

REVISTA  
**DESAFIOS**

ISSN: 2359-3652

V. 11, n. 7, Outubro/2024. Dossiê Especial: Agroenergia Digital  
[https://doi.org/10.20873/Agroenergia\\_2024\\_v11\\_n7\\_7](https://doi.org/10.20873/Agroenergia_2024_v11_n7_7)

**RENDIMENTO DE ETANOL DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EM DIFERENTES ÉPOCAS DE CORTE**

*ETHANOL YIELD OF SWEET SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) GENOTYPES AT DIFFERENT CUTTING TIMES*

*RENDIMIENTO DE ETANOL DE GENOTIPOS DE SORGO DULCE (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN DIFERENTES TIEMPOS DE CORTE*

**Cibele Resplande Martins:**

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas-TO, Brasil,  
Email: [cibeleresplande@gmail.com](mailto:cibeleresplande@gmail.com). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-6055>

**Flávia Lucila Tonani:**

Docente do Programa de Pós-graduação em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas-TO, Brasil. E-mail: [flaviatonani@uft.edu.br](mailto:flaviatonani@uft.edu.br). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-5582>.

**Domingos Bonfim Ribeiro dos Santos:**

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas-TO, Brasil.  
E-mail: [migos@mail.uft.edu.br](mailto:migos@mail.uft.edu.br). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4471-6890>.

**Janerson Castro Coelho:**

Mestre em Agroenergia Digital, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas-TO, Brasil.  
Email: [janerson\\_castro@hotmail.com](mailto:janerson_castro@hotmail.com). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1179-2176>

Artigo recebido em janeiro de 2024 aceito em setembro de 2024 publicado em outubro de 2024

**Como citar este artigo:**

MARTINS, C. R.; TONANI, F. L.; SANTOS, D. B. R. dos; COELHO, J. C. Rendimento de etanol de genótipos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em diferentes épocas de corte **Desafios. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**. Palmas, v. 11, n. 7, p. 1 - 17, out. 2024. DOI: [https://doi.org/10.20873/Agroenergia\\_2024\\_v11\\_n7\\_7](https://doi.org/10.20873/Agroenergia_2024_v11_n7_7)

## RESUMO

O sorgo sacarino tem grande potencial bioenergético e possui características interessantes quanto à rusticidade, adaptabilidade e produtividade, porém estudos mais conclusivos quanto à recomendação de cultivares, produtividade e época ideal de corte são necessários para minimizar os riscos e potencializar os resultados. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar três genótipos de sorgo sacarino e identificar a melhor época de colheita para obtenção de maior rendimento de etanol nas condições de solo e clima da região central do estado do Tocantins. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os genótipos de sorgo sacarino (cultivar BRS511 e linhagens 201813B 01 e 201814B 01) e nas subparcelas as quatro épocas de corte, aos 75, 90, 105 e 120 dias após a semeadura (DAS), com quatro repetições. Avaliou-se as características agrônomicas e industriais do sorgo sacarino para produção de etanol e concluiu-se que o genótipo e a época de colheita interferem diretamente na produção de etanol. Dentre os materiais estudadas, destacou-se o BRS 511, que apresentou maior produção de etanol mantendo a alta até 120DAS.

**Palavras-chave:** biocombustíveis, agroenergia, rendimento de suco

## ABSTRACT

*Sweet sorghum has great bioenergetic potential and has interesting characteristics in terms of rusticity, adaptability and productivity, but more conclusive studies regarding the recommendation of cultivars, productivity and ideal cutting time are needed to minimize risks and enhance results. Thus, the objective of this work was to evaluate three genotypes of sweet sorghum and identify the best harvest time to obtain a higher ethanol yield under the soil and climate conditions of the central region of the state of Tocantins. The experimental design used was in randomized blocks in subdivided plots, with the genotypes of sweet sorghum in the plots (cultivar BRS511 and lines 201813B 01 and 201814B 01) and in the subplots the four cutting times, at 75, 90, 105 and 120 days after sowing (DAS), with four replications. The agronomic and industrial characteristics of sweet sorghum for ethanol production were evaluated and it was concluded that the genotype and the harvest time interfere directly in the production of ethanol. Among the materials studied, the BRS 511 stood out, which showed the highest ethanol production, maintaining the high up to 120DAS.*

**Keywords:** biofuels, agroenergy, juice yield

## RESUMEN

*El sorgo dulce tiene un gran potencial bioenergético y características interesantes en términos de rusticidad, adaptabilidad y productividad, pero se necesitan estudios más concluyentes en cuanto a la recomendación de cultivares, productividad y tiempo ideal de corte para minimizar riesgos y potenciar los resultados. Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar tres genotipos de sorgo dulce e identificar el mejor momento de cosecha para obtener un mayor rendimiento de etanol en las condiciones edafoclimáticas de la región central del estado de Tocantins. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar en parcelas subdivididas, con los genotipos de sorgo dulce en las parcelas (cultivar BRS511 y líneas 201813B 01 y 201814B 01) y en las subparcelas los cuatro tiempos de corte, a los 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra (DDS), con cuatro repeticiones. Se evaluaron las características agronómicas e industriales del sorgo dulce para la producción de etanol y se concluyó que el genotipo y la época de cosecha interfieren directamente en la producción de etanol. Entre los materiales estudiados, se destacó el BRS 511, que presentó la mayor producción de etanol, manteniendo la alta hasta 120DAS.*

**Palabras clave:** biocombustibles, agroenergía, rendimiento de jugo

## INTRODUÇÃO

A necessidade de diversificação da matriz energética e a crescente demanda por fontes de energia renováveis são temas de grande relevância na atualidade. O Brasil, um país com grande potencial agrícola e com domínio de tecnologias envolvidas no processo, apresenta uma oportunidade para a produção de biocombustíveis a partir de produtos do agro. O sorgo sacarino é uma cultura que vem se destacando como uma fonte promissora para a produção de etanol de primeira geração, devido ao seu alto teor de açúcares solúveis e à sua adaptação a diferentes condições climáticas e edafoclimáticas.

No Brasil, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é uma história de sucesso tecnológico (FERNANDES, 2014). No entanto, de acordo com Emygdio (2018), as exigências edafoclimáticas da cana-de-açúcar limitam seu cultivo em várias regiões do país. Nesse sentido, o Sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) surge possibilidade de produzir biocombustível a partir do caldo, que pode ser utilizado na produção de etanol de primeira geração, por meio de processo fermentativo. Já as fibras, principais componentes do bagaço, podem ser aproveitadas na cogeração de eletricidade ou na produção de etanol de segunda geração, por meio da hidrólise enzimática, que transforma a celulose em açúcares fermentáveis (MAY et al., 2013). Além disso, pode ser uma alternativa de cultivo na entressafra da cana de açúcar, evitando a ociosidade das destilarias (FERNANDES, 2014; CECCON et al., 2018) pois ciclo curto de 90 a 120 dias, facilidade de mecanização do plantio à colheita, tolerância à seca e à solos de baixa fertilidade (KHALIL et al., 2015; CÂMARA et al., 2018).

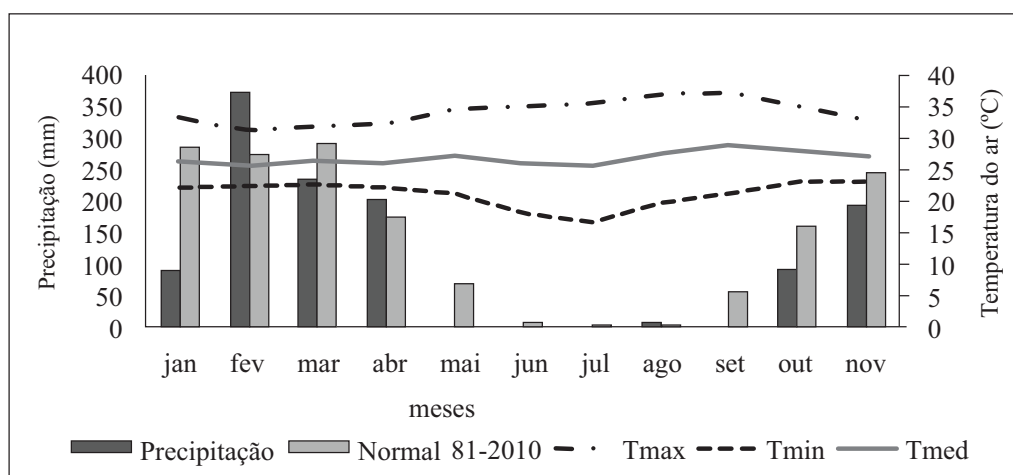
No entanto, a produção de sorgo sacarino pode ser influenciada por fatores como a época de plantio, o manejo da cultura e as condições climáticas, o que pode afetar sua produtividade e qualidade para uso na produção de etanol. Nesse contexto, avaliar a influência de diferentes épocas de corte do sorgo sacarino e da biomassa produzida na produção de etanol pode ser uma alternativa para melhorar a eficiência do processo produtivo e reduzir os custos de produção.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de etanol a partir de diferentes épocas de corte do sorgo sacarino e da biomassa produzida, a fim de identificar a melhor época para realização do corte e maximizar a produção de etanol. Além disso, espera-se contribuir para o conhecimento técnico-científico da cultura do sorgo sacarino e para a promoção do uso de fontes de energia renováveis, com potencial para impulsionar o desenvolvimento sustentável do país.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a junho de 2019, na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas (TO), com coordenadas geográficas latitude 10°10'50.6"S e longitude 48°21'23.8"W, altitude de 220 metros. As condições ambientais foram registradas na estação meteorológica localizada na cidade Palmas - TO, durante a condução do experimento (Figura 1):

**Figura 1** - Dados médios mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperaturas (°C) máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) durante o período de 01/01 a 30/11/2018 obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Pesca e Aquicultura – Agrotins Palmas TO.



Fonte: Embrapa Pesca e Aquicultura (2018).

O objetivo do experimento foi avaliar o desempenho de genótipos de sorgo sacarino (BRS511(sacarino), 201813 (biomassa-B) e 201814 (biomassa-B)) em relação a quatro épocas de corte (aos 75, 90, 105 e 120 dias após a semeadura - DAS), utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelas cultivares e as subparcelas pelas épocas de corte. Cada parcela foi constituída por 4 fileiras de 5 metros de comprimento com espaçamento entre linha de 0,70 m, sendo as duas linhas centrais consideradas a área útil das parcelas e as duas linhas laterais como bordadura. O solo da área experimental, recém-aberta, é classificado como Latossolo vermelho-amarelo distrófico, textura arenosa (EMBRAPA, 2018), com as seguintes características químicas e físicas: pH (H<sub>2</sub>O) = 4,67, textura média (%) com 71,9% de areia, 22,2% de argila, 5,9% de silte, saturação por base (V%) = 2,17, CTC = 3,68 cmolc dm<sup>-3</sup>, soma de bases = 0,08 cmolc dm<sup>-3</sup>, P = 0,22 mg dm<sup>-3</sup>, Ca = 0,03 cmolc dm<sup>-3</sup>, Mg = 0,01 cmolc dm<sup>-3</sup>, K = 0,04 cmolc dm<sup>-3</sup>, Al = 0,49 cmolc dm<sup>-3</sup>, H+Al = 3,60 cmolc dm<sup>-3</sup>, e MO = 10,29 gdm<sup>-3</sup>.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional e a correção da acidez do solo foi feita utilizando-se o calcário dolomítico (Filler), na quantidade de 1,2 t. ha<sup>-1</sup>. Na adubação de plantio foi aplicado 71,5 kg.ha<sup>-1</sup> de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sulfato de Amônio), 486 kg.ha<sup>-1</sup> de SS (Superfosfato Simples) e 71,5 kg.ha<sup>-1</sup> de KCl (Cloreto de Potássio). As sementes dos genótipos de sorgo sacarino foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, da Embrapa Milho e Sorgo situada em Sete Lagoas - MG. Após 20 dias da semeadura, foi realizado o desbaste deixando 10 plantas por metro linear, para obter o estande de 140.000 plantas/ha. Trinta dias após o plantio, no estágio de 4 a 6 folhas desenvolvidas, foi realizada a adubação de cobertura com a aplicação de 429 kg. ha<sup>-1</sup> de Sulfato de Amônio e 114 kg. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio. Foi realizado o controle de ervas daninhas com capina manual e, para o controle de pragas, utilizou-se os inseticidas Lufenurom + Metomil na dosagem de 145 mL. ha<sup>-1</sup>, 45 e 60 dias após a semeadura no período da manhã.

A primeira colheita foi realizada aos 75 dias após a semeadura, a segunda, após 90 dias, a terceira após 105 dias, e a quarta aos 120 dias. Em cada época de colheita foi realizado corte manual de todas as plantas da área útil da parcela na altura de 10 cm acima do solo. Após o corte, retirou-se a panícula de todas as plantas, e foram pesados os colmos.

## **Parâmetros Avaliados**

### **Características Agronômicas**

- **Florescimento:** número de dias decorridos da semeadura até o florescimento (50% das plantas da parcela apresentando flores abertas)
- **Altura da planta:** realizada no dia anterior ao corte das plantas. Foram medidas seis plantas/parcela utilizando-se uma régua graduada. Para a altura, foi considerada a medida da superfície do solo ao ápice da panícula
- **Produção de Massa verde (PMV):** foram pesadas todas as plantas, sem panículas, das duas linhas centrais de cada parcela. A pesagem foi realizada em balança manual, e o peso expresso em t. ha<sup>-1</sup>
- **Produção de Matéria Seca (t. ha<sup>-1</sup>) e Teor de MS (%):** foram escolhidas ao acaso 5 plantas, sem panículas, e desfibradas, retirando-se uma amostra de 1000 gramas para secagem em estufa de ventilação forçada por 72h a 60° C e seu peso foi calculado em t. ha<sup>-1</sup>.

Para determinar o percentual de matéria seca foi realizado o seguinte cálculo:

$$\%MS = (\text{Peso amostra seca} / \text{Peso amostra úmida}) \times 100.$$

O rendimento de caldo foi estimado selecionando selecionadas 6 plantas, sem panícula, colhidas na área útil da parcela. Os colmos foram limpos, retiradas as folhas, e pesadas em balança digital. Em seguida, a extração do caldo foi realizada em moenda de um terno, na qual, os colmos foram passados duas vezes para a extração total do caldo. Utilizou-se uma peneira de plástico com tela de nylon para eliminar as impurezas do caldo. O peso (g) do caldo em uma balança digital e, o volume (ml) através de uma proveta graduada de 1000 ml.

### **Características físico-químicas**

- Determinação dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix): o °Brix foi determinado em caldo filtrado em papel de filtro qualitativo, utilizando um Refratômetro Digital Portátil de Bancada (0 a 45°Brix), BRIX RI - CHEK Reichert. Technologies a partir da sexta gota, de acordo com método proposto pela AOAC (1990).
- Estimativa da produção de etanol: foi utilizada a metodologia proposta por Finguerut (1985). A produção de etanol foi estimada aplicando - se a seguinte fórmula:

$$\text{Etanol (l. ha}^{-1}\text{)} = (\text{BRIX (\%)} \cdot \text{VC (l.ha}^{-1}\text{)} \cdot \text{RE (\%)/D}$$

Onde:

VC = Volume de Caldo

RE = Rendimento de etanol = 0,4649 / kg de açúcares totais e

D= Densidade do etanol = 0,789.

### **Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias do fator genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 1 e 5% de significância. Mediante o teste F significativo, procedeu-se à regressão para comparação das épocas de corte, utilizando-se o programa AgroStat.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Características Agronômicas**

A análise de variância apresentada na Tabela 1 demonstra que houve diferença significativa entre os genótipos e entre época de corte para as variáveis: altura de planta, florescimento e produção de matéria verde ( $p \leq 0,05$ ). Já para produção de matéria seca, teor de matéria seca e produção de caldo

houve interação entre genótipo e época de corte ( $p \geq 0,5$ ). De forma geral, os coeficientes de variação foram inferiores a 10%, revelando considerável precisão da experimentação.

**TABELA 1** - Resumo das análises de variância para os caracteres Altura, florescimento (FLOR), Produção de massa verde, produção de massa seca (PMS), Teor de massa seca (MS), Rendimento de caldo (CALDO)

FONTE DE VARIACÃO	QUADRADO MÉDIO			
	ALTURA	FLOR	PMV	PMS
Cultivares	1,68860000**	944,038102**	104161113**	3669359,54ns
Resíduo (a)	0,1756	5,696157639	4322609,032	1264408,339
Épocas	0,57952291**	0,11365763ns	958238481**	44417948,4**
Cultivares x Épocas	0,14563333ns	4,11865763ns	5406898,87ns	1162119,043*
Resíduo (b)	0,59916875	1,925879861	3454566,492	467808,9607
FONTE DE VARIACÃO	QUADRADO MÉDIO			
	MS	CALDO		
Cultivares	80,9558333**	819850079**		
Resíduo (a)	6,603888889	8154694,704		
Épocas	238,785000**	122683183**		
Cultivares x Épocas	5406898,87**	16119068,9**		
Resíduo (b)	2,227777778	3957142,051		

GL - graus de liberdade. \* e \*\* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, ns - não significativo.

Na Figura 2, são apresentados dados de altura média de plantas de diferentes genótipos de sorgo em diferentes idades de corte.

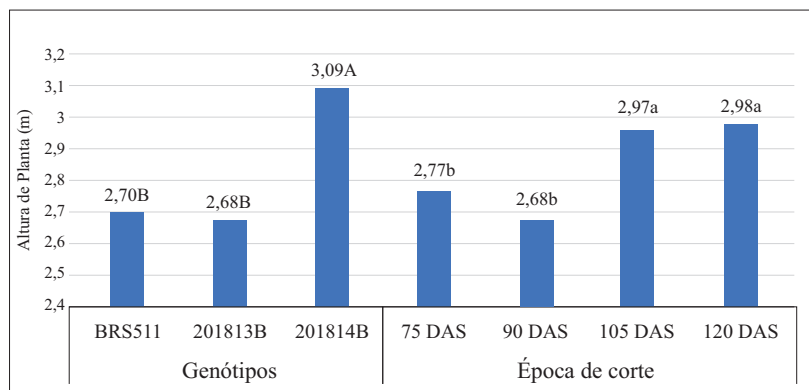
Os resultados mostraram que, entre os genótipos testados, o 201814B apresentou o maior potencial de crescimento ( $p < 0,05$ ) com 3,09 m, seguido pelo BRS511 com 2,70 m e 201813B com 2,68 m, que foram semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Aos 105 dias após a semeadura, todos os materiais atingiram o pico de altura, o que não diferiu daquele em 120 dias após a semeadura, que pode ser o momento ideal para otimizar a produção de matéria seca. No entanto, é importante verificar a redução no volume de suco e a tendência ao acamamento.

A altura das plantas pode ser influenciada por fatores genéticos, climáticos, edáficos e de densidade de semeadura.

Cavalcante (2017) também encontrou variabilidade na altura das plantas entre cultivares, com uma média de 4,52 m para Palo Alto e 2,71 m para Malibu, em estudos com cultivares de sorgo Palo Alto e Malibu em Rio Verde - GO..



**Figura 2** - Altura da planta (m) em genótipos de sorgo em diferentes idades de corte (DAS - Dias após a semeadura), sob as condições climáticas do município de Palmas -TO

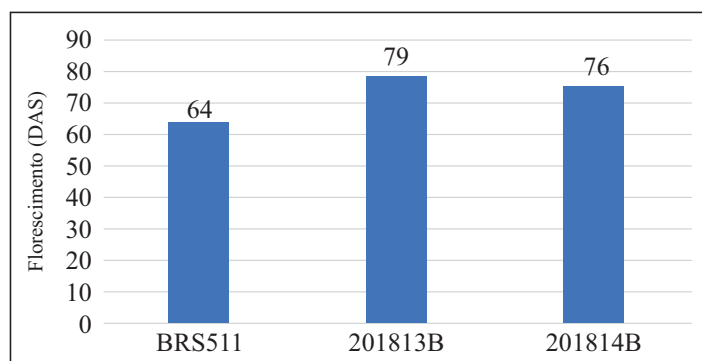


Letras maiúsculas iguais comparam genótipos e não diferem entre si ( $p>0,05$ ) e letras minúsculas iguais comparam épocas de corte e não diferem entre si ( $p>0,05$ )

Em relação aos dados de floração (Figura 3), BRS 511 apresentou o tempo de floração mais precoce ( $p < 0,05$ ), com uma média de 64 dias após a semeadura. Os genótipos 201814B e 201813B floresceram aos 76 e 79 dias após a semeadura, respectivamente, mas não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,5$ ). Determinar o período de floração necessário em sorgo sacarino é importante, especialmente para a segunda safra, uma vez que o Cerrado do Tocantins tem uma estação chuvosa curta durante a segunda safra, e as culturas mais adaptadas ao estresse hídrico e ciclo precoce podem ser mais vantajosas nessas condições.

Resultados semelhantes foram obtidos por Giacomini et al. (2013), que avaliaram 25 cultivares de sorgo sacarino em Guaraí - TO, com tempos médios de floração de 60,66 dias após a semeadura para BRS 506 e 63,33 dias após a semeadura para BR 507 na região central do estado do Tocantins.

**Figura 3** - Florescimento em dias após a semeadura (DAS) de sorgo sacarino em diferentes épocas de corte, no município de Palmas - TO



Letras distintas diferem entre si pelo teste Turkey a 5%

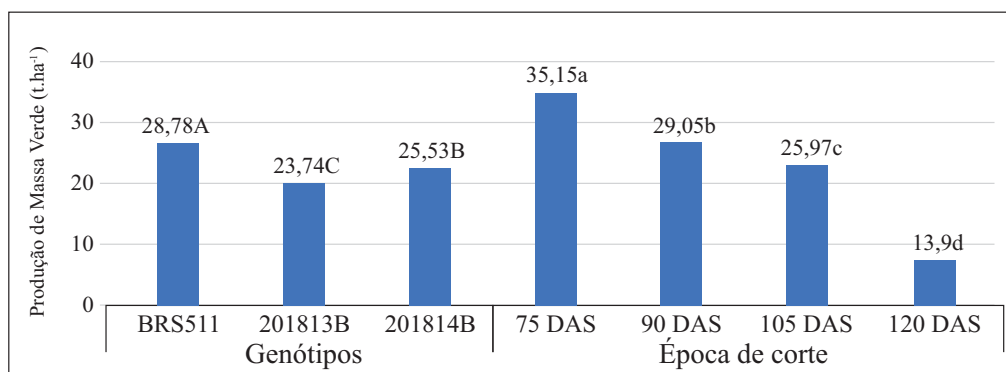


O estudo de Oliveira et al. (2022) avaliou dezesseis genótipos de sorgo sacarino em Cáceres-MT e encontrou que os genótipos BRS511 e CMSXS646 tiveram os melhores desempenhos para a variável florescimento, com média de 60,50 dias. Além disso, a produção de massa verde (PMV), diretamente relacionada à produção de caldo, foi avaliada, e o genótipo BRS511 foi superior aos cultivares de sorgo biomassa ( $p < 0,5$ ), com produção média de 28,78 t/ha e pico de 38,67 t/ha, seguido pelo genótipo 201814B com 25,53 t/ha e 201813B com 23,74 t/ha. A máxima PMV em todos os materiais foi observada no corte realizado aos 75 DAS (Figura 4).

Em outro estudo, Cecon et al. (2018) avaliaram o desempenho agrônômico de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e tipos de solo. O cultivar BRS 511 apresentou maior produção de biomassa e alta concentração de açúcares totais, sendo ideal para ser cultivado em solo argiloso e apresentando bom potencial para produção de etanol.

É importante destacar que, embora a produção de etanol do sorgo sacarino derive do caldo, o bagaço também pode ser utilizado para a produção de etanol 2G, o que potencializa a utilização desses cultivares para a produção de bioenergia. As citações apresentadas trazem discussões importantes sobre os resultados encontrados nos estudos, o que é útil para selecionar o melhor genótipo de sorgo sacarino para diferentes finalidades e otimizar a produção na região.

**Figura 4** - Produção de massa verde (PMV em  $t \cdot ha^{-1}$ ) de sorgo sacarino em diferentes épocas de corte, em Palmas - TO



Letras maiúsculas iguais comparam genótipos e não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ) e letras minúsculas iguais comparam épocas de corte e não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ).

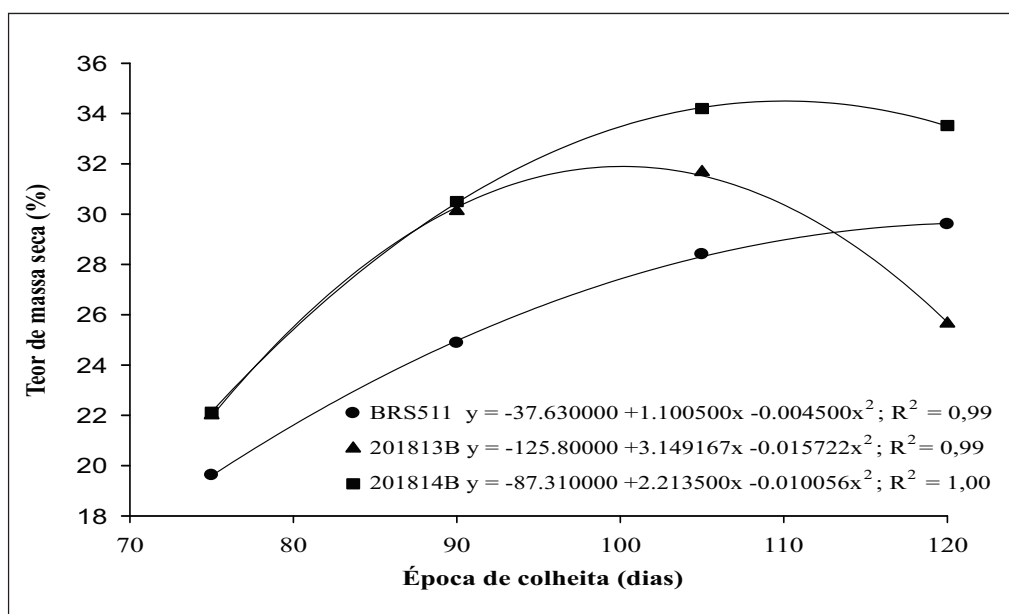
Del Aguila et al. (2020) realizaram um estudo com as cultivares BRS 511 e BRS 506 em diferentes densidades de plantas e espaçamentos entre linhas. Eles observaram que a produção de biomassa verde variou de 22,6 a 44,6 ( $t \cdot ha^{-1}$ ) para a cultivar BRS 511, dependendo da densidade e do espaçamento das plantas. Estudos anteriores mostraram que a produção de sorgo sacarino é

influenciada pela radiação solar, comprimento dos dias e condições adequadas de crescimento, sendo que condições de estresse podem levar a reduções na produção (CAVALCANTE et al., 2017; CÂMARA et al., 2018).

Pereira et al. (2020) avaliaram 36 genótipos de sorgo sacarino em dois locais diferentes em Minas Gerais e verificaram diferenças significativas na produção de massa verde entre os locais, sendo que para a cultivar BRS 511, as médias foram de 50,33 t.ha<sup>-1</sup> e 33,10 t.ha<sup>-1</sup> em Lavras e Sete Lagoas, respectivamente.

Na avaliação da biomassa, os parâmetros interessantes são o rendimento e o teor de massa seca, especialmente quando há aproveitamento do material residual para produção de energia térmica ou etanol de segunda geração. Aos 75 dias após a semeadura, os genótipos apresentaram teores de massa seca semelhantes, com valores de 19,64% para BRS511, 22,00% para 201813B e 22,12% para 201814B. Os genótipos 201813B e 201814B apresentaram maiores teores de matéria seca em relação à cultivar BRS511, alcançando valores próximos a 31,67% e 34,20%, respectivamente, aos 105 dias após a semeadura. A cultivar BRS511 apresentou comportamento distinto, com os menores teores de massa seca, o que pode ser vantajoso para a produção de etanol de primeira geração. A Figura 5 apresenta o teor de massa seca em função da época de colheita do sorgo sacarino produzido em Palmas, Tocantins.

**Figura 5** - Teor de massa seca em função da época de colheita de sorgo sacarino produzido no município de Palmas-TO

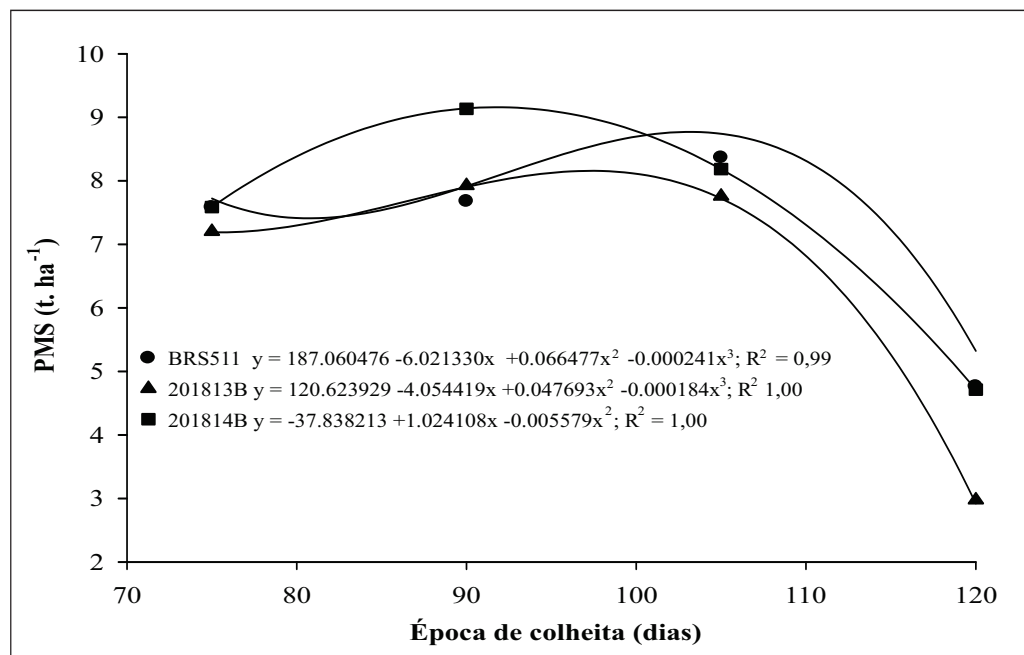


Ao avaliar a produção de matéria seca (Figura 6), constatou-se que o sorgo 201814B obteve o melhor desempenho, atingindo o pico de produção em torno

dos 90 DAS, com 9,13 t. ha<sup>-1</sup>. Ademais, é possível notar uma relação positiva entre a variável altura de planta e produção de matéria seca, em que os genótipos mais altos apresentaram maior PMS (t. ha<sup>-1</sup>).

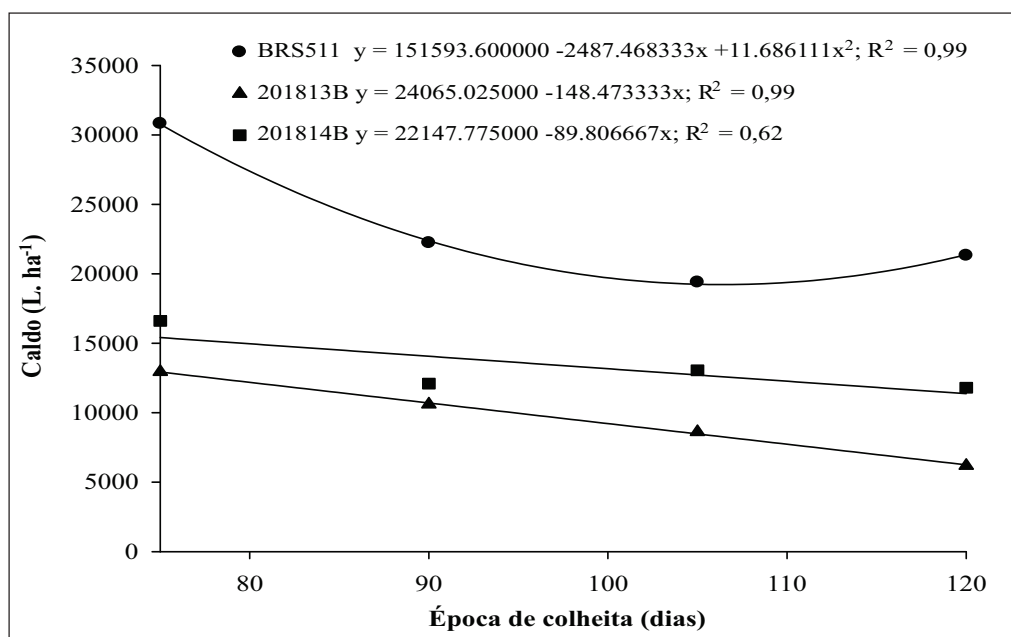
Esses resultados corroboram com o estudo de Batista et al. (2017a), que concluíram que a produção total de massa seca está diretamente relacionada à altura da planta e com a duração do ciclo dos genótipos. Entretanto, o baixo rendimento em PMS neste experimento (Figura 6) pode ser atribuído às condições edáficas da área experimental. Tratava-se de uma área de primeiro ano de cultivo com baixo potencial de fertilidade e que enfrentou um forte veranico durante o experimento

**Figura 6** - Produção de massa seca (PMS) em função da época de colheita de sorgo sacarino produzido no município de Palmas-TO



Na Figura 7, é apresentado o rendimento de caldo das diferentes cultivares estudadas, sendo que a cultivar BRS 511 apresentou os maiores valores de volume de caldo, atingindo 30817 L. ha<sup>-1</sup> (p<0,5), o que foi muito superior aos materiais biomassa. Os genótipos 201814B e 201813B alcançaram cerca da metade da produção de caldo, com picos de produção no final do estágio vegetativo, com valores de 12948,08 L. ha<sup>-1</sup> e 16609,03 L. ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Além disso, foi observada uma relação inversa entre o volume de caldo e o florescimento, indicando que o aumento do florescimento pode reduzir o rendimento de caldo. Esses resultados corroboram com estudos anteriores, como o de Silva et al. (2018), que também relataram a influência do estágio fenológico na produção de caldo da cultura do sorgo.

**Figura 7** - Volume de caldo em função da época de colheita de sorgo sacarino de sorgo sacarino produzido no município de Palmas-TO

Correlacionando volume de caldo e florescimento pode-se dizer que há uma relação inversa entre estas variáveis sendo que o florescimento médio para os três materiais ocorreu aos 75 DAS e pela Figura 7, nota-se que a produção de caldo já estava com tendência de queda.

Houve interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre sorgo e épocas para as variáveis: °Brix e produção de etanol (Tabela 2).

**Tabela 2** - Resumo das análises de variância para os caracteres Sólidos solúveis totais (°Brix, %), etanol (L. ha<sup>-1</sup>).

Fonte de Variação	QUADRADO MÉDIO	
	°Brix	Etanol
Cultivares	49,110833333**	8883870,9296**
Resíduo (a)	0,4758333333	34334,951647
Épocas	135,17909722**	308314,54751**
Cultivares x Épocas	2,1638888889*	129989,10096**
Resíduo (b)	0,8380324074	21998,434205

GL- graus de liberdade. \* e \*\* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, ns -não significativo

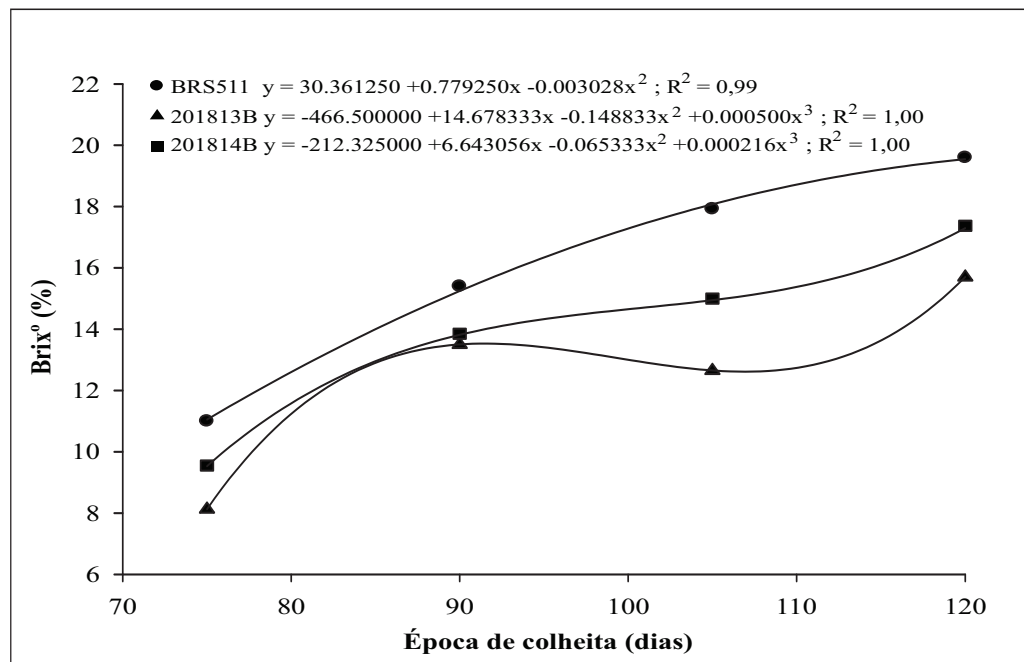
A cultivar BRS 511 obteve os maiores ( $p \leq 0,5$ ) °Brix, 19,60% aos 120 DAS (Figura 8) destacando-se entre os demais materiais ( $p \leq 0,05$ ), provavelmente por

se tratar de um material sacarino, destinado à produção de etanol de primeira geração. Já os materiais biomassa apresentaram 16,9 e 15,5% de °Brix, aos 120 DAS. É possível verificar uma tendência de aumento crescente no teor °Brix conforme a época de corte avança.

Valores máximos de °Brix obtidos por Teixeira (2017) para a cultivar BRS511, foram de 14,43% aos 112 DAS e 16,13% aos 122 DAS. Batista et al 2018b confirmam a superioridade da cultivar BRS 511 e afirmaram que quantidade de açúcares produzidos não variou em função do ciclo, mas, sim, a qualidade dos açúcares (sacarose, glicose e frutose) variou de acordo com a cultivar

A seleção de genótipos com maiores °Brix é indicada pois o teor de açúcares está diretamente relacionado com a eficiência de conversão em etanol. Diversos fatores podem limitar o °Brix em sorgo sacarino como o material genético, condições edafoclimáticas, período de colheita e eficiência de processos de transporte e de conversão industrial.

**Figura 8** - Brix° do caldo em função da época de colheita de sorgo sacarino de sorgo sacarino produzido no município de Palmas-TO

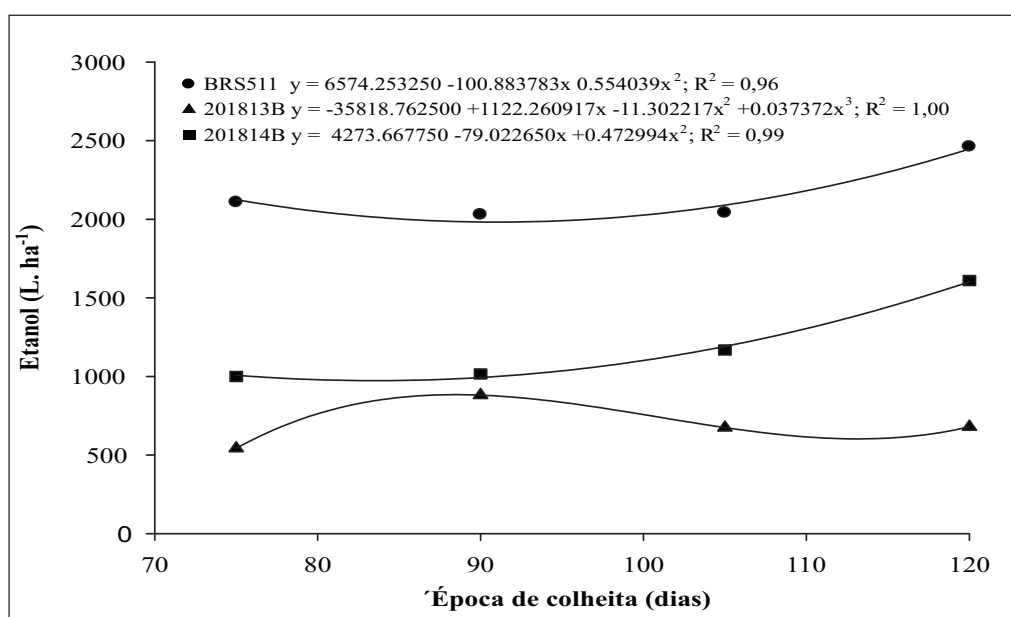


O estudo realizado por Del Aguila et al. (2020) investigou as cultivares BRS 511 e BRS 506 em diferentes densidades de plantas e espaçamentos entre linhas na área experimental da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS. Foi constatado que houve valores levemente inferiores de °Brix para a cultivar BRS 511, que variou de 14,2% a 14,8%, dependendo da densidade e espaçamento de plantas.

A estimativa da produção de etanol é baseada na equação estequiométrica do índice de etanol, que retrata as condições atuais de fermentação (FINGUERUT et al., 1985). Foi observada interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as cultivares e o período de colheita, reforçando a importância da caracterização adequada dos genótipos e da determinação do melhor momento para realizar o corte.

A Figura 9 apresenta a estimativa de produção de etanol, que variou de 2462,29 litros a 542,08 litros de etanol, dependendo da cultivar e do período de corte. A produção de etanol ainda estava aumentando em todos os materiais avaliados aos 120 DAS, indicando a necessidade de avaliação em períodos de corte superiores a 120 dias.

**Figura 9** - Estimativa de produção de etanol em função da época de colheita de sorgo sacarino de sorgo sacarino produzido no município de Palmas-TO



Del Aguila et al. (2020) conduziram um experimento com as cultivares de sorgo sacarino BRS 511 e BRS 506 em três densidades de plantas (120, 140 e 160 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e dois espaçamentos entre linhas (0,50 e 0,70m) na área experimental da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS. Os resultados obtidos mostraram valores levemente inferiores de grau Brix (°Brix), sendo que para a cultivar BRS 511, o °Brix variou de 14,2% a 14,8%, dependendo da densidade e espaçamento de plantas.

Os autores destacaram a importância da caracterização de cultivares e genótipos, além da determinação do melhor período para realização do corte, tendo em vista a interação significativa entre cultivares e época de colheita ( $p \leq 0,05$ ). Os dados

obtidos indicaram que a produção de etanol variou de 2462,29 litros a 542,08 litros por hectare, dependendo da cultivar e época de corte. Observou-se que, aos 120 dias após o plantio, a produção de etanol ainda estava em crescimento em todos os materiais avaliados, o que sugere a necessidade de avaliar datas de corte superiores a 120 dias.

Em relação à produção de etanol, a cultivar sacarino BRS 511 foi a que apresentou maior rendimento de etanol de 1ª geração, produzindo 2462,29 L.ha<sup>-1</sup>, o que foi estatisticamente diferente dos demais ( $p \leq 0,05$ ). Esta cultivar produziu 279% mais etanol do que os materiais biomassa 201813B e 152% a mais do que o 201814B.

Câmara et al. (2018) realizaram um estudo sobre a qualidade industrial de 20 genótipos de sorgo sacarino para produção de bioetanol, utilizando irrigação suplementar. A variedade BRS 511 apresentou uma produção média de etanol que variou de 75,7 a 67,5 L.t<sup>-1</sup>, entre as colheitas de safra e safrinha, respectivamente, sendo a produção da safrinha equivalente a aproximadamente 89,16% em relação à safra principal.

Em geral, os resultados obtidos para a estimativa de etanol foram inferiores aos da literatura para a cultivar BRS 511 cultivada no período da safra. Isso pode ter ocorrido devido ao plantio no período safrinha, principalmente no início de fevereiro, que pode ter ocasionado perdas significativas de produtividade, associado às condições de fertilidade limitante do solo.

## **CONCLUSÕES**

No presente experimento procurou-se avaliar a produção de etanol de primeira geração de sorgo sacarino (BRS511) e sorgo biomassa (201813 e 201814) e sob as condições climáticas de avaliação concluiu-se que o sorgo BRS teve um potencial maior de produção (2642,29 l.ha<sup>-1</sup>) aos 120 dias após plantio. Porém, seria interessante avaliar os mesmos genótipos para a produção de etanol de segunda geração para se comparar o potencial total dos materiais em estudo.

### ***Agradecimentos***

À Capes, por intermédio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD-AM).

Ao Programa de Pós-graduação em Agroenergia Digital da Universidade Federal do Tocantins – UFT.



## Referências Bibliográficas

BATISTA, V. A. P.; BARROS, A. F DE; RIBEIRO, M .P.; BENGALA, P. S. P.; PIMENTEL, L. D. Produtividade de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em duas épocas dee corte productivity of sorghum biomass, saccharine and forage in two cutting times. **Anais...** Palmas: UFT. 2017A. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/anais/agroenergia/11/Resumos/ResumoAgroenergia\\_2017\\_0015.pdf](http://www.infobibos.com/anais/agroenergia/11/Resumos/ResumoAgroenergia_2017_0015.pdf)>. Acesso em: 3 fev. 2023.

BATISTA, V. A. P.; BATISTA, V. Z. P.; PIMENTEL, L. D.; BARROS, A. F. de; MOREIRA, T. da S.; DIAS, L. A. dos 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. 2018b. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/921>>. Acesso em: 24 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.18512/rbms2022vol21e1236>

CÂMARA, T. M. M.; PARRELLA, R. A. da C.; SILVA, H. de E. da. 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. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p216-228>.

CAVALCANTE, T. J.; GIONGO, P. R.; BARBOSA, K. de P.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, A. A.; VITAL, R. G. Características agronômicas de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas na região do Sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 46. 2017.

DEL AGUILA, L. S. H.; GEHLING, R. K.; ROANI, T. D. F. M.; DEL AGUILA, J. S. Melhor arranjo de plantas para os genótipos de sorgo sacarino BR 506 e BR 511 visando à produção de etanol /Better plant arrangement for the sweet sorghum genotypes BR 506 and BR 511 aimed at ethanol productionBrazilian **Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 648-653. 2020. DOI: [10.34188/bjaerv3n2-021](https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-021)

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos. 2018. 356 p.

MARTI, E. B. **Produção de sorgo sacarino no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 94 p

FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 6, p.975-981. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000600004>

FERREIRA, O. E. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino com tratamento enzimático**. 2015. 79 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2015. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/128052/000848550.pdf?sequence=1>

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

GIACOMINI, I.; PEDROZA, M. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; 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**, v. 5, n. 3. p.73-81. 2013. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v5n32013531>

GESSÍ, G.; MAKINO, P. A.; ALVES, V.B.; FRACHINELLI, R. F.; LUZ, R. A. da. Produtividade de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e tipos de solo. **Revista de Agricultura**, v. 5, n. 2, p. 69-75. 2018.

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.

MAY, A.; MENDES, S.; SILVA, D. D.; PARRELLA, R. D. C.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; KARAM, D. **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais**. desempenho produtivo de sorgo sacarino cultivado em reforma de canaviais nos últimos anos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2013. (Circular Técnica)

OLIVEIRA, F. T.; OLIVEIRA, T. C. de.; SANTOS, A. A. C.; ANJOS, A. S.; GUSEL, W. W. P.; CORRÊA, A. L.; ELIAS, J. C. F.; TARDIN, F. D.; BARELLI, M. A. A. Produtividade e estabilidade de sorgo sacarino no município de Cáceres-MT. **Research, Society and Development**. v. 11, n. 8. p. 1-13. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30042>

PEREIRA, D. A. **Capacidade combinatória e desempenho de híbridos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench.) com aptidão para produção de biomassa e etanol**. 2020. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2020.

TEIXEIRA, T. P. M.; PIMENTEL, L. D.; DIAS, L. A. dos S.; PARRELLA, R. A. da C.; PAIXÃO, M.Q. da; BIESDORF, E. M. Redefinition of sweet sorghum harvest time: new approach for sampling and decision-making in field. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 579-586, 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.09.002.