

# Sorgo-energia: sacarino, biomassa lignocelulósica e amiláceo.



*Maria Lúcia F. Simeone*



*Rafael A. C. Parrella*

## ***Pesquisadores da Embrapa***

### **1. Utilização do sorgo granífero na indústria de bioenergia – bioetanol de amilácea.**

A bioenergia consolidou-se como uma das principais estratégias brasileiras para a descarbonização, combinando sustentabilidade, competitividade e cinco décadas de experiência (EPE, 2025). No cenário internacional, o Brasil destaca-se como líder do Sul Global e um dos maiores produtores e consumidores de biocombustíveis, exercendo papel central na transição energética mundial.

A crescente demanda por etanol combustível, somada à necessidade de ampliar e diversificar o fornecimento de matéria-prima, traz à tona o interesse por culturas alternativas, entre elas o sorgo granífero, reconhecido por sua composição química, resiliência e adequação a ambientes com maior restrição hídrica (Simeone et al., 2025)

A produção mundial de etanol atingiu 122 bilhões de litros em 2024, crescimento de 8,9% em relação a 2023 (RFA, 2025). Brasil e Estados Unidos foram responsáveis por 81% desse total, consolidando-se como os dois grandes polos mundiais do biocombustível.

O Brasil mantém posição de destaque também no comércio exterior, exportando 1,9 bilhão de litros em 2024 – redução de

26,9% motivada, possivelmente, pelo aumento da demanda interna. Os principais destinos incluíram Coreia do Sul (41,4%), Estados Unidos (16,5%) e Países Baixos (7,9%) (MDIC, 2025).

A produção global de etanol baseia-se em diversas biomassas aptas ao processo fermentativo, como cana-de-açúcar, milho, beterraba, trigo e sorgo RFA, 2024). No Brasil, a predominância é da cana-de-açúcar, enquanto o milho vem crescendo rapidamente como alternativa. Em contraste, a Europa baseia-se principalmente na beterraba ((Voegele, 2022) e os Estados Unidos no milho, com menor participação do sorgo (RFA, 2025).

A trajetória recente do etanol de milho no Brasil é marcada por uma forte expansão. Desde 2016, a produção cresceu 473,8%, atingindo 7,7 bilhões de litros em 2024 (32% acima de 2023) e concentrando-se sobretudo no Mato Grosso (ANP, 2025).

O volume de milho processado quintuplicou entre 2019 e 2024, de 3,4 milhões para 17,3 milhões de toneladas – o que corresponde a 15% da produção nacional e 26% do consumo interno (ANP, 2025; EPE, 2025), conforme a Figura 1.

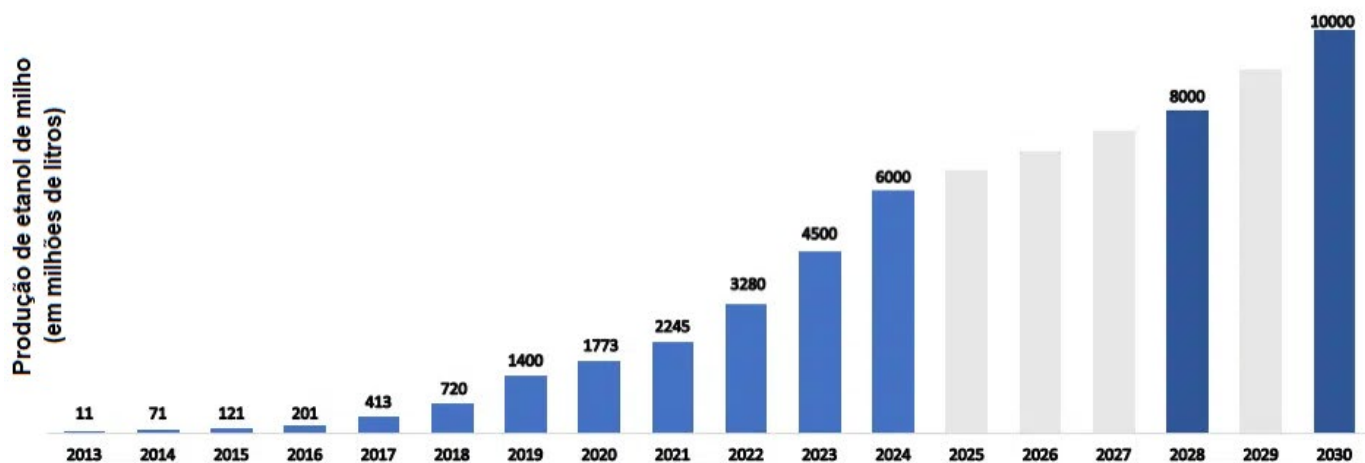


Figura 1. Histórico e projeção da produção de etanol de milho no Brasil. Dados: Unem (2026)

Em 2024, 29 unidades estavam em operação, sendo 18 full (exclusivas ao processamento de milho) e 11 flex (processam cana e milho), com capacidade instalada para processar 20,9 milhões de toneladas de milho por ano e produzir 10,6 bilhões de litros de etanol. A expansão concentrou-se no Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul), com início de instalações no Nordeste, como Coruripe (2024) e Balsas (2025). Há também a perspectiva de instalar novas unidades nas regiões Norte e Nordeste (ANP, 2025).

O rápido crescimento das biorrefinarias intensifica a demanda por matéria-prima no curto prazo. Em regiões com maior risco climático para o milho, a dependência exclusiva dessa cultura torna-se um desafio para o setor, especialmente em ambientes com restrições edafoclimáticas.





Nesse contexto, o sorgo granífero desponta como alternativa estratégica. Sua alta tolerância à seca, ciclo curto e maior estabilidade produtiva elevam seu potencial como fonte complementar de grãos para etanol, sobretudo em áreas de risco agrícola elevado para o milho.

O sorgo é o quinto cereal mais importante do mundo e a base alimentar de cerca de 500 milhões de pessoas. Além de alimento e ração, é considerado uma cultura promissora para biocombustíveis, sendo amplamente cultivado como sequeiro em ambientes que variam do tropical ao temperado.

Em 2023, a área global de cultivo foi de 39,9 milhões de hectares, com produção de 62,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2025). O Brasil ocupou a quarta posição mundial, responsável por 8% da produção, cultivada em 1,3 milhão de hectares. O crescimento nacional tem sido expressivo—cerca de 162% na última década. Entre 2021 e 2023, a média brasileira atingiu 3,3 milhões de toneladas, com destaque para Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

A semelhança na composição dos grãos de milho e de sorgo garante elevada compatibilidade industrial. Instalações projetadas para milho podem operar com sorgo puro ou em misturas (blends) sem necessidade de grandes adaptações, (Kunze, 2009; Hung et al., 2017), (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento médio de produtos, coprodutos e subprodutos a partir do processamento de grãos de milho e de sorgo em usina de etanol de primeira geração.

Categoria	Ícone	Milho	Sorgo	Comentário
Amido <sup>1</sup>		<b>65-75%</b>	<b>64-75%</b>	Teor de amido similar, indicando compatibilidade no processo de fermentação.
Etanol <sup>2,3</sup>		<b>440 L/t</b>	<b>410 L/t</b>	O milho tem um rendimento ligeiramente superior ao de etanol por tonelada.
DDGS <sup>2,3</sup>		<b>212 kg/t</b>	<b>328 kg/t</b>	O sorgo produz significativamente mais DDGS (coproduto valioso para ração animal).
Óleo Técnico		<b>19 L/t</b>	<b>0 L/t</b>	O milho permite a recuperação de óleo técnico no processo de moagem a seco; o sorgo não (ou é negligenciável).

1 Valores obtidos a partir de Hung et al., 2017; Kunze, 2009; 2 Rendimentos obtidos a partir UNEM; 3 Rendimentos obtidos a partir de Sorghum Checkoff, 2025

A composição média do teor de amido no sorgo (64%–74% em base seca) é comparável à do milho (65%–75%) (Zhang, et al., 2019). As principais diferenças estão no teor e na localização do óleo. O milho contém 3%–5% de óleo, predominantemente no gérmen, o que facilita a extração. O sorgo apresenta 1%–3% localizado sobretudo no pericarpo, o que dificulta sua recuperação industrial (EPA, 2018).

Assim, as unidades brasileiras de etanol de milho estão prontas para incorporar o sorgo como matéria-prima, mantendo rendimento competitivo (Barcelos et al., 2011). Os processos industriais de moagem, liquefação, sacarificação, fermentação, destilação e desidratação permanecem praticamente inalterados (Argonne National Laboratory, 2025).

A diferença no teor de óleo reduz a geração de óleo técnico, mas não compromete a competitividade do sorgo, que possui valor de mercado inferior (Agrolink, 2025). Os demais coprodutos, como DDG (Dried Distillers Grains) - grão seco de destilaria) e/ou DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), apresentam pequenas diferenças entre as culturas e ambas são aceitas e comercializadas para alimentação animal, sendo que o DDGS de sorgo tende a apresentar teores mais elevados de proteína e de óleo (Zambelan, et al., 2020; 2019; Li et al., 2022).

A sinergia tecnológica existente facilita a rápida integração do sorgo às unidades produtoras

de etanol de milho. A infraestrutura industrial pode ser compartilhada, assim como a mão de obra, os insumos e os protocolos operacionais.

Além disso, considerando-se cana e milho, a ociosidade média das usinas brasileiras atingiu 37%, indicando margem para aumentar a produção por meio da diversificação das matérias-primas (EPE, 2025; UNICA, 2025). O Brasil também conta com material genético adaptado, práticas agronômicas consolidadas e logística adequada de escoamento, o que amplia o potencial de inclusão do sorgo.

O Brasil obteve a habilitação dos primeiros cinco estabelecimentos para exportação de DDG/DDGS e de 10 unidades para exportação de sorgo para a China. Foram habilitadas quatro unidades no Mato Grosso, quatro em Minas Gerais, uma em Rondônia e uma na Bahia. A China é responsável por mais de 80% das importações globais de sorgo, que somaram mais de US\$ 2,6 bilhões no último ano. Quanto ao DDG, a nova autorização contempla quatro unidades no Mato Grosso e uma no Mato Grosso do Sul. No mesmo período, a China importou mais de US\$ 66 milhões desse produto (MAPA, 2025).

Com as habilitações, o Brasil passa a contar com um canal regular de embarques para o maior importador global de grãos e insumos para ração animal, ampliando a previsibilidade dos contratos e criando espaço para o aumento do volume exportado nas próximas safras.

## **2. A utilização do sorgo-energia (biomassa lignocelulósica e sacarina) na indústria de bioenergia - bioetanol (1G, SS) e biogás biometano e bioeletricidade no Brasil.**

O sorgo biomassa, amplamente reconhecido como sorgo energia, consolidou-se nos últimos anos como matéria-prima estratégica para a cogeração de energia, a gaseificação da biomassa e a produção de biogás. É uma cultura que, devido à sua alta eficiência fotossintética, apresenta crescimento acelerado e elevada produção de biomassa, adaptando-se com plasticidade a climas tropicais e temperados, o que viabiliza seu cultivo em larga escala no Brasil. Além da alta eficiência no uso da água e notável tolerância à estiagem, o sorgo biomassa destaca-se pela eficiência produtiva, em apenas cinco meses, produz volumes massivos de matéria-prima, posicionando-se como uma alternativa energética estratégica, especialmente quando fontes tradicionais de biomassa se tornam escassas (PARRELLA et al., 2021). O manejo da cultura é integralmente mecanizável e a propagação ocorre por sementes, o que reduz consideravelmente os custos operacionais em comparação com outras biomassas, como, por exemplo, o capim-elefante, que exige o uso de mudas.

Sob o aspecto industrial, o sorgo biomassa é uma alternativa técnica viável para a queima direta em caldeiras de geração de vapor, suprindo a escassez de bagaço de cana-de-açúcar durante a entressafra ou substituindo a lenha de eucalipto em processos térmicos e de gaseificação (MORALES et al., 2024). Sua competitividade frente a outras biomassas estabelecidas é reforçada por uma alta capacidade de geração de energia por combustão da biomassa seca, para a produção de pellets e briquetes (SIMEONE et al., 2018; BARBOSA et al., 2022; MORALES et al., 2024). A exploração desse potencial permite alcançar altas produtividades energéticas por hectare em ciclos reduzidos; estudos indicam que a cultura pode produzir cerca de 475 GJ/ha em aproximadamente 180 dias (MORALES et al., 2024). Embora seja sensível ao fotoperíodo, classificada como planta de dia curto, a biomassa de sorgo alcança rendimentos

expressivos de matéria verde e seca, superando frequentemente as marcas de 100 t/ha e 25 t/ha, respectivamente, com um poder calorífico superior, próximo de 4.300 kcal/kg (BATISTA et al., 2016, MORALES, et al., 2024).

Dentro deste cenário de alta produtividade, o híbrido BRS 716 sobressai especificamente pelo seu potencial para a produção de biogás e de metano. Com um rendimento de biomassa fresca de 117 t ha<sup>-1</sup>, essa cultivar possibilitou um rendimento estimado de metano de 11.316 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, valor 7 vezes superior ao registrado para variedades de sorgo sacarino (LAZAROTO et al., 2026). O Potencial Bioquímico de Metano (PBM) observado 296 ± 4,4 LN Kgvs<sup>-1</sup> valida a eficácia do processo de digestão anaeróbia para este híbrido, evidenciando sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e o fortalecimento da cadeia de biogás, uma vez que a produção de biogás segue em expansão no Brasil.

O volume de biogás produzido cresceu cerca de 87% nos últimos 10 anos, o que demonstra o interesse do mercado nacional pelo setor. Com o início da operação das plantas atualmente em fase de implementação e reformulação, a previsão é de um acréscimo de cerca de 574 milhões de Nm<sup>3</sup>/ano de biogás, o que corresponde a um crescimento de aproximadamente 20% na produção nacional (CIBIOGAS, 2023).

Paralelamente, o sorgo sacarino apresenta-se como uma solução para a diversificação e o aumento da oferta de bioetanol. Sua principal vantagem reside na possibilidade de processamento durante a entressafra da cana-de-açúcar, o que otimiza a infraestrutura das indústrias sucroenergéticas (PARRELLA et al., 2021).

Morfologicamente, o sorgo sacarino atinge cerca de 4 metros de altura e caracteriza-se pelo acúmulo de açúcares solúveis em seus colmos, que podem representar até 78% do total de sua biomassa (PARRELLA et al., 2021). Diferentemente das variedades voltadas exclusivamente à produção de biomassa, o sorgo sacarino apresenta colmos ricos em caldo

devido à presença dos alelos recessivos (dd) do gene *dry*. O caldo do sorgo sacarino contém aproximadamente 89,40% de sacarose, 17,58% de glicose e 9,97% de frutose (XUE et al., 2023, MARTINS et al., 2025). Os açúcares presentes no caldo podem ser facilmente extraídos e fermentados, seguindo um fluxo industrial análogo ao da cana-de-açúcar, dispensando adaptações estruturais complexas nas usinas (FERREIRA, 2015). Segundo Martins et al., 2025, os genótipos CMSXS5042, CMSXS5022, CMSXS5040 e CMSXS5041 apresentaram produção de biomassa estável acima de 70 t ha<sup>-1</sup>, sólidos solúveis totais de 14 °Brix e 10 toneladas de Brix por hectare (t<sub>Brix</sub> ha<sup>-1</sup>).

Em termos de rendimento, o sorgo sacarino produz entre 60 e 70 litros de etanol por tonelada processada, enquanto a cana-de-açúcar atinge, em média, 85 litros. Todavia, considerando fatores como o potencial genético e as condições edafoclimáticas, estima-se que o cultivo de sorgo sacarino possa atingir uma produtividade anual de 8.000 L/ha de etanol (MATHUR et al., 2017), consolidando-o como fonte de biomassa para a matriz de combustíveis renováveis.

O avanço dos biocombustíveis no Brasil, aliado às recentes políticas públicas — como a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) e a Lei nº 14.993/2024 (“Combustível do Futuro”) — reforça a necessidade de diversificar as matérias-primas e de assegurar uma transição energética justa e competitiva, (Brasil, 2017; EPE, 2025).

Nesse cenário, o sorgo surge como uma alternativa robusta, capaz de complementar a oferta de grãos e biomassa às biorrefinarias, reduzir riscos produtivos e ampliar a resiliência do setor de bioenergia. Ao integrar inovação, sustentabilidade e eficiência industrial, o país pode fortalecer seu protagonismo global rumo a um futuro pautado pela bioeconomia, descarbonizado, alinhado aos compromissos climáticos globais e à soberania energética renovável.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS –

ANP. Painel Dinâmico de Produtores de Etanol. Brasília, DF: ANP, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/painéis-dinâmicos-da-anp/painéis-e-mapad-inâmicos-de-produtores-de-combustíveis-e-derivados/painel-dinâmico-de-produtores-de-etanol>. Acessado em: 24 nov. 2025.

AGROLINK. Cotações de Grãos: Sorgo. [S.l.]: [S.d.]. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/sorgo>. Acessado em: 23 nov. 2025.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY. GREET Model: Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Technologies. Argonne, IL: Systems Assessment Center, 2023. Disponível em: <https://greet.es.anl.gov/>. Acessado em: 22 nov. 2025.

BATISTA, V. A. P. Avaliação bioenergética de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9283/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021

BARBOSA, M. A. M., BARROS, A. F., PEREIRA, E. S., PARRELLA, R. A. C., & PIMENTEL, L. D. (2022). Sorgo para bionergia. In E. Collicchio & H. R. Rocha (Eds.), Agricultura e mudanças do clima no estado do Tocantins: vulnerabilidades, projeções e desenvolvimento. EdUFT, p.371-391.

BARCELOS, C. A.; MAEDA, R. N.; BETANCUR, G. J. V.; PEREIRA JR., N. Ethanol production from sorghum grains [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]: evaluation of the enzymatic hydrolysis and the hydrolysate fermentability. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 28, n. 4, p. 597–604, out./dez. 2011.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 dez. 2017.

CIBiogás-Centro Internacional de Energias Renováveis. Panorama do Biometano. Setor sucroenergético, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/>

publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf. Acessado em 29 jan 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Análise de conjuntura dos biocombustíveis – ano 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. 112 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 40 CFR Part 80 [EPA–HQ–OAR–2017–0655; FRL–9981–57– OAR] RIN 2060–AT82. (2018). Renewable Fuel Standard Program: Grain Sorghum Oil Pathway <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard/final-rulemaking-grain-sorghum-oil-pathways#rule-summary>. Acessado em 27 Nov. 2025.

FERREIRA, O. E. Produção de etanol a partir de sorgo sacarino com tratamento enzimático. 2015. 98 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

HUNG, Y.-C. et al. Comparison of sorghum and corn starch properties for ethanol fermentation. *Bioresource Technology*, v. 223, p. 91–98, 2017. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.10.069.

KUNZE, J. Corn and sorghum starches. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Ed.). *Starch: Chemistry and Technology*. 3. ed. New York: Academic Press, 2009. p. 183–192. DOI: 10.1016/B978-012746275-2.00009-4

LAZAROTO, A. C., DE PRÁ, M. C., SILVA, J. F. F., TÁPPARO, D. C., ASSIS, D. B., STEINMETZ, R. L. R., ANTES, F. G., PARRELLA, R. A. C., SIMEONE, M. L. F., MAGRINI, F. E., SOPHIATTI, I. V. M., PAESI, S., & KUNZ, A. (2026). Scaling biogas production with a new sorghum cultivar: Biomass yield as a key driver. *Biomass and Bioenergy*, 208, Article 108873. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108873>

LI, J., ZHAO, R., XU, Y., WU, X., BEAN, S. R., & WANG, D. (2022). Fuel ethanol production from starchy grain and other crops: An overview on feedstocks, affecting factors, and technical advances. *Renewable Energy*, 188, 223–239. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.02.038>

MATHUR, S. ET al. Sweet sorghum as biofuel feedstock: recent advances and available

resources. *Biotechnology for Biofuels*, v. 146, n. 10, p. 1-19, 2017 <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0834-9>

MARTINS, A. M., FIGUEIREDO-JÚNIOR, J. M. M., LEMOS, R. C., GUERRA, W. D., FREITAS, F. S., PARRELLA, R. A. C., SIMEONE, M. L. F., & SANTOS, A. S. (2025). Characterization of sweet sorghum genotypes regarding adaptability and stability for biofuel production. *Ciência e Agrotecnologia*, 49, e020524. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549020524>

MORALES, M. M., HOSHIDE, A. K., CARVALHO, L. M. P., & TARDIN, F. D. (2024). Sorghum Biomass as an Alternative Source for Bioenergy. *Biomass*, 4(3), 1017-1030. <https://doi.org/10.3390/biomass4030057>

MDIC. Estatísticas de Comércio Exterior. Brasília. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home> Acessado em: 29 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. FAOSTAT. Roma: FAO, [2024]. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/pt/#data>. Acessado em: 11 ago. 2024.

RFA. Ethanol Industry Outlook. Ellisville MO. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/resources/annual-industryoutlook>. Acessado em: 28 nov. 2025.

Parrella, R. A. C. et al. (2021). Cultivares de sorgo para produção de bioenergia. In C. B. de Menezes. *Melhoramento genético de sorgo Brasília, DF, Embrapa Milho e Sorgo*, (pp. 278- 292).

SIMEONE, M.L.F; MENEZES, C.B.; TARDIN, F.; PARRELLA, R.A. Sorgo para bioenergia: mercado em ascensão. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1142905/1/Sorgo-para-bioenergia.pdf>

Acessado em 03 dez. 2025.

The United Sorghum Checkoff Program. Sorghum checkoff. 2016. <http://www.sorghumcheckoff.com/market-opportunities/renewables/> Acessado em 02 dez. 2025.

União da Indústria de Cana-de-açúcar e Bioenergia (UNICA). Anuário da Bioenergia 2023. São Paulo: UNICA, 2023.

UNIÃO NACIONAL DO ETANOL DE MILHO – UNEM. Dados setoriais. Disponível em: <https://etanoldemilho.com.br/dados-setoriais/>. Acessado em 20 de jan. 2026.

VOEGELE, ERIN. EU Ethanol Production, Consumption Expected to Increase in 2022. Ethanol Producer Magazine, 17 July 2022, [ethanolproducer.com/articles/eu-ethanol-production-consumption-expected-to-increase-in-2022-19446](https://ethanolproducer.com/articles/eu-ethanol-production-consumption-expected-to-increase-in-2022-19446). Acessado em: 1 Dez. 2025.

XUE, X. ETAL. (2023). Sugar accumulation enhancement in sorghum stem is associated with reduced reproductive sink strength and increased phloem unloading activity. *Frontiers*

in *Plant Science*, 14:1233813. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1233813>

ZHANG, G.; LI, C.; DENG, L. Improving sorghum digestibility for ethanol and feed through genetic and processing strategies. *American Journal of Plant Sciences*, v. 10, p. 2335–2350, 2019. DOI: 10.4236/ajps.2019.1010163.

ZAMBELAN, K.; NOWAKE, J.; SZWENGIEL, A.; JELEN, H. Comparison of sorghum and maize raw distillates: Factors affecting ethanol efficiency and volatile by-product profile. *Journal of Cereal Science*, v. 91, art. 102863, 2020.