

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO
SACARINO COMO ALTERNATIVA À CANA-DE-AÇÚCAR PARA
PRODUÇÃO DE ETANOL

FELIPE TODESCATTO

SINOP – MT
SETEMBRO – 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE SORGO
SACARINO COMO ALTERNATIVA À CANA-DE-AÇÚCAR PARA
PRODUÇÃO DE ETANOL

FELIPE TODESCATTO
ORIENTADOR: FLAVIO DESSAUNE TARDIN
CO-ORIENTADOR: ARTHUR BEHLING NETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Agronomia do
ICAA/CUS/UFMT, como parte das exigências
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Agronomia.

SINOP – MT
SETEMBRO – 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

T637c Todescatto, Felipe.

Caracterização agrônômica de genótipos de sorgo
sacarino como alternativa à cana-de-açúcar para produção
de etanol / Felipe Todescatto. -- 2021
27 f. ; 30 cm.

Orientador: Flavio Dessaune Tardin.

Co-orientador: Arthur Behling Neto.

TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal
de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
Sinop, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Melhoramento. 2. Saccharum officinarum. 3. Sorghum
bicolor. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA
Coordenador: Prof. Dr. Arthur Behling Neto



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: Caracterização agrônômica de genótipos de sorgo sacarino como alternativa à cana-de-açúcar para produção de etanol.

ACADÊMICO: Felipe Todescatto

ORIENTADOR: Flavio Dessaune Tardin

CO-ORIENTADOR: Arthur Behling Neto

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Flavio Dessaune Tardin
Orientador

Prof. Dr. Arthur Behling Neto
SIAPE 1226270
AGRONOMIA - UFMT - CAMPUS SINOP

Arthur Behling Neto
Co-orientador

Maria Antonia Bortolucci da Rosa
Membro

DATA DA DEFESA: 16/09/2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família e a Deus, por terem me conduzido e me auxiliado ao longo desses anos, agradeço aos meus pais Celso Todescatto e Jane Todescatto e meu irmão Celso Todescatto Junior, por estarem sempre ao meu lado, incentivando e sempre me ajudando com o que precisasse.

Agradeço a minha noiva Adriane Dias dos Santos, por ter sido minha parceira de estudos, por ter me auxiliado ao longo desses anos de faculdade e por sempre estar ali me dando forças para a conclusão do curso.

Agradeço meus amigos de faculdade, Augusto Cesar Mahle Kreling, Gabriel Antonio de Moura Fernandes e Murilo Henrique de Freitas, por sempre estarmos juntos nos momentos fáceis e difíceis da faculdade, por estudarmos juntos, sempre por estarmos ali juntos. Seja conversando ou estudando, vocês foram pessoas que me acompanharam desde o primeiro dia de faculdade e foram amigos, companheiros que fizeram grande parte dessa jornada.

Agradeço a meu orientador Flavio Dessaune Tardin, por ter aceitado me orientar nestes últimos dois anos, me passado seus conhecimentos que foram de suma importância para chegar até aqui, também agradeço aos meus caros colegas de estágio, Jéssica, Juliana, Maria Antônia e Murilo.

Agradeço também a todos os professores que estiveram presentes ao longo destes anos de graduação, passando seus conhecimentos para mim e para meus colegas.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo apoio financeiro a esta pesquisa (Processo 571329/2014).

Agradeço à Embrapa Agrossilvipastoril, a Embrapa Milho e Sorgo, à FAPED e ao BNDES pela oportunidade de estágio e concessão de bolsa de estudos.

Agradeço aos pesquisadores Drs. Rafael Augusto da Costa Parrella e Dr. Flávio Dessaune Tardin por fornecer parte dos dados da pesquisa do Programa de Melhoramento Genético de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo para confecção deste trabalho.

Sumário

<u>RESUMO</u>	7
<u>ABSTRACT</u>	8
<u>LISTA DE TABELAS</u>	9
<u>1 INTRODUÇÃO</u>	10
<u>2 REFERENCIAL TEÓRICO</u>	11
<u>2.1 Cultura do sorgo</u>	11
<u>2.2 Melhoramento genético</u>	12
<u>2.3 Tolerâncias do sorgo a estresses abióticos</u>	13
<u>2.4 Potencial para bioenergia</u>	14
<u>3 MATERIAL E MÉTODOS</u>	17
<u>3.1 Local e condução do experimento</u>	17
<u>3.2 Genótipos avaliados</u>	17
<u>3.3 Características avaliadas</u>	18
<u>3.4 Tratos culturais e colheita</u>	18
<u>3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas</u>	18
<u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	20
<u>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	24
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	25

RESUMO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) surge como uma matéria prima alternativa para utilização na entressafra da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) em usinas de etanol, por sua semelhança a cana, no quesito de produzir colmos com caldo rico em açúcares fermentáveis, porém com ciclo inferior ao desta. Visando avaliar características agronômicas de diferentes genótipos de sorgo sacarino e identificar aqueles mais promissores ao cultivo, na Safra 2019, foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop-MT, um experimento com 24 híbridos experimentais, além da testemunha comercial BRS 511. Foram avaliadas as características de altura, florescimento, produção de matéria verde (PMV), de sólidos solúveis totais (SST) e de toneladas brix por hectare (TBH). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, as médias dos genótipos para cada variável foram submetidas ao teste de agrupamento proposto por Scott-Knott ($P < 0,05$). Os genótipos que apresentam os maiores valores de TBH, cerca de 9,3 t⁰brix ha⁻¹, são CMSXS5037, CMSXS5044, CMSXS5046 e CMSXS5022, superando até mesmo a testemunha comercial BRS 511.

PALAVRAS CHAVES: Melhoramento, *Saccharum officinarum*, *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

Sweet sorghum emerges as an alternative raw material for use in the off-season of sugarcane in ethanol plants, due to its similarity to sugarcane, in the question of producing stems with broth rich in fermentable sugars, but with a cycle much lower than that of sugarcane. Aiming to evaluate agronomic characteristics of different sweet sorghum genotypes and identify the most promising ones for cultivation, in the 2019 Harvest, an experiment was carried out at Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop-MT, in addition to the commercial witness BRS 511. The characteristics of height, flowering, green matter production (PMV), total soluble solids (SST) and brix tons per hectare (TBH) were evaluated. The data obtained were submitted to variance analysis (ANOVA) and, later, the means of genotypes for each variable were submitted to the cluster test proposed by Scott-Knott ($P < 0.05$). The genotypes with the highest Values of TBH, about 9.3 t brix ha⁻¹, are CMSXS5037, CMSXS5044, CMSXS5046 and CMSXS5022, surpassing even the commercial control BRS 511.

KEY WORDS: Improvement, *Saccharum officinarum*, *Sorghum bicolor*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Genótipos de sorgo sacarino avaliados e suas respectivas codificações e procedência.....	17
Tabela 2. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias dos caracteres agrônômicos florescimento (FLOR, em dias), altura de plantas (AP, em metros), produção de matéria verde (PMV, em t ha ⁻¹), sólidos solúveis totais (SST, em °Brix) e toneladas de brix por hectare (TBH, em t °brix ha ⁻¹) mensurados em 25 genótipos de sorgo sacarino. Safra 2019.....	20
Tabela 3. Resumo do teste de agrupamento proposto por Scott-Knott (P<0,05).....	21

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por um maior desenvolvimento econômico, visando o aumento de indústrias e da agricultura, traz à tona uma série de questionamentos, como a necessidade de cada vez mais se utilizar combustíveis fósseis para o seu funcionamento. Em contrapartida, já existe uma série de preocupações em relação a emissões de gases oriundos destes combustíveis, ressaltando que esses combustíveis, utilizados para manter grande parte das indústrias e áreas da agricultura, são recursos finitos e não renováveis, desconhecendo-se até quando haverá disponibilidade destas fontes de energia. Assim, torna-se necessário buscar alternativas para a produção de combustíveis e de preferência provenientes de fontes renováveis e menos poluentes (PARRELLA, 2011).

Partindo da necessidade de buscar alternativas para produção de combustíveis renováveis, iniciou-se uma série de pesquisas acerca dos biocombustíveis, que possibilitam a diminuição da emissão de gases poluentes atmosféricos e a redução da utilização de combustíveis fósseis (CUNHA, 2010).

A substituição da gasolina por etanol em motores, proporciona uma redução de aproximadamente 90% de emissão de dióxido de carbono. Desta forma, existe grande interesse em utilização de biocombustíveis, gerando estudos científicos buscando novas matérias primas para a produção de etanol (CUNHA, 2010).

Geralmente utiliza-se a cana-de-açúcar para obtenção do etanol, mas existem outras fontes que podem ser usadas para a mesma finalidade, como o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). O sorgo sacarino ganha um destaque quando o interesse é produção de etanol, visto que é uma cultura que possui um rápido ciclo de desenvolvimento quando comparada a cana-de-açúcar, além de altos níveis de açúcares distribuídos em seus colmos, característica favorável para a produção de biocombustível (DURÃES, 2011).

O sorgo sacarino passou a ser indicado pela Embrapa como uma possível matéria-prima renovável para a produção de etanol e, desta forma, para contribuir com o aumento da competitividade do mercado de etanol brasileiro. Assim, a cultura tem despertado interesse das usinas de produção de etanol, como um complemento à cana-de-açúcar, logo, o sorgo passaria a ter grande utilização na produção de etanol na entressafra da cana, diminuindo o período de ociosidade das usinas, assim como os custos de produção (SANTOS, 2011).

Nesse sentido o objetivo com este trabalho foi avaliar características agrônomicas de diferentes genótipos de sorgo sacarino, com a finalidade de identificar genótipos promissores à produção de etanol, e passíveis de recomendação para cultivo em larga escala.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do sorgo

O sorgo é nativo da África e algumas variedades atuais também são originárias do continente africano. Algumas iniciativas para a introdução desta gramínea no Brasil foram realizadas em diferentes épocas, e havendo esforços de centros de pesquisas e universidades, como o programa de melhoramento de sorgo iniciado em 1970 pela Embrapa, na época os pesquisadores já acreditavam no potencial do sorgo no Brasil (PURCINO, 2011).

Segundo Castro (2014) a espécie do sorgo apresenta uma enorme variabilidade morfológica, assim os tipos de sorgo foram repartidos em cinco grupos, utilizado como critério de separação suas características agronômicas, utilização e produtos. Desta forma foram obtidos os seguintes grupos de sorgo:

- Sorgo biomassa: plantas que possuem até 6 metros de altura, grande quantidade de biomassa comparada às demais variedades e ciclo vegetativo de 150-180 dias na safra de verão, apresenta o ciclo vegetativo mais prolongado devido ao fotoperíodo (PARRELLA *et al.*, 2013).
- Sorgo granífero: plantas de porte baixo (0,4 a 2 m), apresenta um ciclo de 90 a 120 dias, apresenta panícula bem destacada e característica na parte superior da planta, quando realizado sua colheita, a palhada pode ser utilizada como feno visando o pastejo ou a palhada para cobertura do solo (FILHO, 2012).
- Sorgo forrageiro: possui porte mediano, superando dois metros, se caracteriza pela grande produção de forragem e inclui genótipos desenvolvidos para produção de silagem e também são utilizados para cobertura vegetal e apresenta um ciclo médio de 120 dias com aproximadamente 2,70 metros de altura (RODRIGUES *et al.*, 2015).
- Sorgo vassoura: possui uma panícula larga com eixo central curto e ramificações secundárias longas, assim como o nome o grupo sugere, suas panículas são utilizadas para a produção de vassouras (FAVARATO *et al.*, 2011).
- Sorgo sacarino: possui porte elevado que varia de 3,0 a 3,5 metros de altura, existem materiais com padrão biomassa que podem ultrapassar os 5,0 metros de altura, apresenta poucos grãos e grande produção de biomassa, seu colmo apresenta um caldo rico em açúcares, pode ser destinado para produção de etanol, silagem ou como forragem (PARRELLA, 2011).

O sorgo sacarino é uma gramínea que possui um ciclo relativamente curto, que pode durar até quatro meses. No caso de materiais sacarinos com padrão de sorgo biomassa, sensíveis ao fotoperiodismo, dependendo da época de cultivo, seu ciclo pode durar aproximadamente seis meses. É uma cultura similar a cana-de-açúcar e possui uma grande capacidade de acumular açúcares ao longo de seus colmos. O sorgo apresenta alto

potencial energético, podendo obter-se etanol através da fermentação de seus açúcares (COELHO, 2017).

Atualmente há um crescente aumento no cultivo de sorgo sacarino no Brasil, uma vez que esta cultura possibilita a colheita durante o período da entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando as usinas de álcool por diminuir o período de ociosidade (PARRELLA, 2011).

As áreas produtoras de sorgo sacarino realizam a semeadura da cultura por volta dos meses de novembro e dezembro. Como possui um ciclo de aproximadamente quatro meses, a colheita deverá ser realizada entre os meses de março e abril, coincidindo com o período em que as usinas de álcool estão ociosas, visto que a cana-de-açúcar ainda está imprópria para colheita (MAY, 2011).

2.2 Melhoramento genético

O programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo busca o desenvolvimento de variedades e/ ou híbridos de sorgo sacarino sendo estabelecidas algumas metas referentes à produtividade e qualidade, incluindo produtividade mínima de biomassa de 60 t ha⁻¹, bem como uma extração mínima de açúcares totais de 120 kg t⁻¹ de biomassa, sendo considerado uma eficiência de extração de 90 a 95% e conteúdo mínimo de açúcares presentes em seu caldo de 14% (PARRELLA, 2011).

A cultura do sorgo possui uma grande variabilidade genética, que propicia o uso de algumas estratégias clássicas e biotecnológicas de melhoramento. A espécie apresenta um enorme potencial produtivo destinado à produção de biocombustíveis de primeira e segunda geração. Buscando altas produtividades de matéria seca, geralmente as principais características analisadas em programas de melhoramento são: a altura de planta, a alta produção de matéria verde, a alta porcentagem de matéria seca, o tempo de florescimento, o volume de caldo, o teor de sólidos solúveis totais e a sensibilidade do material ao fotoperíodo (OLSON et al., 2012).

A característica de altura de planta é muito importante quando se avalia cultivares de sorgo sacarino, com o objetivo de produção de etanol, visto que a produção dos colmos, um dos componentes primários da produção de biomassa, está diretamente relacionada à altura, desta forma, possuindo uma relação direta com a produção de caldo (AUDILAKSHMI et al., 2010).

O caráter de produção de massa verde está diretamente correlacionado com a altura das plantas e com o diâmetro do colmo, visto que, são consideradas características altamente influenciáveis pelas condições do ambiente e pelos manejos aplicados durante o plantio e crescimento da planta, em especial, a densidade das plantas, a época de plantio e a adubação de base e de cobertura (EMYGDIO et al., 2011).

Segundo Parrela et al. (2010) é possível produzir de 40 a 70 litros de etanol por tonelada de biomassa de sorgo sacarino, levando em consideração uma média de aproximadamente 55 litros de etanol por tonelada de massa verde, neste caso, contabilizando os colmos e as folhas.

2.3 Tolerâncias do sorgo a estresses abióticos

O sorgo apresenta tolerância a determinados níveis de estresse hídrico e salino, quando comparado a outras culturas, favorecendo a sua utilização em áreas aonde a produção de cana-de-açúcar é limitada por esses fatores. Além disso, a biomassa e os grãos produzidos pela cultura podem ser utilizados para alimentação de animais e, no caso dos grãos, também para alimentação humana (SCHULTZ *et al.*, 2011).

Segundo Silva (2015) o sorgo é cultivado principalmente em regiões áridas e semiáridas, considerado uma cultura muito bem adaptada a ambientes que possuam estresses abióticos, como altas temperaturas e déficit hídrico. Essa adaptação possibilita que a cultura possa desenvolver-se e expandir-se em regiões aonde as condições ideais para o cultivo, são limitantes, como chuvas irregulares. Este comportamento de rusticidade à estresses abióticos, proporciona ao sorgo condições favoráveis à sua adaptação e desenvolvimento quando comparada a outras espécies comerciais.

A tolerância presente no sorgo está caracterizada a nível bioquímico e relacionada a genes que codificam proteínas presentes na parede celular, associadas à expansão da célula, que fazem com que haja flexibilidade e com isso, as folhas terão uma desidratação mais lenta, evitando que se perca a integridade celular. Já o escape está relacionado ao sistema radicular que é muito alongado e dispõe de inúmeras raízes secundárias e pelos absorventes, fazendo com que se torne eficaz na retirada de água do solo. Contudo, o déficit hídrico pode interferir na produtividade, principalmente quando ocorre na fase de florescimento ou enchimento dos grãos (RODRIGUES *et al.*, 2015).

A salinidade afeta todos os aspectos da fisiologia e do metabolismo das plantas, ocorre a inibição de crescimento e produtividade, atribui-se essas percas a alterações das relações hídricas e nutricionais das plantas, e ao aumento de concentração de íons considerados tóxicos para o metabolismo vegetal, vale ressaltar a forma como cada planta responde à determinadas condições de estresse salino, podendo haver variações entre genótipos de uma espécie (SILVA, 2015).

O sorgo sacarino possui tolerância moderada ao quesito salinidade, que está relacionada as suas características morfofisiológicas e ao seu mecanismo fotossintético do tipo C4, que permite uma fixação eficiente de carbono e um grande acúmulo de matéria seca (DALLA MARTA *et al.*, 2014).

Embora o sorgo apresente tolerância à salinidade, o mecanismo desenvolvido pela planta para suportar e resistir a essas condições necessita de um alto gasto energético,

afetado diretamente no seu desenvolvimento, como por exemplo, nas alturas das plantas, no acúmulo de matéria seca e na distribuição de foto assimilados (COELHO, 2017).

Devido a estas características, é possível realizar o cultivo do sorgo sacarino em regiões com condições limitantes, como o semiárido brasileiro, região marcada por altas temperaturas, baixas médias pluviais e altas temperaturas, com elevadas taxas de evapotranspiração, retirando a água presente do solo e favorecendo grande acumulação de sais no solo, o que acaba limitando a produção de outras culturas. Em virtude da tolerância do sorgo relacionada a esses aspectos, é possível realizar o seu plantio em regiões com climas que possuem condições limitantes (COELHO, 2017).

Apesar do sorgo possuir vantagens referentes as suas características de tolerância, é necessário atentar-se ao fato de que a cultura deve ser cultivada em solos de boa aptidão agrícola e boa fertilidade. Nesse sentido, vale ressaltar que a cultura responde de forma intensa quando incrementada de forma ideal a água e adubação, podendo alcançar e até mesmo ultrapassar a produção de matéria seca e de grãos da cultura do milho (COELHO, 2011).

2.4 Potencial para bioenergia

Com a descoberta do potencial contido na cultura do sorgo sacarino, principalmente para utilização na produção de bioenergia, houve uma enorme expansão em sua produção em meados dos anos 70, juntamente com a implementação do Pró-Álcool, uma iniciativa o governo brasileiro de estimular a produção e aumento de consumo de etanol, visando a redução do consumo de gasolina. A partir dessa expansão iniciou-se uma série de pesquisas e estudos de melhoramento genético, a fim de selecionar aqueles materiais que possuíam maior destaque, sendo assim mais promissores para a bioenergia. Estas pesquisas passaram a ser mais intensificadas a partir da criação do Plano Nacional de Agroenergia (PURCINO, 2011).

A utilização do sorgo sacarino visando à produção de etanol tem sido amplamente investigada, com o desenvolvimento de novas variedades e híbridos com o objetivo de obter-se um aumento na produção de etanol por área de plantio. Também se estuda o possível aproveitamento de toda a matéria-prima, como o bagaço e as folhas, para produção de bioenergia em caldeiras, sendo um dos fatores mais importantes para viabilizar a produção de etanol (RODRIGUES *et al.*, 2011).

O teor de água presente no sorgo é uma característica a ser analisada com muita cautela, visto que a água influencia diretamente na concentração de açúcares fermentescíveis presentes em seu caldo. No programa de melhoramento genético deseja-se um valor máximo de açúcar para viabilizar a destilação e produção de etanol a partir do sorgo sacarino. No caso das demais partes da planta, para que haja um maior

aproveitamento e rendimento desejam-se plantas com menores teores de lignina (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Uma diferença marcante entre o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar é a composição de seus bagaços, obtidos a partir da extração do caldo. Em estudos já realizados foram constatados teores de lignina menores nos bagaços de sorgo, quando comparados aos bagaços de cana-de-açúcar, característica crucial quando se utiliza o bagaço para produção de etanol no processo de obtenção de etanol de 2ª geração (MACHADO, 2011).

Com base nos processos de produção de etanol, o mesmo, pode ser subdividido em duas gerações, a primeira geração é a conversão da sacarose em etanol. Nesse caso, ao esmagar os colmos do sorgo ou da cana-de-açúcar, é extraído um caldo rico em açúcar, que posteriormente é convertido para etanol através da fermentação alcoólica. Após o esmagamento dos colmos, os bagaços podem ser utilizados para obter energia elétrica a vapor para a usina de álcool. Porém, devido à alta demanda por combustíveis renováveis, tem sido realizados estudos acerca do bagaço de sorgo e de cana para que seja possível obter-se etanol lignocelulósico, também conhecido como etanol de segunda geração (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Para ocorrer a fermentação do caldo da cana-de-açúcar, utiliza-se linhagens de bactérias *Saccharomyces* e *Kluyveromyces* (SANTIAGO, 2017), que demonstram uma alta eficiência na conversão das moléculas de açúcar para etanol. Com a possibilidade de uso dessas mesmas linhagens para a fermentação do caldo do sorgo sacarino, sua utilização torna-se mais prática, visto que não será necessário desenvolver novas linhagens de bactérias para o processo de conversão. Além disso, há redução dos riscos de contaminação destas bactérias (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Na produção do etanol de segunda geração são liberados vários açúcares a partir do processo de hidrólise da celulose e da hemicelulose, sendo estes açúcares que precisam ser fermentados. Porém, as bactérias das linhagens *Saccharomyces* não conseguem converter todos os açúcares oriundos da hemicelulose, como a xilose. Neste caso é necessário utilizar outras linhagens de leveduras (ALMEIDA *et al.*, 2011), como é o caso da levedura *Pichia stipitis* que apresenta ótimas capacidades de fermentação de açúcares hemicelulósicos, assim apresentando alto rendimento para produção de etanol a partir da xilose (SANTIAGO, 2017).

O sorgo sacarino possui muita semelhança quando comparado à cana-de-açúcar, visto que ambos os materiais armazenam açúcares simples, como a glicose, frutose e sacarose, em seus colmos, após a sua extração ambos geram um bagaço que pode também ser utilizado para a geração de energia térmica, além do etanol. Deste modo, para realizar o processamento do sorgo para a produção de etanol poderia ser utilizado o mesmo processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, provavelmente sendo

necessários pequenos ajustes em alguma etapa do processo de produção (MACHADO, 2011).

O processo de fermentação é o método mais utilizado no Brasil para obtenção de etanol, assim como na maioria dos países do mundo. Através deste processo de fermentação qualquer material que contenha uma certa quantidade de carboidratos, possui a matéria-prima potencial para obter-se o etanol, como é o caso sorgo sacarino e da cana-de-açúcar (MACHADO, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e condução do experimento

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop no estado de Mato Grosso, com a latitude de 11°51'43" Sul, 55°35'27" Oeste e 384 m de altitude, entre os meses de novembro de 2019 e abril de 2020. O Clima é caracterizado como tropical com verão chuvoso e inverno seco, com 90% da precipitação ocorrendo entre outubro e abril (SOUZA *et al.*, 2013).

3.2 Genótipos avaliados

Foram avaliados 25 genótipos de sorgo sacarino (Tabela 1), sendo 24 híbridos experimentais e uma testemunha comercial, BRS 511. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições.

Tabela 1. Genótipos de sorgo sacarino avaliados e suas respectivas codificações dos genótipos e procedência do material

Código	Genótipo	Procedência
1	CMSXS5027	Experimental Embrapa
2	CMSXS5028	Experimental Embrapa
3	CMSXS5029	Experimental Embrapa
4	CMSXS5030	Experimental Embrapa
5	CMSXS5035	Experimental Embrapa
6	CMSXS5036	Experimental Embrapa
7	CMSXS5037	Experimental Embrapa
8	CMSXS5038	Experimental Embrapa
9	201931B009	Experimental Embrapa
10	CMSXS5039	Experimental Embrapa
11	CMSXS5040	Experimental Embrapa
12	CMSXS5041	Experimental Embrapa
13	CMSXS5042	Experimental Embrapa
14	CMSXS5043	Experimental Embrapa
15	CMSXS5044	Experimental Embrapa
16	CMSXS5045	Experimental Embrapa
17	CMSXS5046	Experimental Embrapa
18	CMSXS5021	Experimental Embrapa
19	CMSXS5022	Experimental Embrapa
20	CMSXS5017	Experimental Embrapa
21	CMSXS5016	Experimental Embrapa
22	CMSXS643	Experimental Embrapa
23	CMSXS646	Experimental Embrapa
24	BRS 511	Híbrido Comercial
25	CMSXS5048	Experimental Embrapa

3.3 Características avaliadas

Em cada parcela experimental foram mensuradas as seguintes características:

- Florescimento (FLOR) – obtido através do número de dias decorridos do plantio até o momento onde 50% ou mais estivessem com o terço superior da panícula liberando grãos de pólen;
- Altura de planta (AP) – altura média de seis plantas competitivas entre si, medidas em metros, partindo do solo até o pico da panícula, característica observada no momento de colheita;
- Produção de massa verde (PMV) – obtido com o auxílio de uma balança de suspensão digital, considerando todas as plantas na parcela útil, cortadas a cerca de 20 cm do solo. Todos os dados obtidos foram convertidos para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$);
- Sólidos solúveis totais (SST) – obtido após a extração do caldo de seis colmos por parcela em moenda elétrica e mensuradas com o auxílio de um refratômetro digital. Os valores de SST são expressos na unidade °Brix;
- Toneladas de brix por hectare (TBH) – obtido através da seguinte fórmula auxiliar $TBH = (PMV \times SST/100) \times 0,6$, aonde 0,6 representa a eficiência de extração de caldo, considerado aqui em 60%.

3.4 Tratos culturais e colheita

Para o controle das plantas daninhas, foi realizado uma aplicação de herbicida a base de atrazina, na dose de $3\ kg\ ha^{-1}$ de princípio ativo. A semeadura foi realizada em 20/11/2019 com uma adubação de $340\ kg\ ha^{-1}$ do formulado NPK 08-28-16 no sulco de plantio, com uma taxa de semeadura de 10 sementes por metro linear, almejando uma população de aproximadamente $120.000\ plantas\ ha^{-1}$. Após 25 dias da semeadura foi realizado um desbaste para alcançar uma população inicial de 110 mil plantas ha^{-1} e logo em seguida foi realizada adubação de cobertura com 200 kg do formulado 20-00-20. A colheita foi realizada de forma manual, entre os meses de março a abril de 2020, cortando toda a parcela útil a aproximadamente 20 cm do solo, para simular uma colheita mecanizada.

3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, as parcelas formadas por duas linhas de cinco metros e espaçadas por 0,7 m entre linhas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, as médias dos genótipos para cada variável foram submetidas ao teste de

agrupamento proposto por Scott-Knott ($P < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do software Genes (CRUZ, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da análise de variância para os dados coletados de florescimento, altura de planta, produção de massa verde, teor de sólidos solúveis totais e toneladas de brix por hectare estão descritos na tabela 2.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias das características agrônômicas florescimento (FLOR), altura de plantas (AP), produção de massa verde (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e toneladas de brix por hectare (TBH) mensuradas em 25 genótipos de sorgo sacarino cultivados em Sinop-MT. Safra 2019.

FV	GL	QM				
		FLOR	AP	PMV	SST	TBH
Bloco	2	10,5733	0,0374	4,0946	0,8529	0,4101
Genótipo	24	1654,4756**	1,7609**	1116,6791**	10,0816**	12,0902**
Resíduo	48	1,6289	0,0341	97,6913	1,6227	1,2808
Média ^{1/}		100,83	4,19	73,62	14,39	6,42
CV		1,27	4,41	13,43	8,85	17,63

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

^{1/} FLOR em dias; AP em metros; PMV em t ha⁻¹; SST em °Brix e TBH em tbrix ha⁻¹

Conforme os dados obtidos através ANOVA foram observadas diferenças significativas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para todas as variáveis analisadas, indicando diferenças significativas entre as médias dos genótipos e possibilidade de seleção dos de maior interesse quanto a suas características agrônômicas. Os coeficientes de variação apresentaram uma amplitude entre 1,27% para florescimento e 17,63% para TBH.

As médias dos genótipos relacionadas às características morfoagronômicas, estão inseridas junto ao correspondente grupo de médias obtido pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, na Tabela 3. É possível observar as amplitudes apresentadas pelas características avaliadas no teste, da seguinte maneira: o florescimento pleno variando de 65 a 134 dias; a altura média das plantas variando de 3,0 a 5,1 metros; a produção de massa verde variando de 35,305 a 105,314 t ha⁻¹, o teor de sólidos solúveis totais variando de 11,5° a 17,7° brix e a tonelada de brix por hectare variando de 2,569 a 10,443 t °brix ha⁻¹.

Tabela 3. Resumo do teste de agrupamento proposto por Scott-Knott ($P < 0,05$).

TRAT	Genótipo	Florescimento (dias)		Altura (m)		PMV (tha ⁻¹)		SST (°brix)		TBH (t°brixha ⁻¹)	
1	CMSXS5027	76	h	3,4	c	88,267	a	11,8	d	6,270	c
2	CMSXS5028	75	h	3,1	d	70,948	b	12,5	d	5,340	c
3	CMSXS5029	75	h	3,6	c	92,971	a	14,5	c	8,099	b
4	CMSXS5030	76	h	3,5	c	82,419	b	12,6	d	6,237	c
5	CMSXS5035	123	c	4,7	b	73,219	b	12,4	d	5,527	c
6	CMSXS5036	107	f	4,7	b	95,743	a	13,5	c	7,739	b
7	CMSXS5037	109	f	4,6	b	105,314	a	16,6	a	10,443	a
8	CMSXS5038	117	e	4,8	a	88,695	a	13,7	c	7,344	b
9	201931B009	110	f	4,6	b	75,457	b	17,1	a	7,714	b
10	CMSXS5039	124	c	4,8	a	66,267	c	11,7	d	4,721	c
11	CMSXS5040	108	f	5,0	a	71,742	b	13,4	c	5,798	c
12	CMSXS5041	124	c	5,1	a	64,933	c	15,0	b	5,910	c
13	CMSXS5042	121	d	5,0	a	78,933	b	15,3	b	7,252	b
14	CMSXS5043	122	c	4,7	b	101,571	a	13,9	c	8,481	b
15	CMSXS5044	109	f	4,5	b	88,362	a	17,7	a	9,447	a
16	CMSXS5045	119	d	4,7	b	85,848	a	15,4	b	7,917	b
17	CMSXS5046	120	d	4,7	b	79,552	b	16,6	a	7,947	b
18	CMSXS5021	132	b	5,1	a	60,886	c	13,8	c	5,032	c
19	CMSXS5022	134	a	4,7	b	86,886	a	16,9	a	8,812	a
20	CMSXS5017	86	g	3,6	c	66,591	c	15,2	b	6,055	c
21	CMSXS5016	84	g	3,8	c	35,305	d	12,2	d	2,569	d
22	CMSXS643	72	i	3,1	d	48,619	d	15,4	b	4,495	c
23	CMSXS646	65	k	3,0	d	39,438	d	15,2	b	3,604	d
24	BRS 511	69	j	3,0	d	51,171	d	15,9	b	4,863	c
25	CMSXS5048	66	k	3,1	d	41,410	d	11,5	d	2,878	d
Média		101		4,2		73,622		14,4		6,420	

Foi possível observar que na característica florescimento houve a divisão de onze grupos de médias, onde os genótipos que apresentaram o florescimento mais precoce com uma média de 65 dias, foram os genótipos CMSXS646 e CMSXS5048, materiais experimentais Embrapa, já o genótipo CMSXS5022, de florescimento mais tardio, obteve média de 134 dias. Já o BRS 511, material comercial obteve um valor médio de 69 dias para o seu florescimento pleno. Esta ampla variação no florescimento dos genótipos está associada às diferenças de resposta ao fotoperíodo encontrado entre genótipos aqui avaliados, sendo os materiais mais precoces insensíveis ao fotoperiodismo e, por sua vez, os materiais mais tardios, sensíveis, ampliando seu ciclo vegetativo em plantios em novembro/dezembro.

Estes dados de florescimento contrastam-se aos observados por Porto (2021), onde genótipos avaliados em seu experimento, materiais desenvolvidos pela Embrapa, e cultivados em Sete Lagoas-MG, apresentaram um faixa de florescimento variando de 73 dias a 156 dias. Quando comparado os dias de florescimento entre os trabalhos, pode-se dizer que o fotoperíodo e/ou outras condições ambientais, como diferença de altitude e clima, possam ter possibilitado um florescimento mais tardio na região de Sete Lagoas.

Para a característica altura de plantas (AP), foram observados quatro grupos de médias, onde os genótipos que apresentaram a menor média de altura, com cerca de 3 metros, foram os genótipos CMSXS 5028, CMSXS643, CMSXS646, CMSXS5048 e BRS 511. Os materiais com as maiores médias de altura, com cerca de 5 metros, foram os genótipos CMSXS5038, CMSXS5039, CMSXS5040, CMSXS5041, CMSXS5042 e CMSXS5021. O cultivar comercial BRS 511, obteve um valor médio de altura de cerca de 3 metros, estando agrupado no quarto grupo de médias.

Os resultados para AP aqui observados são superiores quando comparados ao trabalho de Parrella et al. (2010), onde materiais experimentais avaliados como o CMSXS 643, apresentaram valores médios de 2,6 metros, com a utilização de 0,90 m de espaçamento entre linhas. Em contrapartida na Safra de 2019, aonde esse mesmo genótipo foi avaliado, seus valores médios de altura superaram os 3,0 metros, porém o espaçamento utilizado foi de 0,70 m, supõem-se que essa diferença de espaçamento possa ter influenciado na competição entre as plantas da parcela.

A característica de produção de matéria verde (PMV) foi agrupada em quatro classes de médias diferentes, onde os genótipos que apresentaram o menor peso obtiveram um média de aproximadamente 43,189 t ha⁻¹, representado pelos genótipos CMSXS5016, CMSXS643, CMSXS646, CMSXS5048 e BRS 511. Por outro lado, os genótipos que apresentaram os maiores PMV obtiveram valores de aproximadamente 85,8 até 105,3 t ha⁻¹, sendo os genótipos CMSXS5027, CMSXS5029, CMSXS5036, CMSXS5037, CMSXS5038, CMSXS5043, CMSXS5044, CMSXS5045 e CMSXS5022. O material comercial, BRS 511, agrupou-se novamente no quarto grupo de médias com cerca de 51 t ha⁻¹.

Ao observar a característica dos teores de sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, os genótipos foram agrupados em quatro grupos distintos, onde o grupo de menores médias, composto pelos genótipos CMSXS5027, CMSXS5028, CMSXS5030, CMSXS5035, CMSXS5039, CMSXS5016 e CMSXS5048, demonstraram valores de SST iguais ou inferiores a 12° Brix, os. Os genótipos com as maiores médias obtiveram valores superiores a 16,6° Brix, sendo respectivamente os genótipos CMSXS5037, 201931B009, CMSXS5044, CMSXS5046 e CMSXS5022.

O teor de SST dos genótipos avaliados foram em média de 12° a 16 °, na safra de 2019/20. Segundo Parella et al. (2010), foi observado valores superiores para os experimentos de sorgo sacarino conduzido em outras regiões, em vista de que esta característica está relacionada diretamente com o estágio de desenvolvimento da planta, com o local onde as amostras são coletadas e da maneira de como a análise é conduzida, podendo trazer variações, conforme encontradas nas literaturas.

A variável TBH (toneladas de Brix por hectare) está recebendo cada vez mais destaque nos programas de melhoramento de sorgo sacarino, visto que é uma característica que está precisamente relacionada a produção de etanol por hectare, já que esta é a principal característica a ser utilizada com sorgo sacarino associando PMV e SST numa única variável, características estas diretamente correlacionadas com a produção de etanol (FIORINI et al., 2016).

Ao analisar os resultados observados para TBH, os genótipos foram agrupados em quatro grupos distintos, onde o grupo de menor média, aproximadamente 3 t °brix ha⁻¹, foi formado pelos genótipos CMSXS5016 e CMSXS646 e CMSXS5048. O grupo com os maiores valores de TBH apresentaram média de 9,567 t° brix ha⁻¹, sendo formado pelos genótipos CMSXS5037, CMSXS5044 e CMSXS5022.

Segundo DURAES (2014), um ponto a ser destacado no índice multiplicativo TBH é levar em conta as principais características para a escolha de materiais promissores, sendo elas PMV, SST e a eficiência de extração do caldo. No caso da extração o seu coeficiente pode variar conforme a metodologia, variando de 60 a 70% da massa verde presente nos colmos, neste trabalho, foi considerado o limite inferior para o cálculo, ou seja, uma extração de 60%. Segundo RIBEIRO (2014), a variável auxiliar TBH, está tornando-se bastante útil no processo de seleção de cultivares de sorgo sacarino, por combinar dois caracteres de importância para a cultura, PMV e SST. O resultado desse índice demonstra uma característica muito promissora para o processo de seleção e escolha de melhores cultivares para a produção de etanol. Sendo assim, os genótipos que se destacam neste estudo são o CMSXS5037, CMSXS5044 e CMSXS5022, com TBH médio de 9,567 t° brix ha⁻¹.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os genótipos CMSXS5037, CMSXS5044 e CMSXS5022, destacam-se por possuir, elevados valores de PMV e SST, conseqüentemente maior TBH, características mais relacionadas com a produção de etanol, indicando tais materiais como promissores candidatos a lançamento comercial após confirmados comportamento semelhantes em mais locais e anos de observação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. R. M. *et al.* Leveduras para produção de etanol de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, p. 29-30, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- AUDILAKSHMI, S.; MALL A. K.; SWARNALATHA, M.; SEETHARAMA, N. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. **Biomass and Bioenergy**, v.34, n. 6, p 813-820, 2010.
- CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônômico e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4_975/1/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O_Potencial%20agron%20c3%b4mico%20e%20energ%20c3%a9tico%20de%20h%20c3%adbidos%20de%20sorgo%20biomassa.pdf. Acesso em: 17 set. 2021.
- COELHO, D. S. **Potencial de cultivares de sorgo sacarino irrigadas com águas salinas**. 2017. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7332#preview-link0>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- CUNHA, S. P. AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, dez. 2010. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1523>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- CRUZ, C.D. **Genes Software** – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- DALLA MARTA, A *et al.* Sweet sorghum for bioethanol production: crop responses to diferente water stress levels. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam. v.64, n. 6, p. 211-219, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.033>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- DURAES, F. O. M. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n.3, p. 7-7, ago. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/919537/1/BolfeAgroeRevis.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- DURAES,>NNL *et al.* Eficiência da utilização do índice multiplicativo TBH na seleção de genótipos de sorgo sacarino. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30.; SIMPÓSIO SOBRE LEPTÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO**, 1., 2014, Salvador. Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global: resumos expandidos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014., 2014.
- EMYGDIO, B. M.*et al.* Desempenho de cultivares de sorgo sacarino visando á produção de etanol em solos hidromórficos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 53-59, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/941567/desempenho-de-cultivares-de-sorgo-sacarino-visando-a-producao-de-etanol-em-solos-hidromorficos>. Acesso em: 06 set. 2021.

FAVARATO, L. F.; PAULA, G. S.; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V.S. **Avaliação de linhagens de sorgo vassoura na região de Viçosa, MG, Brasil**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 10:82-86, 2011.

FILHO, J. E. A. **Avaliação agrônômica e de estabilidade e adaptabilidade de genótipos de sorgo granífero**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2012. 95p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

FIORINI, I. V.A. PRODUTIVIDADE DE SORGO SACARINO EM FUNÇÃO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS E DE ÉPOCAS DE CORTE. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 105-113, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/613/1190>. Acesso em: 10 set. 2021.

MACHADO, C. M. M. Produção de etanol de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n.3, p. 27-28, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 02 ago. 2021.

MAY, A. Boas práticas agrícolas para o cultivo de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 16-17, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 02 ago. 2021.

OLSON, S. N.; RITTER, K.; ROONEY, W.; KEMANIAN, A.; MCCARL, B. A.; ZHANG, Y.; HALL, S.; PACKER, D.; MULLET, J. High biomass yield energy sorghum: developing a genetic model for C4 grass bioenergy crops. **Biofuels Bioprod. Bioref.** 6:640–655, 2012.

PARRELLA, R. A. C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 8-9, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 02 ago. 2021.

PARRELLA, R. A. C. *et al.* **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol**. Sete Lagoas: Embrapa, 2010. p. 1-9. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/865570/desempenho-de-cultivares-de-sorgo-sacarino-em-diferentes-ambientes-visando-a-producao-de-etanol>. Acesso em: 06 set. 2021.

PARRELLA, R. A. Da C.; RESENDE, A. V.; MAY, A.; DA SILVA, D. D.; DOS SANTOS, F. C.; COTA, L. C.; DE OLIVEIRA, P. A.; MENDES, S. M.; DA COSTA, R. V.; DE MIRANDA, R. A. **Cultivo de sorgo biomassa para cogeração de energia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 69p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 152).

PORTO, F. L. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino**. 2021. 34 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop, 2021.

PURCINO, A. Á. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 6-6, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 02 ago. 2021

RIBEIRO, PC de O. et al. Caracterização de cultivares de sorgo sacarino na região central de Minas Gerais visando a produção de etanol. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 9., 2014. São Paulo. **Anais...** Curitiba: Porths Eventos, 2014., 2014.

RODRIGUES, D. *et al.* Caracterização do sorgo para a produção de etanol. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 26-26, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 02 ago. 2021.

RODRIGUES, J.A.S.; MENEZES, C.B.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; *et al.* 2015. Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa. p. 229- 246.

SANTIAGO, B. L. S. Processamento de biomassa lignocelulósica para produção de etanol: uma revisão. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, Viçosa, v. 03, n. 07, p. 1011-1022, 2017. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20138/1/artigo.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

SANTOS, G. S. Concorrência ampliada dos produtos do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar no Brasil. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 39-42, ago. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/919537/1/BolfeAgroeRevis.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.

SCHULTZ, E. L. *et al.* Informações tecnológicas sobre sorgo sacarino em documentos de patente. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 33-36, ago. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em: 03 ago. 2021.

SILVA, M. L. S. **AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM QUATRO GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/23933/1/2015_dis_mlssilva.pdf. Acesso em: 17 set. 2021.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L., ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.