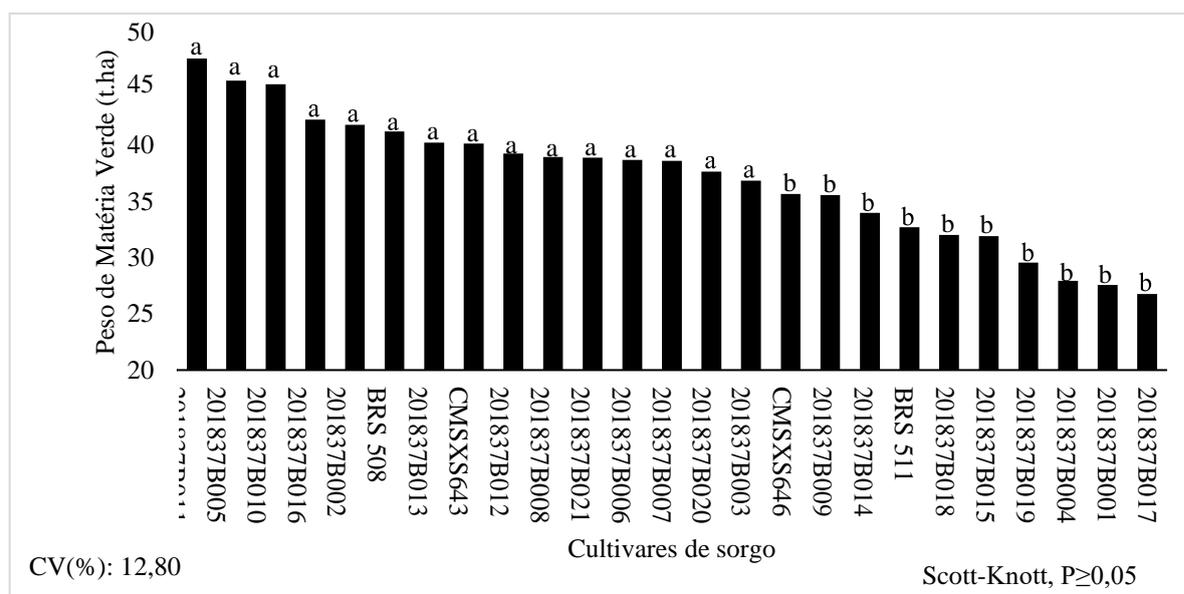


Figura 5 – Rendimento de matéria verde (t.ha⁻¹), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

Souza et al. (2016), avaliando produção de massa verde do híbrido XBSW80147 e das variedades BRS 511 e BRS 508 em ecossistema de cerrado no estado de Roraima, observaram produtividades 75 t.ha⁻¹, 70 t.ha⁻¹ e 60 t.ha⁻¹, respectivamente. Neste ensaio os mesmos cultivares apresentaram PMV média inferiores, podendo ser em parte por limitação de fertilidade da área.

Giacomini et al. (2013) avaliando cultivares de soja na região central do Tocantins, constata que a produção de massa verde apresentou média geral entre as cultivares em torno de 61,00 t.ha⁻¹, e 10,85 t.ha⁻¹ para matéria seca. Para 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: Sete Lagoas – MG: 50,97 t.ha⁻¹; Nova Porteirinha – MG: 49,80 t.ha⁻¹; Mocambinho – MG: 39,86 t.ha⁻¹; Goiânia – GO: 54,73 t.ha⁻¹; Sinop – MT: 36,45 t.ha⁻¹.

Batista (2016), verifica o potencial de produção de matéria fresca total no período de safra, na cultivar de sorgo sacarino BRS 511 obteve uma produtividade de 78 t.ha⁻¹, enquanto que as cultivares BD 7607 e BRS 716 (sorgo biomassa) apresentaram as maiores produções de biomassa, 110 e 108 t.ha⁻¹ respectivamente. Oliveira (2016) avaliou a cultivar de sorgo biomassa BRS716 em Dracena – SP, em área destinada ao plantio de cana durante a reforma do canavial e verificou a produção de massa verde (PMV) ao longo ciclo vegetativo os valores de 74,46 t.ha⁻¹ aos 95 DAS, 89,46 t.ha⁻¹ aos 125 DAS e 99,11 t.ha⁻¹ aos 162 DAS, respectivamente.

Apresenta-se com potencial para complementar a entressafra da cana-de-açúcar, pois tem em suas características o ciclo rápido, sistema de plantio mecanizável (plantio por sementes e colheita mecânica) com produção entre 40 a 60 t.ha⁻¹ (EMBRAPA, 2012), podendo ser processado na mesma planta industrial utilizada para cana-de-açúcar, com pequenas adequações apenas nas moendas e picadores (FREITA, 2013).

As cultivares de sorgo sacarino foram divididos em dois grupos em relação ao rendimento de matéria seca (Figura 6). Os maiores rendimentos de matéria seca foram encontrados nas cultivares 201837B005, CMSXS643, 201837B011, 201837B010, 201837B006, 201837B021, BRS 508, 201837B012, 201837B008, 201837B016, 201837B020, 201837B013 e 201837B002, ocorrendo variação de 12,9 a 15,9 t MS.ha⁻¹.

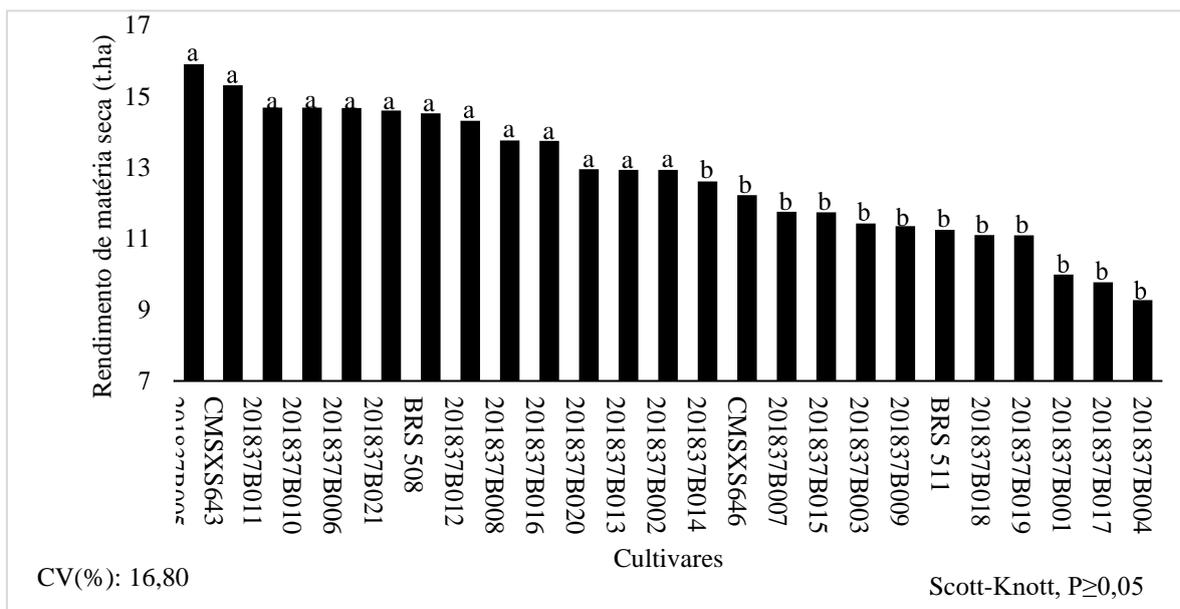


Figura 6 - Rendimento de matéria seca ($t \cdot ha^{-1}$), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

Rendimentos mais baixos foram obtidos pelas cultivares 201837B014, CMSXS646, 201837B007, 201837B015, 201837B003, 201837B009, BRS 511, 201837B018, 201837B019, 201837B001, 201837B017 e 201837B004, variando o rendimento de 9,3 a 12,6 t MS. ha^{-1} .

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 (CAMARA et al., 2018).

Segundo Batista et. al., (2017) em ensaios desenvolvidos com sorgo biomassa considera que os resultados com a produção de massa seca total estão diretamente relacionados aos índices de produção de massa fresca total obtidos no período da safra, em função principalmente da altura da planta e da duração do ciclo das cultivares, sendo 42 $t \cdot ha^{-1}$.

Nos dados médios da produção de caldo ($L \cdot ha^{-1}$) observou-se diferença significativa entre as cultivares avaliadas neste trabalho (Figura 7). Os maiores valores ($P \leq 0,05$) de volume de caldo foram obtidos para as cultivares 201837B011, 201837B008, 201837B012, CMSXS643, 201837B021, 201837B020, 201837B005, CMSXS646, BRS 511, 201837B013, 201837B002, 201837B010, 201837B001, 201837B007 e 201837B009. Apresentando como variação de 33.396 a 22.150 $L \cdot ha^{-1}$. A média de produção de caldo deste trabalho foi de 22.445 $L \cdot ha^{-1}$. A média de produção de caldo do maior grupo foi de 26.279 $L \cdot ha^{-1}$ enquanto o segundo grupo a média foi de 16.694 $L \cdot ha^{-1}$, com variação de 10.200 $L \cdot ha^{-1}$.

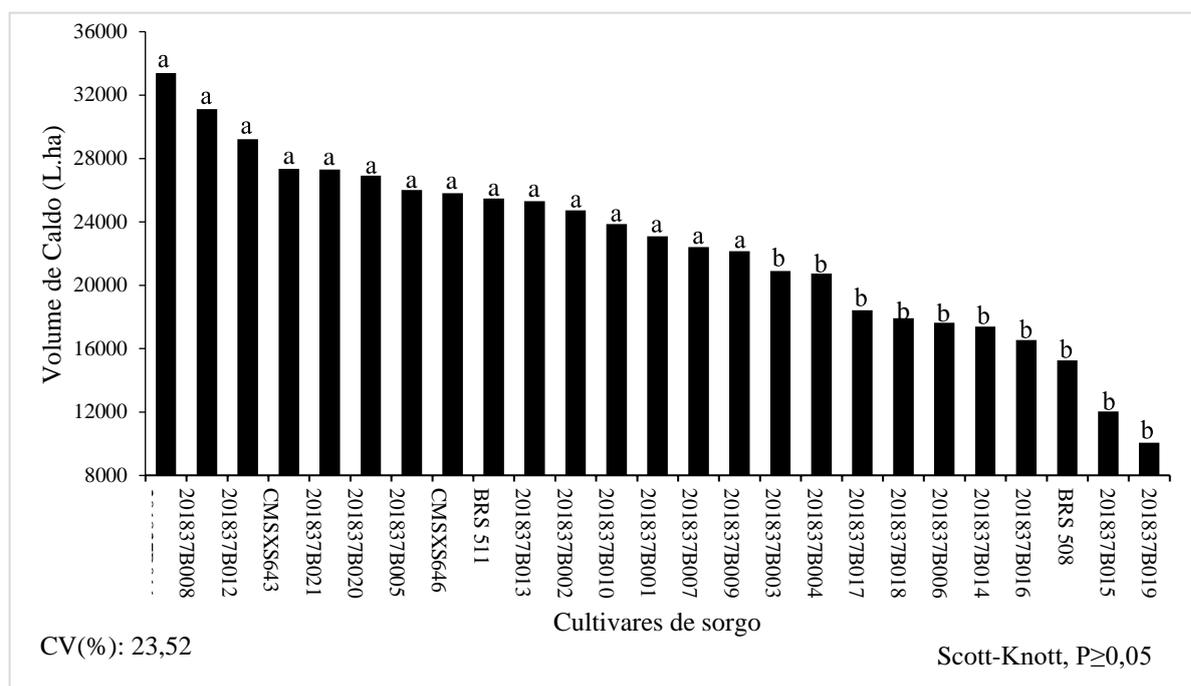


Figura 7 - Volume de caldo (L.ha⁻¹), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

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 (PERRELA et al., 2011).

Os sólidos solúveis totais diferiram estatisticamente entre os materiais avaliados ($P \leq 0,05$) (figura 8), as cultivares BRS 508, CMSXS646, CMSXS643, 201837B012, 201837B015, BRS 511, 201837B020, 201837B021, 201837B013, 201837B017 obtiveram maiores valores, variando o teor de 17,47 a 15,80 °Brix. O menor teor de sólidos solúveis foi encontrado nas cultivares 201837B016, 201837B009, 201837B006, 201837B001, 201837B004, 201837B003 e 201837B005, variaram de 13,83 a 12,27 °Brix. Os demais genótipos apresentaram valores intermediários de sólidos solúveis totais, variando de 14,83 a 13,97 °Brix. A média de sólidos solúveis totais foi de 15,1 °Brix, em valores que variaram de 12,27 a 17,47 °Brix.

Segundo Teixeira (2017), uma planta menos hidratada exibirá maior concentração de açúcares devido à menor quantidade de água, e não ao aumento da quantidade de açúcares.

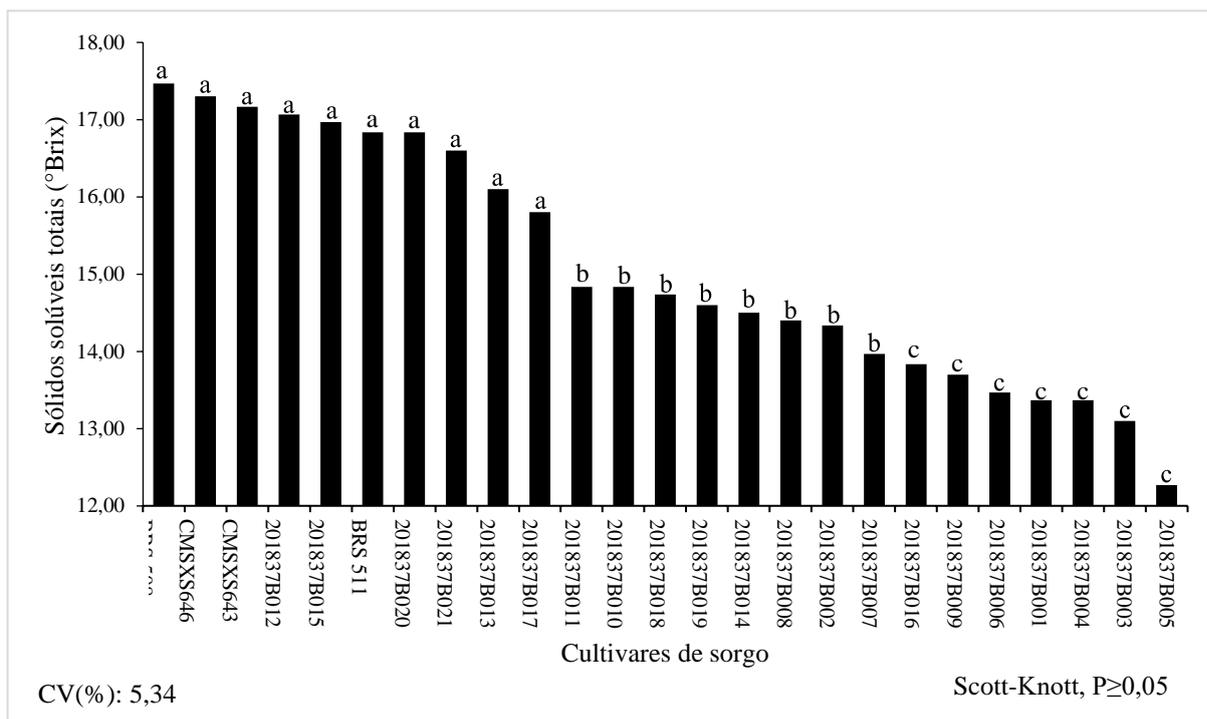


Figura 8 - Sólidos solúveis totais (°Brix), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

Pacheco et al. (2014) obtiveram valores de °Brix de 12,50, 14,20; 15,00; 16,10; 17,1% em cinco variedades de sorgo sacarino estudadas. Pereira Filho et al. (2013) encontraram valores para °Brix para as cultivares BRS501 e BRS505, entre 16,04 e 15,93%, respectivamente. Observando o parâmetro para °Brix na colheita em cultivar de sorgo sacarino da variedade Wray, Tsuchihashi e Goto (2004) obtiveram valor inferior a 15,6 °Brix.

Para Giacomini et al. (2013) avaliando cultivares de sorgo sacarino na região central do Tocantins, obtiveram como média geral de 21,12 °Brix, ressaltando a superioridade das cultivares CMSXS 631, CMSXS 633, CMSXS 634, CMSXS 637, CMSXS 642 e BR 507. Para Parrella et al. (2010), em ensaios conduzidos em diferentes locais (Sete Lagoas, na região Central de Minas, Nova Porteirinha e Mocambinho, na região Norte de Minas, Goiânia e Sinop, na região Norte de Mato Grosso) apresentou como média geral de 17,55 °Brix para vinte e cinco cultivares avaliadas.

Para Souza et. al (2010), os sólidos solúveis totais demonstram a maior média geral na época outono, atribuindo-se à influência das condições climáticas durante o ciclo de vegetativo, sendo, menor volume de chuvas, maior demanda fisiológica por água pela planta e consequente maior concentração de sólidos solúveis no caldo. Durante a fase de maturação fisiológica dos grãos, que é a época que normalmente, ocorre à concentração dos açúcares redutores totais no caldo e aumento percentual de caldo extraível.

Os valores estimados da produção de etanol, pela equação de Figuerut et al. (1985), variaram de 681,2 a 2.291,6 L.ha⁻¹, conforme Figura 9. Os genótipos 201837B012, 201837B011, CMSXS643, 201837B020, 201837B021, CMSXS646, 201837B008, BRS 511, 201837B013 apresentaram maior produção de etanol, diferindo dos demais, variando de 1.920 a 2.314 L.ha⁻¹ devido à alta produção de caldo e teor de Brix° (Figura 9).

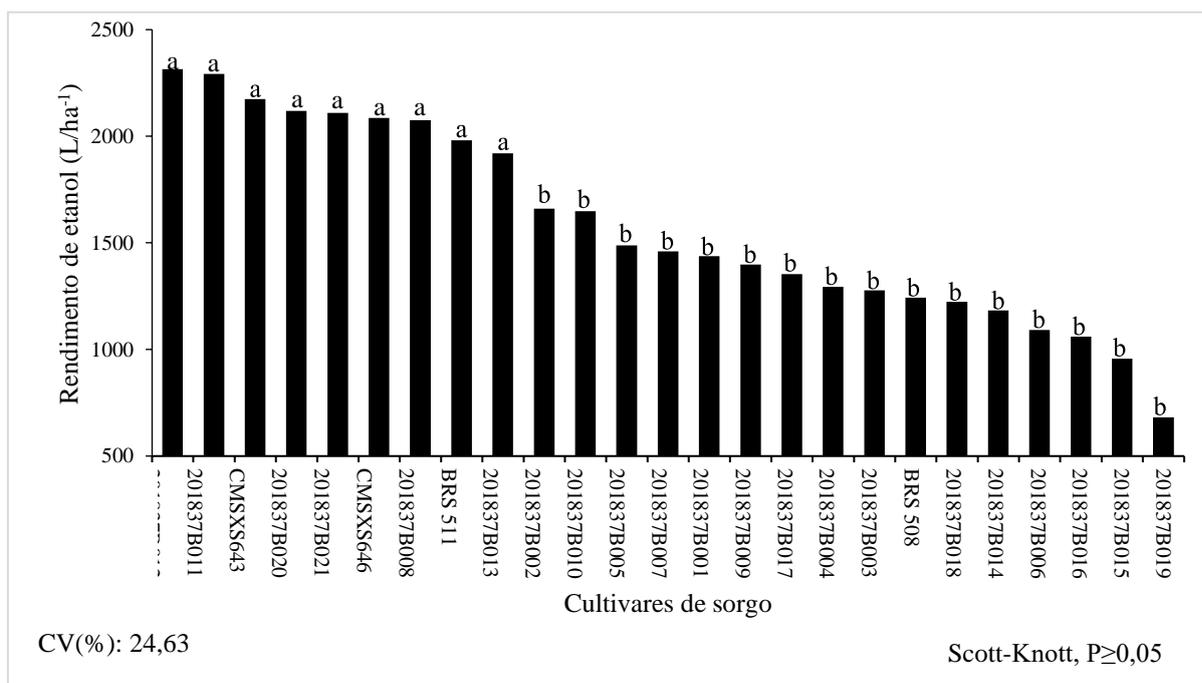


Figura 9 - Rendimento de etanol (L.ha⁻¹), de diferentes cultivares de sorgo sacarino em experimento conduzido no município de Palmas – TO na safra agrícola de 2018/19.

Os demais apresentaram menores resultados variando de 681,2 a 1.660 L.ha⁻¹, onde estão os materiais 201837B002, 201837B010, 201837B005, 201837B007, 201837B001, 201837B009, 201837B017, 201837B004, 201837B003, BRS 508, 201837B018, 201837B014, 201837B006, 201837B016, 201837B015 e 201837B019.

A produtividade de etanol pelo sorgo sacarino está associada à suas características agroindustriais, tais como, rendimento de colmos por hectare, volume de caldo e Brix do caldo, que refletirão em litros de etanol por tonelada de colmos (PARRELLA, 2011).

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).

Os dados produção de etanol obtidos pela Embrapa (2012) trabalhando com variedades de sorgo sacarino BRS511, BRS509, BRS508 e BR506 obteve valores em 4.352, 3.695, 3.506, 2.062 e 2.045 L.ha⁻¹ superiores aquelas encontradas no presente experimento. Há de se considerar que a área utilizada neste experimento era área de cerrado recém aberta quando normalmente a fertilidade ainda está aquém do potencial. No entanto, cabe uma observação que em áreas assim, a produtividade do sorgo sacarino também pode ficar aquém do esperado, havendo, no entanto, a necessidade de se avaliar o desempenho da cana sob as mesmas condições.

Para Parrela et al. (2010) o sorgo sacarino pode ser utilizado para complementar a produção da cana-de-açúcar em grandes destilarias nos períodos de entressafra da cana, quando os preços do etanol são maiores, e com isso reduzir o período de ociosidade das usinas gerando mais renda e emprego. Em micro destilarias, o sorgo sacarino pode ser a principal matéria-prima desde que seja feito um planejamento industrial, principalmente em regiões onde a cana não apresenta boa adaptação devido aos baixos regimes pluviométricos.

Variedades e genótipos de sorgo sacarino diferem muito no potencial de produção de etanol e qualidade do caldo e em sua adaptação a diversas condições de solo e clima. Neste sentido, genótipos com colmos de porte alto e diâmetro grosso, alta percentagem de suco extraído, suco com alto teor de Brix e xarope de alta qualidade são os preferidos para a produção de biocombustível, além alta resistência a acamamento, doenças e seca (RATNAVATHI et al., 2010).

Em um comparativo entre a precocidade, maiores rendimentos de caldo e etanol por hectare as cultivares 201837B011 e 201837B012 destacam-se nas avaliações, podendo ser utilizadas em sucessão a cana-de-açúcar.

Análise de Trilha

O desdobramento da análise de trilha para os genótipos de sorgo sacarino (Tabela 7), parâmetro principal rendimento de etanol (R. ETANOL) apresentou correlação positiva alta com o volume de caldo (VC), matéria seca (MS), rendimento de matéria seca (REND MS) e sólido solúveis totais (SST). Assim, para esses parâmetros apresentaram maiores efeitos indiretos, podendo ser utilizado em conjunto com os mesmos visando aumentar a produção de etanol.

Para França et al. (2014), a variável sólidos solúveis totais apresentou a maior correlação (0,85), assim como no presente trabalho, com efeito positivo sobre o rendimento de etanol

(0,36), mostrando a importância da análise de trilha para os estudos e a escolha dos caracteres a serem mensuradas em um programa de melhoramento genético de plantas, sendo importante identificar dentre os caracteres de alta correlação com a variável básica. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2013), Oliveira et al. (2015) e Oliveira et al. (2017), em que apresentam interação entre o coeficiente de trilha e o de correlação fenotípica, indicando a contribuição dessa variável no incremento do rendimento do etanol.

Tabela 7. Efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias (FLOR, AP, PMV, REND. MS, MS, VC, SST) sobre a variável básica (R. ETANOL) em genótipos de sorgo sacarino. Palmas - Tocantins, 2019.

VARIÁVEIS	FLOR	AP	PMV	REND. MS	MS	VC	SST	R. ETANOL
FLOR		0,1518	0,1394	-0,006	0,0123	-0,2622	0,1065	-0,2091
AP			0,0414	0,1249	-0,1319	0,1511	-0,0236	0,1378
PMV				0,1873	0,133	0,0822	-0,0452	0,0509
REND. MS					0,5009	0,218	0,1295	0,2323*
MS						-0,176	0,1804	0,9441*
VC							0,05	0,9441*
SST								0,3617**
R. ETANOL								

FLOR = florescimento (dias), AP = altura de planta (m), PMV = produção de matéria verde (t.ha⁻¹), REND. MS = rendimento de matéria seca (t.ha⁻¹), MS = matéria seca (%), VC = volume de caldo (L.ha⁻¹), SST = Sólido Solúveis Totais (°Brix), R. ETANOL = rendimento de etanol (L.ha⁻¹). Não significativo (ns), significativo ao nível de 5% (*) e significativo ao nível de 1% (**) pelo teste t.

6 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos pode se concluir que os genótipos 201837B011 e 201837B012 são potencialmente promissores para produção de etanol, respectivamente sob condições de clima de cerrado.

A seleção de materiais genéticos baseados no volume de caldo e sólidos , solúveis totais podem ser bem sucedidas quando se trabalha com melhoramento genético de sorgo sacarino para produção de etanol.

O sorgo sacarino é uma alternativa promissora visando ampliar e complementar a produção de etanol no Tocantins.

REFERÊNCIAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim anual de preços: preços do petróleo, gás natural e combustíveis nos mercados nacional e internacional**. Rio de Janeiro, 2014.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim anual de preços: preços do petróleo, gás natural e combustíveis nos mercados nacional e internacional**. Rio de Janeiro, 2016.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012.

BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; LEAL, L. T. Morfologia Foliar de Sorgo Sacarino Cultivado em Diferentes Espaçamentos Entrelinhas e Épocas de Semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n. 1, p. 63-75, 2018.

BATISTA, V. A. P.; BATISTA, V. Z. P.; PIMENTEL, L. D.; BARROS, A. F.; MOREIRA, T. S.; DIAS, L. A. S.; Produção de Açúcares no Caldo de Sorgo Sacarino Avaliado em Duas Épocas de Corte. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 263-273, 2018.

CANAVIALIS. **Híbridos de sorgo sacarino**. 2013. Disponível em: <<http://www.canavialis.com.br/produtos/sorgo-sacarino/hibridossorgo-sacarino.aspx>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

CASTRILLON, M. A. S.; RIBEIRO, J. L. B.; DUARTE, A. V. M.; CORRÊA, C. L.; BARELLI, M. A. A.; COTA, L. V. **Resistência de Genótipos de Sorgo Sacarino à Mancha de Ramulispora Foliar Causada pelo Fungo *Ramulispora Sorghi* no Estado de Mato Grosso (Cáceres)**, XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves – RS 2016.

COELHO, A. M. Fertilidade do Solo Exigências Nutricionais e Adubação do Sorgo Sacarino, Embrapa Agroenergia, **Agroenergia em Revista**, edição 3, Agosto de 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **2º levantamento cana-de-açúcar safra 2013/2014 – Ago/2013**. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, I. **Manejo de Pragas da Cultura do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 5º Seminário Sobre a Cultura do Milho Safrinha, Sete Lagoas – MG, 1999.

DUPONT, F. H.; ROMITTI, L.; GRASSI, F. Energias renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81, Agosto de 2015.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Agroenergia em Revista**, Brasília, n. 3, p. 14-52, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa mostra potencial do sorgo durante evento sobre bioenergia**. Sete Lagoas-MG. a. 06. ed.34. 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Grãos**. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/grao/26_edicao/grao_em_grao_materia_04.htm>. Acesso em: 13 nov. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Análise de conjuntura dos biocombustíveis: ano 2016**. Brasília, DF, 2017.

EMYGDIO, B. M.; FACCHINELLO, P. H.K; STOHLIRCK, L. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino, para produção e etanol, em diferentes épocas de semeadura, em Pelotas, na Safra 2012/2013**. Simpósio Estadual de Agroenergia 5º Reunião técnica de agroenergia – RS, 2014.

EMYGDIO, B. M.; STOHLIRCK, L.; LAMB, C. R. C. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino, para produção e etanol, no município de Pelotas – Safra 2013/2014**. Simpósio Estadual de Agroenergia 5º Reunião técnica de agroenergia – RS, 2015.

FERREIRA, S. A.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. A. **Manejo de Doenças na Cultura do Sorgo**. Embrapa Circular Técnica 89, Sete Lagoas – MG, 2007.

FIETZ, C. R.; FILHO, O. F. L.; SILVA, C. J.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **Sorgo sacarino**: Época de semeadura, com base no risco climático, na região sul de Mato Grosso do Sul. Embrapa, Circular Técnica 30, Dourados – MS, 2014.

FILHO, I. A. P.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; 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.

GIACOMINI, I.; SIQUEIRA, F. L. T.; PEDROZA, M. M.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B.; SALLA, L. Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 3, p. 73-81, 2013.

KHALIL, S. R. A.; ABDELHAFEZ, A. A.; AMER, E. A. M. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 2, p. 317-324, 2015.

LIPINSKI, E. S.; KRESOVICH, S. Sugar crops as a solar energy converters. **Experientia**, v. 38, p.13-17, 1982.

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, n. 1, p. 103-110, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da Planta de Sorgo**. Embrapa Comunicado Técnico 86, Sete Lagoas – MG, 2003.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3 ed. Editora UFV, Viçosa, MG. 2009. 486 pp.

MASSON, I. S.; COSTA, G. H. G.; ROVIERO, J. P.; FREITA, L. A.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria – RS, 2015.

MAY, A. **Cultivo de Sorgo Sacarino em Áreas de Reforma de Canaviais**. Embrapa Circular Técnica 186, Sete Lagoas – MG, 2013.

MAY, A. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade**. Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.22-31, 2012.

MICHELLON, E.; ARACELLY, A.; SANTOS, L.; RODRIGUES, J. R. A. **Breve Descrição do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Etanol Produzido no Brasil**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia. Administração e Sociologia Rural, Rio Branco – Acre, 2008.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; SOUSA, L. C.; BONOMI, A. M. F. L. J.; JESUS, C. D. F. D.; JUNQUEIRA, T. L. **De promessa à realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.41, 2015.

NÓBILE, F. O.; NUNES, H. D. Avaliação da Produção de Etanol e Cogeração de Energia pela Cultura do Sorgo Sacarino, **Revista Uniara**, v.17, n.1, julho 2014.

OLIVEIRA, I. R.; ALMEIDA, J. P. S.; MENDES, S. M.; PIMENTEL, M. A. G.; CRUZ, I.; PESSOA, S. T. **Associação dos Controles Biológico e Químico para Manejo da Lagarta-do-Cartucho na Cultura do Sorgo Forrageiro**. Embrapa Comunicado Técnico 234, Sete Lagoas – MG, 2018.

PANAGIOTOPOULOS, I.A.; BAKKER, R.R.; VRIJE, T.; KOUKIOS, E.G.;CLAASSEN, P.A.M. Pretreatment of sweet sorghum bagasse for hydrogen production by *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35, p. 7738-7747, 2010.

PARRELA, R. A. C. Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino. Embrapa Agroenergia, **Agroenergia em Revista**, edição 3, Agosto de 2011.

PURCINO, A. A. C. Sorgo Sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**. 3 ed. Embrapa Agroenergia. Brasília, v. 3. 52 p. 2011.

RATNAVATHI, C. V.; CHAKRAVARTHY, S. K.; KOMALA, V. V.; CHAVAN, U. D.; PATIL, J. V. Sweet Sorghum as Feedstock for Biofuel Production. **A Review. Sugar Technology**, v. 13, n. 4, p. 399–407, 2011.

SANTOS, C. V.; PARRELA, R. A. C.; SILVA, M. J.; FRANÇA, A. E. D.; MOURA, M. M.; RABELO, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; SOUZA, R. S. **Desempenho e a Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino em Sete Lagoas – MG**. 9º Congresso Internacional de Bioenergia, São Paulo- SP, 2014.

SANTOS, G. S. Concorrência Ampliada dos Produtos do Sorgo Sacarino na Entresafra da Cana-de-açúcar no Brasil, Embrapa Agroenergia. **Agroenergia em Revista**, edição 3, Agosto de 2011.

SANTOS, R. F.; PLACIDO, H. F.; GARCIA, E. B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; FRIGO, K. D. A. Sorgo Sacarino na Produção de Agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 01- 12, 2015.

SCHEUERMANN, G. N. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte: Instrução Técnica para o Avicultor área de Comunicação Empresarial Embrapa**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1998.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, Estados Unidos, 1975. 1094p.

CAMARA, T. M. M.; PARRELLA, R. D. C.; SILVA, H. D. E. Qualidade industrial e rendimento de etanol de genótipos de sorgo sacarino em planta e rebrota. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.2, p. 216-228, 2018.

DE LA CRUZ, B. C. B. **Contribuição para a análise da competitividade da soja em grãos: uma aplicação do modelo de equilíbrio espacial ao estado de Tocantins**. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 2011.28 p. (Documentos /Embrapa Milho e Sorgo,117).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRS1G – tecnologia**

qualidade Embrapa. 2012. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/938275>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

EMYGDIO, B. M.; PARRELLA, R. A.; OLIVEIRA, A. C. B.; FACCHINELLO, P. H. K.; OLIVEIRA, L. N.; BARROS, L. M. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino no município de Pelotas, RS na safra 2011/2012.** In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA – IV REUNIÃO TÉCNICA DE AGROENERGIA RS, Nov. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

FINGUERUT, J.; LEIMER, K. H.; LUCREDI, H.A.; ROSSELL, C. E. V.; Estequiometria da fermentação alcoólica a partir de caldo de cana. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 33, p. 45-48, 1985.

MARTINS, A. M.; PARRELLA, R. D. C.; LOPES, D. D. C.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, N. N. L. D.; NEVES, W. D. S.; SILVA, A. Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 2, p. 217-231, 2017.

MAY, A.; MENDES, S. M.; SILVA, D. D.; PARRELLA, R. A. C.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F.; PACHECO, T. F.; AQUINO, L. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; 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).

OLIVEIRA, I. C. M.; RIBEIRO, P. C. O.; SILVA, R. A.; VASCONCELOS, G. P.; PARRELLA, R. A. C.; PARRELLA, N. N. L. D. **Análise de Trilha para Componentes da Produção do Etanol em Híbrido de Sorgo Sacarino.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, v. 9, 2017, Foz do Iguaçu. Melhoramento de plantas: projetando o futuro. Foz do Iguaçu: SBMP, 2017. p. 138.

OLIVEIRA, T. C. **Divergência genética e correlação entre caracteres de genótipos de sorgo sacarino na região de Cáceres – MT.** 2015. 90p. Dissertação (Mestrado) –Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UNEMAT. Cáceres/MT. 2015.

OLIVEIRA, T. C., DOS SANTOS, P. R. J., KOLLING, M. D., BARELLI, M. A. A., TARDIN, F. D., NEVIS, L.; DA SILVA, C. R. Análise de trilha no volume de caldo em genótipos de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Anais...** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013., 2013.

PACHECO, T. F. Índices tecnológicos industriais para produção de etanol de sorgo sacarino. In: Seminário temático agroindustrial de produção de sorgo sacarino para bioethanol. **Anais...** Embrapa Agroenergia, 2012.

PARRELLA, R. D. C.; MENEGUCI, J. L.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. R.; PARRELLA, N. L. D.; RODRIGUES, J. D. S.; SCHAFFERT, R. E. **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol.** In Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos... Sete Lagoas: ABMS, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A; MAY, A.; SOUZA, V. F. S.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum Bicolor* L Moench) em diferentes densidades de semeadura visando a característica importates na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

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**, Oxford, v. 34, n. 7, p. 947-952, 2010.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, M. J. V. **Avaliação do potencial de diferentes cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de etanol de 1ª e 2ª geração.** 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

SILVA, P. C. **Características agronômicas e tecnológicas de variedades de sorgo sacarino e propriedades do solo em função de lâminas de irrigação por gotejamento.** Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, Botucatu – SP, 2018.

SILVA, R. A.; PARELLA, R. A. C.; LEITE, P. S. S.; ROCHA, D. D. D.; MAY, A.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. **Comparação entre métodos para o estudo da**

adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo sacarino, XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves – RS, 2016.

SOUZA, E. D.; SCHURT, D. A.; PARRELA, R. A. C. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino em ecossistema de cerrado no estado de Roraima**. 12 p. (Documentos Embrapa Roraima, 54), Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2014.

SOUZA, L. O. S.; PARRELA, R. A. C. **Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos de Sorgo Sacarino**. XIII Seminário de Iniciação Científica, FAPEMIG/PIBIC/CNPq 2018.

URIBE, R. A. M.; TICIANELI, L. C. S.; **Influência do Estande na Produtividade de Sorgo Sacarino**. *Revista Diálogos e Ciência*, v. 34, p. 10-12, 2014.

VIANA, P. A.; MENDES, S. M.; LEAL, M. O.; SILVA, C. C.; ROCHA, J. S. **Controle de Pragas Iniciais de Sorgo Sacarino com Inseticidas químicos**. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves – RS, 2016.