

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS**

**CULTURA DO SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): UMA  
REVISÃO SOBRE SUA VERSATILIDADE TECNOLÓGICA,  
PROCESSAMENTO E PÓS-COLHEITA**

**NAIARA LOPES DUARTE**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL**

**2021**

**CULTURA DO SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): UMA REVISÃO  
SOBRE SUA VERSATILIDADE TECNOLÓGICA, PROCESSAMENTO  
E PÓS-COLHEITA**

Naiara Lopes Duarte

Orientador: Prof. Dra. Vanderleia Schoeninger

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrícola.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2021

D812c Duarte, Naiara Lopes

CULTURA DO SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): UMA REVISÃO SOBRE SUA VERSATILIDADE TECNOLÓGICA, PROCESSAMENTO E PÓS-COLHEITA [recurso eletrônico] / Naiara Lopes Duarte. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Vanderleia Schoeninger.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Granífero. 2. Forrageiro. 3. Bioenergia. 4. Glúten free. 5. Armazenagem. I. Schoeninger, Vanderleia. II. Título.

**CULTURA DO SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): UMA REVISÃO  
SOBRE SUA VERSATILIDADE TECNOLÓGICA, PROCESSAMENTO  
E PÓS-COLHEITA**

Por

Naiara Lopes Duarte

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 17 de Maio de 2021.

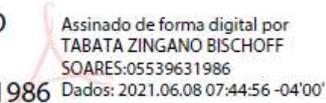


---

Prof. Dr. Vanderleia Schoeninger

Orientador – UFGD/FCA

TABATA ZINGANO  
BISCHOFF  
SOARES:05539631986

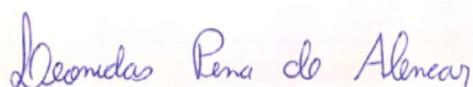


Assinado de forma digital por  
TABATA ZINGANO BISCHOFF  
SOARES:05539631986  
Dados: 2021.06.08 07:44:56 -04'00'

---

Prof. Dra Tábata Zingano Bischoff Soares

Membro da banca – Centro Universitário Leonardo da Vinci – Uniasselvi



---

Prof. Dr. Leonidas Pena de Alencar

Membro da banca – UFGD/FCA

## Dedicatória

*Dedico este trabalho aos meus pais Sônia e Raimundo, minha fonte de inspiração.  
A minha mãe, que sempre me incentivou a estudar e nunca a desistir dos meus  
sonhos, me ensinou a ter fé e buscar a Deus em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela a vida e as graças recebidas.

Meus pais por serem a minha base da minha vida, por todo amor e apoio recebido.

A Universidade Federal da Grande Dourados, por poder cursar minha graduação e por todo o conhecimento recebido.

A minha orientadora Professora Dra. Vanderleia Schoeninger, por todo o ensinamento, conselhos, apoio, dedicação, paciência e pela a oportunidade de realizar esse projeto.

A minha Família e que são suporte para enfrentarmos os desafios.

E aos amigos, pois a vida fica realmente mais leve quando podemos contar com eles.

DUARTE, Naiara. **Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita.** 2021. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

## RESUMO

O sorgo é um cereal que atualmente ocupa o quinto lugar de produção dentro dos cereais. A cultura é antiga e a sua domesticação foi registrada a cerca de 5.000 anos atrás na região da África Oriental, antecedendo até mesmo o cultivo de trigo, arroz e milho. Seu uso tornou-se popular nos países do continente Africano e Asiático e no século XIX expandiu-se para o resto do mundo. No Brasil a produção de grãos de sorgo é destinada principalmente para o uso na alimentação animal. O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma revisão bibliográfica acerca dos múltiplos usos da cultura do sorgo, suas qualidades e benefícios, particularidades relativas ao processamento e pós-colheita; a fim de contextualizar o tema e contribuir com este campo de pesquisa. Possui cultura de metabolismo C4, com resposta fotoperiódica, típico de dia curto e de altas taxas fotossintéticas, clima tropical, com resistência elevada ao estresse hídrico, o que a torna interessante para locais onde outras espécies de interesse agrícola não se desenvolvem suficientemente. Agronomicamente o sorgo é classificado em cinco grupos: granífero, sacarino, forrageiro, biomassa e vassoura. O granífero é o que possui o maior destaque econômico, pois é utilizado para a produção de alimentos tanto para o consumo animal quanto humano. Este possui vantagens como boa quantidade de proteína, porém não possui a proteína do glúten com a característica *glúten free*, que o torna um produto de destaque no mercado devido à demanda atual de dietas restritivas. O sorgo sacarino apresenta colmos suculentos ricos em açúcares, semelhante à cana-de-açúcar, o que o torna interessante para produção de bioenergia, principalmente pelo fato de ser cultivado na entressafra, tendo, matéria-prima suficiente para a produção de etanol o ano inteiro. O sorgo forrageiro aparece com sendo alternativa devido à sua resistência à época da seca, rico em nutrientes com elevado valor energético e possui alto poder de digestibilidade para os ruminantes. O sorgo biomassa possui como principal característica o porte alto e colmos fibrosos, fazendo com que ele apresente alto rendimento de matéria seca para a produção de biomassa, que pode ser usada de forma direta ou indireta. Por fim, o sorgo vassoura possui panícula abertas, volumosas e resistentes, o que o torna ideal para a confecção de vassouras. As formas de processamento e boas práticas de armazenagem garantem longevidade de suas propriedades de interesse industrial, assim como maior segurança alimentar.

**Palavras-chave:** Granífero. Forrageiro. Bioenergia. Glúten *free*. Armazenagem

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): a review of its technological versatility, processing and post-harvest

### ABSTRACT

Sorghum is a cereal that currently ranks fifth in production of cereals. It has an ancient crop that was registered about 5.000 years ago in the East African region, even preceding the cultivation of wheat, rice and corn. The use became popular in the countries of the African and Asian continents and in the 19th century it was expanded to the rest of the world. In Brazil the production is mainly intended for animal feed. The objective of the present work was to present a bibliographic review about the multiple uses of the sorghum crop, the qualities and benefits, particularities related to processing and post-harvest; to contextualize this theme and contribute to this field of research. Sorghum is a culture with C4 metabolism, thus has a photoperiodic response typical of short days and high photosynthetic rates, from tropical climate, with high resistance to water stress, which makes it interesting for places where other species of agricultural interest do not develop sufficiently. Agronomically, sorghum is classified into five groups: graniferous, saccharine, forage, biomass and broom. The graniferous is the one that has the greatest economic prominence, as it is used for the production of food for both animal and human consumption. The graniferous sorghum has advantages such as a good amount of protein, but it does not have the gluten protein with the characteristic of gluten free, which makes it a prominent product in the market due to the current demand for restrictive diets. Sweet sorghum has succulent stems rich in sugars similar to sugarcane, which makes it interesting for bioenergy production, mainly because it is grown in the off-season having enough raw material for ethanol production during the year. whole. Forage sorghum appears as an alternative due to its resistance to the dry season that is rich in nutrients with a high energy value and has a high digestibility power for ruminants. The main characteristic of biomass sorghum is the high size and fibrous culms with a high dry matter yield for the production of biomass, which can be used directly or indirectly. Finally, the broom sorghum has open panicles that are bulky and resistant, which makes it ideal for making brooms. The forms of processing and good storage practices can guarantee longevity for properties of industrial interest, as well as greater food security.

**Keywords:** Graniferous sorghum. Forage sorghum. Bioenergy. Glúten *free*. Storage.

## SUMÁRIO

	Página
1. Introdução.....	10
2. Revisão de literatura.....	14
2.1 A Cultura.....	14
2.2 O Sorgo e a sua variabilidade.....	18
2.2.1 Sorgo Granífero.....	18
2.2.2 Sorgo Sacarino.....	23
2.2.3 Sorgo Biomassa.....	28
2.2.4 Sorgo Forrageiro.....	31
2.2.5 Sorgo vassoura.....	32
3. Pós-colheita, armazenamento e qualidade do sorgo.....	34
3.1 Sorgo e a importância nutricional.....	40
4. Considerações Finais.....	43
5. Referencias Bibliográficas.....	44

## 1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta herbácea monocotiledônea e, assim como o milho, pertence à família das gramíneas. É o quinto cereal mais produzido no mundo (TABOSA et al., 2019). De origem na África tropical onde foi domesticado para o consumo humano e animal entre 3.000 e 5.000 anos atrás, se adaptou bem ao clima brasileiro em que onde já existem cultivares próprias (QUEIROZ et al., 2009).

Habitual de clima tropical, o sorgo ajusta-se bem ao clima quente, sendo ótima opção para essas regiões, devido ao sistema radicular bem desenvolvido, extenso e fibroso. Nesse sentido a cultura usa de forma mais eficiente os recursos hídricos e minerais (MAGALHÃES et al., 2003). Possui características de evolução adaptativa desenvolvidas para sobreviver em meios severamente secos, sua faixa de temperatura ideal varia entre 33°C a 34°C graus, acima de 38°C e abaixo de 16°C a produtividade tende a cair (MAGALHÃES et al., 2000; SOUZA, 2006).

Podemos separar o sorgo agronomicamente em cinco grupos que são: granífero, forrageiro, sacarino, biomassa e vassoura. Sabe-se que o granífero e o forrageiro são voltados para alimentação humana e animal, o sorgo granífero atualmente possui mais destaque na produção e consumo, conseqüentemente na economia (SILVA, 2019; LANDAU et al., 2020) e o sacarino e biomassa para a produção de bioenergia, onde o sorgo sacarino é visado para a produção de etanol e o biomassa para produção de etanol de segunda geração e produção de *pellets*. O sorgo forrageiro é alternativa eficiente como complemento alimentar de ruminantes, na forma de silagem ou pastejo (OLIVEIRA, 2015). O sorgo vassoura tem de 2 a 3 metros, sua panícula longa é transformada em vassouras artesanais de uso doméstico e apresenta-se como fonte alternativa para a confecção desse produto tradicional. É importante a seleção das panículas, pois o tamanho influi na qualidade e durabilidade das vassouras (FAVARATO, 2011; FOLTRAN, 2012;).

A versatilidade do sorgo é notória de consumo do grão *in natura* ou farináceo, a uso como matéria prima para amido, cera, bebidas, ração, óleos e produção bioenergéticas como de biocombustível (SILVA; 2019). O sorgo aparece nas estatísticas sendo o quinto cereal mais produzido no mundo, em que os três maiores produtores são Estados Unidos, Nigéria e Sudão, já o Brasil ocupa a sétima posição no ranking (FAO, 2020). Quanto à produtividade

devido à tecnologia de manejo destaca-se Estados Unidos, México e Argentina (TABOSA, 2019).

De acordo com a FAO, em 2018, a safra brasileira de sorgo granífero atingiu a produção de 2.272 toneladas, Percebendo-se pequena evolução no cenário brasileiro em 10 anos, visto que a produção em 2008 foi de 2.004 toneladas (FAO, 2020). A princípio a produção do sorgo era destinada em sua grande maioria para ração animal e depois começou a ser utilizado na fabricação de etanol e, atualmente o grão vem sendo reconhecido no Brasil como opção para a alimentação humana, no Brasil os estados brasileiros com produção mais expressiva no país foram em 2019 foi Goiás Minas Gerais (CONAB; 2020). Seu uso como alimento é encontrado em grande quantidade no uso da farinha em países como: Nigéria, Etiópia, China, Sudão entre outros. Já em países como a Itália é o uso sucroalcooleiro que se destaca, enquanto a fenação e silagem estão mais presentes nos Estados Unidos, (TABOSA, 2019).

Os grãos apresentam grande importância nutricional, com fator relevante, pois, o sorgo não possui *glúten*, podendo ser alimento alternativo para portadores de doença celíaca, indivíduos estes geneticamente susceptíveis com uma desordem autoimune causada pela ingestão de proteínas. Neste caso o tratamento é a restrição alimentar, excluindo da dieta o *glúten*. Particularmente, no Brasil, a oferta de alimentos processados tradicionais, como pães e massas em geral, é advinda do trigo que contém *glúten*, o que restringe a alimentação de celíacos. Dessa maneira, entra o sorgo como uma alternativa para substituir outros grãos e farinhas, que na sua formação apresentam o *glúten* (PAIVA et al., 2019).

Tratando-se de alimento, a segurança no consumo é imprescindível, desde o campo até o consumidor final. As operações de beneficiamento do grão devem ser adotadas para que o método seja eficaz para um período de tempo. Condições climáticas e manejo adequado devem ser monitorados, para garantir maior eficiência nos demais procedimentos. Na sequência, operações de logística e transporte devem ser feitas cuidado e responsabilidade como, por exemplo, realizando-se a segregação de lotes em função de suas características de qualidade. Para manter o máximo de quantidade e qualidade na armazenagem, os produtos devem estar secos, limpos e em equilíbrio hidrocópico com o ambiente, mantendo-se o mais estável possível durante o período desejado. Para a manutenção da qualidade os controles das pragas de armazém como insetos, roedores e pássaros devem ser feito, com o monitoramento da massa de grãos, garantindo a segurança alimentar (ROBERTO et al., 2008).

Após a colheita, tenta-se preservar ao máximo as características qualitativas do grão do sorgo, para que seja posteriormente comercializado. O pré-processamento dos grãos de sorgo é feito com ele úmido ou seco, podendo estar com teor de água acima de 20% ou próximo de 13%. Após a chegada à recepção da unidade armazenadora, onde suas características de qualidade são avaliadas, os grãos passam pelo processo de pré-limpeza para que as impurezas grosseiras sejam retiradas, garantindo maior segurança aos demais procedimentos. Quando necessário, passam pelo processo de secagem e em seguida são destinados à limpeza. Após tais processos são designados à armazenagem ou mandados para indústria. O sorgo é costumeiramente armazenado a granel mais também há armazéns de sacaria (MENEZES, 2015; SILVA, 2019).

Considerando-se mundialmente os cenários climáticos, ambientais, econômicos e em meios mais sustentáveis para diminuir os níveis de poluição mundial, visto que os países precisam suprir a demanda de energia, os sorgos tipos sacarino e de biomassa são alternativas de fontes renováveis, para a composição da matriz bioenergética (TEIXEIRA, 2017). O etanol é um biocombustível considerado mais limpo, pois reduz a emissão de dióxido de carbono e é produzido através de fontes renováveis; e a sua demanda cresce a cada dia, sendo impulsionada por usos de veículos *flex*. E, mesmo com a elevada produção de etanol, considerando que seja a maior parte a matéria prima da cana-de-açúcar, estudos mostram que não será suficiente para atender a futura demanda. Então, o sorgo sacarino aparece como alternativa para complementar a produção de etanol. Possui características semelhantes à cana-de-açúcar, com colmos ricos em açúcares, sendo de grande vantagem para entressafra. Fazendo com que o ciclo de produção tenha matéria prima o ano todo para a produção do etanol. Uma das principais vantagens é que o sorgo pode ser cultivado em áreas de declive e em reforma de canaviais (GOMES; 2014).

Já o sorgo da biomassa, surgiu como alternativa para o suprimento de matéria prima de bioenergia, sendo utilizado para a produção de cogeração de energia, ou seja, na queima de biomassa tanto na forma direta em caldeiras, quanto na forma indireta como *pellets*. Também pode ser utilizado na forma de biocombustível líquido na produção de etanol de segunda geração (ALMEIDA, 2019).

Com a revisão bibliográfica pretendeu-se apresentar informações relativas ao cultivo do sorgo, técnicas agrícolas como as de manejo, a sua diversidade entre as culturas, seus usos e aplicações e demonstrando boas práticas de processamento e armazenagem.

Buscou-se apresentar com este trabalho uma contribuição para a cadeia produtiva, baseando-se em pesquisas, trabalhos desenvolvidos e publicados sobre a cultura do sorgo até o momento. Com base no exposto, o objetivo foi apresentar uma revisão de literatura a respeito da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), suas características, diversidade, importância, assim como particularidades relacionadas aos aspectos tecnológicos, formas de processamento e armazenagem.

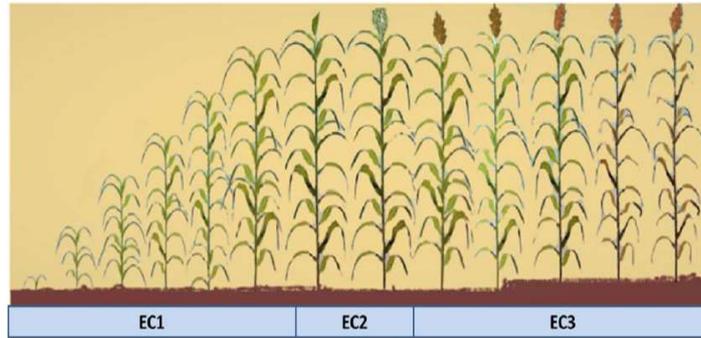
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A CULTURA

Estudos apresentam que a cultura do sorgo foi provavelmente domesticada na Etiópia, na África Oriental, há cerca de 5.000 anos atrás (TABOSA et al., 2019; VENKATESWARNA et al., 2019). Posteriormente a cultura foi se popularizando na África Ocidental e, a partir do século XIX que a expansão chegou aos demais países. De origem tropical o sorgo pertence à família Poaceae, gênero *Sorghum*, espécie *Sorghum bicolor* [L.] Moench (RIBAS, 2007; ALMEIDA, 2019; TABOSA et al., 2019), precisa de altas temperaturas para produzir. Sua temperatura ótima de desenvolvimento é de 33°C, sendo então cultivado em regiões acima de 20°C, pois abaixo de 16°C sua produtividade tende a cair (MENEZES et al., 2015).

O sorgo é considerado uma “*smart crop*”, pois seu uso é diversificado tanto para alimentação quanto para o uso de combustíveis (MOREIRA, 2011; SILVA, 2019), tem importância para a produção de bioenergia, como fonte renovável de matéria-prima (ULLMAN, 2018). O sorgo adaptou-se bem ao clima brasileiro, devido a sua origem tropical, desde os solos heteromórficos aos solos aluviais. E para o desenvolvimento e pesquisas sobre a cultura no Brasil, a criação do Centro Nacional de Milho e Sorgo na Embrapa em 1974, foi fundamental (RIBAS, 2008; RIBAS et al., 2014).

A cultura do sorgo possui metabolismo C4, que significa uma resposta fotoperiódica típico de dia curto e de altas taxas fotossintéticas. A altura da planta pode variar de 40 centímetros até 5 metros e isso ajuda a identificar a sua classificação. O ciclo de estádios de crescimento (EC) do sorgo pode ser dividido em três fases. A primeira (EC1) começa no plantio e vai até o início da panícula, a segunda (EC2) vai do desenvolvimento da panícula até o florescimento e a terceira (EC3) começa no florescimento até a maturação fisiológica (Figura 1) (MAGALHÃES et al., 2000).



**Figura 1:** Estágios de crescimento da cultura do sorgo.  
Fonte: Adaptado de Castro (2018).

O caule é dividido entre nós, suas folhas são longas e panícula é a sua inflorescência. As suas sementes são formadas por tegumento, embrião e endosperma e tem formato redondo com diâmetro que pode variar entre 4 a 8mm. A variação de cor que o sorgo possui fica no tegumento em função do genótipo, podendo ir do branco até tons mais escuros, sendo os mais comuns o avermelhado e o amarelo, como podemos verificar na (Figura 2) (SILVA 2015; MONTEIRO, 2016; ALMEIDA, 2019).



**Figura 2.** Diferente coloração do sorgo granífero.  
Fonte: Semeagro, 2020.

O sistema radicular é eficiente, extenso, fibroso e com pelos absorventes, com profundidade que pode chegar a 1,50 metros e largura de 2,0 metros. Este sistema se desenvolve até antes da planta começar a florescer, pois após o florescimento os fotoassimilados são direcionados as panículas, parte reprodutiva do sorgo (ALMEIDA, 2019).

Uma característica de defesa que o sorgo possui além das suas raízes serem bem ramificadas e profundas, é que as suas folhas enrolam-se em condições de estresse hídrico dificultando a perda de água (MAGALHÃES et al., 2000). A cultura entra num estado de hibernação, desacelerando seu metabolismo, mas se recupera rápido quando o estresse hídrico

é cessado (ALMEIDA, 2019). Na Tabela 1 apresentam-se os cinco tipos de sorgo e a sua utilização na forma geral.

Tabela 1: Tipos de sorgo e quanto a sua utilização.

<b>Tipo de sorgo</b>	<b>Produto</b>	<b>Utilização</b>
<b>Granífero</b>	Grão	Alimentação humana, alimentação animal, Indústria
<b>Sacarino</b>	Colmo e grãos	Na produção de etanol, sacarose, frutose, alimentação animal.
<b>Forrageiro</b>	Biomassa	Corte, silagem e feno
<b>Biomassa</b>	Biomassa	Produção de etanol 2ª geração, produção de bioenergia
<b>Vassoura</b>	Panicula	Produção de vassouras

Fonte: Adaptado de Barcelos (2012).

A cultura do sorgo é totalmente mecanizável e pode ser usada tanto no plantio convencional, quanto no plantio direto (RIBAS, 2008). As máquinas de preparo de solo, semeadoras e colhedoras, que são utilizadas em outras culturas de grãos podem ser adaptadas para o sorgo (RIBAS et al., 2014). Para evitar as perdas existem cuidados como uma boa regulagem nas colheitadeiras devido ao tamanho dos grãos e também a vedação das carrocerias dos caminhões e carretas transportadoras. Os grãos de sorgo são colhidos com a umidade em torno de 22%, são transportados para ser armazenado normalmente a granel (RIBAS et al., 2014; CRUZ, 2019).

A composição, o valor nutritivo e a produtividade dependem do tipo de sorgo que se difere pelo colmo, folhas e panículas. O sorgo granífero resulta em pouca massa verde, já que a planta possui porte baixo e é visada principalmente para a produção de grãos. Já o sorgo forrageiro tem alto rendimento de massa verde devido à característica de altura da planta que é de 2,0 a 3,0 metros, sendo mais indicado para a silagem. Também, se destaca para a produção os híbridos, que além do porte alto entre 2,0 a 2,5 metros, apresenta com boa produção de massa verde, tem o duplo propósito e produz grãos satisfatoriamente (COELHO, 1979, apud BUSO, 2011).

Para os diferentes tipos de sorgos comerciais, observa-se a recomendação dos tipos de sugestões para a regulagem dos equipamentos na Tabela 2. Para o sorgo granífero percebe-se, que o espaçamento entre linhas indicado é de 0,50m a 0,70m, enquanto para o duplo propósito é de 0,70m a 0,80m, silagem 0,80m a 0,90m e para corte verde 0,30m a 0,60m (RIBAS, 2008).

Tabela 2: Sugestões para regulagem de equipamentos de plantio de acordo com diferentes tipos comerciais de sorgo.

<b>Tipo comercial de sorgo</b>	<b>Espaçamento entre linhas (m)</b>	<b>Número sementes por metro (80% germ.)</b>	<b>Consumo de sementes (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>População na colheita (mil plantas)</b>
<b>Granífero</b>	0,50 a 0,70	15 a 18	6 a 8	140 a 170
<b>Duplo propósito</b>	0,70 a 0,80	18 a 20	6 a 8	140 a 170
<b>Silagem</b>	0,80 a 0,90	13 a 15	5 a 7	90 a 110
<b>Corte verde</b>	0,30 a 0,60	20 a 22	10 a 12	200 a 300

Fonte: Adaptado de Ribas; 2008.

As doenças, que podem aparecer na cultura do sorgo, podem ter várias causas como: forma de manejo, condições ambientais e suscetibilidade da cultivar, dentre as quais podem limitar a sua produção. As plantas podem ser atacadas por patógenos causadores de doenças foliares e até fungos de solo causando problemas no sistema radicular. As doenças mais comuns na cultura do sorgo são a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), míldio (*Peronosclerospora sorghi*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia purpúrea*), ergot ou doenças açucaradas (*Claviceps africana*) e podridão seca (*Macrophomina phaseolina*) (COTA, 2010).

A agricultura é totalmente dependente das condições ambientais. As condições edafoclimáticas controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, elas devem ser adequadamente avaliadas antes de implantar uma atividade agrícola. Na gestão do agronegócio propriamente dita, a identificação de regiões com alto potencial de produção, isto é, áreas onde o clima e o solo sejam adequados para a cultura do sorgo, é o passo decisivo para se alcançar a agricultura sustentável, dinâmica e altamente produtiva. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento divulga anualmente por meio de portarias, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, para a cultura do sorgo granífero safra 2020/2021, foram estabelecidas por meio da Portaria nº 305 de 20 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020). São apresentados nessa portaria resultados de estudo, elaborado pela Embrapa detalha a variedade, o tipo de solo e as datas propícias para o plantio da cultura em cada município do Estado. E assim o calendário agrícola fonte de informação, que fornece ao produtor os meses nos quais se realizam a semeadura e a colheita das culturas produzidas no território brasileiro (CONAB, 2020).

Dessa forma, para a cultura do sorgo tem-se estabelecido no país o calendário agrícola, que aponta que o sorgo é cultivado sob dois sistemas de produção: o plantio de verão

(outubro a março) e o de sucessão (fevereiro a agosto). No verão, são plantados principalmente o sorgo forrageiro e o sacarino e, para a sucessão é utilizado o sorgo granífero (CONAB, 2020).

É sempre importante analisar a época do plantio para que o produtor evite perdas e tenha rentabilidade com a cultura. O sorgo forrageiro, plantado no início da época chuvosa, produz máximos rendimentos de matéria seca por hectare e atende a necessidade de acumular alimento para o período seco e poupar as pastagens. Esse período de cultivo também é indicado para o sorgo biomassa, pois assim produz mais matéria seca (BUSO, 2011; RIBAS et al., 2014).

O sorgo granífero por sua vez, é plantado no período de sucessão, em que onde a cultura é penalizada em parte pelo baixo uso de insumos, mais possui benefícios econômicos, como por exemplo, soja-sorgo granífero. Quando é realizado existe a rotação de culturas, que por sua vez ocorre à quebra do ciclo de insetos e pragas, de organismos patogênicos, equilíbrio de fertilidade do solo, porosidade do solo em razão da diferença de raízes e quando analisamos o sistema integração agricultura e pecuária, o fornecimento de alimento para o rebanho em período seco também é vantajoso (RIBAS et al., 2014).

## **2.2. O SORGO E A SUA VARIABILIDADE**

### **2.2.1. SORGO GRANÍFERO**

Tendo o sorgo granífero sua origem na África e parte na Ásia, o seu cultivo nessas regiões tem extrema importância, sendo aplicado principalmente para a alimentação humana. Dessa forma outros países foram tendo conhecimento e, atualmente, o sorgo é o quinto cereal no mundo em área cultivada (TABOSA et al., 2019; FAO; 2020). O sorgo está cada vez mais despertando interesse, pois além de ser uma cultura com o custo baixo de produção, e se adapta a condições adversas, possui potencial nutricional, produzindo alimento com elevado valor nutritivo e fonte de compostos bioativos que beneficia a saúde humana (MARTINO, 2014).

O sorgo granífero pode ser utilizado tanto para alimentos humanos, como para a fabricação de alimentos para o consumo animal. No consumo humano tem-se farinha para pães, mingaus fermentados e não fermentados, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, cuscuz, uso do grão inteiro, e alimentos de transição infantil (BORGES, 2013).



**Figura 3-** Alguns produtos encontrados no mercado nacional e internacional.  
Fonte: Compilação da autora. (Créditos às marcas citadas<sup>1</sup>).

Quando comparamos o milho ao sorgo, em relação ao estresse hídrico, percebe-se que o milho diminui o seu ciclo e tem produtividade reduzida, já o sorgo interrompe seu desenvolvimento aguardando condições adequadas de precipitações pluviométricas (WAQUIL et al., 2004). Essa característica particular da cultura do sorgo faz que ela seja resistente ao estresse hídrico, ou seja, a falta de água durante a produção. Segundo Souza et al. (2020), o sorgo precisa de 300mm de chuva, enquanto o milho necessita 600mm; o primeiro possui dormência e enrolamento foliar presente no estresse hídrico, enquanto o milho não apresenta essa característica fisiológica. Com essa característica o sorgo torna-se um alimento produzido em ambientes de condições desfavoráveis.

No Brasil a produção de grãos de sorgo é destinada principalmente para o uso na alimentação animal (LANDAU; 2020). O sorgo pode ser utilizado como substituto do milho nas indústrias de ração, sendo fonte de energia em dietas de monogástricos (FILHO; 2004). O milho é utilizado principalmente na avicultura e, em algumas épocas do ano, o preço dessa matéria prima aumenta, Pela elevação do preço do milho, os produtores buscam alternativas em substituição a este cereal, sem causar prejuízos aos animais. Desta maneira, o sorgo é uma alternativa na substituição na cadeia produtiva. Segundo Carvalho et al. (2015), o uso do grão de sorgo moído ou inteiro não comprometeu o desempenho de frangos de corte em substituição ao milho na produção de rações. Pode resultar em economia no processo produtivo pela redução no processo industrial quando é utilizado em grão inteiro, pois poupa o uso de moinhos e mão de obra nas fábricas de rações. Além do custo de produção, o sorgo

<sup>1</sup> Montagem feita a partir de imagens coletadas dos sites, Natural fit (2020); Novidade saudável (2020); Embalagem marca (2020); 4 Chá e cia (2020); 6 Lamas Brew Shop (2020); 7 Empório figueira (2020).

apresenta-se rico em amido. O sorgo de pericarpo vermelho apresenta menor proliferação de micotoxinas quando comparado ao milho e ao amendoim (RATNAVATHI; CHAVAN, 2016), ou seja, implicando em melhor segurança alimentar.

De acordo com Conab (2020), em 2019 no Brasil a área total estimada de sorgo foi de 835,2 mil hectares, apresentando um aumento de 14,1% em relação à safra anterior. A produção nesse ano foi de 2.498 mil toneladas (Tabela 3). A produtividade no país foi de 2.991 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo os estados de Goiás e Minas Gerais que obtiveram a maior produção conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Produção no Brasil do sorgo granífero safra 2019/20 em mil/ton.

Região	Produção (MIL/TON)
<b>NORTE</b>	<b>119,4</b>
RR	-
RO	-
AC	-
AM	-
AP	-
PA	47,2
TO	72,2
<b>NORDESTE</b>	<b>232,3</b>
MA	23,8
PI	51,6
CE	-
RN	0,6
PB	-
PE	-
AL	-
SE	-
BA	156,3
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>1.321,9</b>
MT	138,1
MS	36,0
GO	1.098,5
DF	49,30
<b>SUDESTE</b>	<b>817,1</b>
MG	782,3
ES	-
RJ	-
SP	34,8
<b>SUL</b>	<b>7,4</b>
PR	-
SC	-
RS	7,4
<b>NORDE-NORDESTE</b>	<b>351,7</b>
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>2.146,4</b>
<b>BRASIL</b>	<b>2.498,1</b>

Fonte: CONAB, 2020.

Sobre estados produtores de sorgo no país, a seguir se descrevem algumas particularidades. Na região norte, no estado do Pará, o sorgo vem se destacando a cada safra,

visto que em 2019 a produção ficou em 47.2 mil toneladas (Tabela 3). O sorgo no estado sucede as principais culturas como soja e milho, ocupando as áreas como safrinha e os grãos têm sido comercializados com produtores de bovinos para alimentação. Em Tocantins as produtividades alcançadas continuam apresentando grande variação pelo estado, de 25 até 60 sacas por hectare. Essa variação é justificada pelo uso ou não de tecnologia, de acordo com a época e região de plantio, principalmente na seleção de sementes, com parte dos produtores utilizando sementes salvas e outros semeando híbridos (CONAB; 2020).

Na região nordeste, no estado do Piauí, a lavoura de sorgo é plantada como segunda safra, em sucessão à soja e o plantio ocorre entre o final de março e início de abril. No Rio Grande do Norte a cultura do sorgo, com dupla aptidão, vem se tornando uma das principais alternativas de alimentos volumosos para os rebanhos, sobretudo os bovinos, já que a maior parte da produção da planta vai para ração animal na forma de forragem. Na Bahia foram cultivados 81,4 mil hectares com a produção de 156.3 mil toneladas (Tabela 3) (CONAB; 2020). Na região centro-oeste, em Mato Grosso, somaram-se 46,4 mil hectares com a cultura do sorgo e, no Distrito Federal a área foi incrementada em 38,6% na safra 2019/2020, Em Minas Gerais, a área é estimada em 197,4 mil hectares, com produção de 782.3 mil toneladas (Tabela 3).

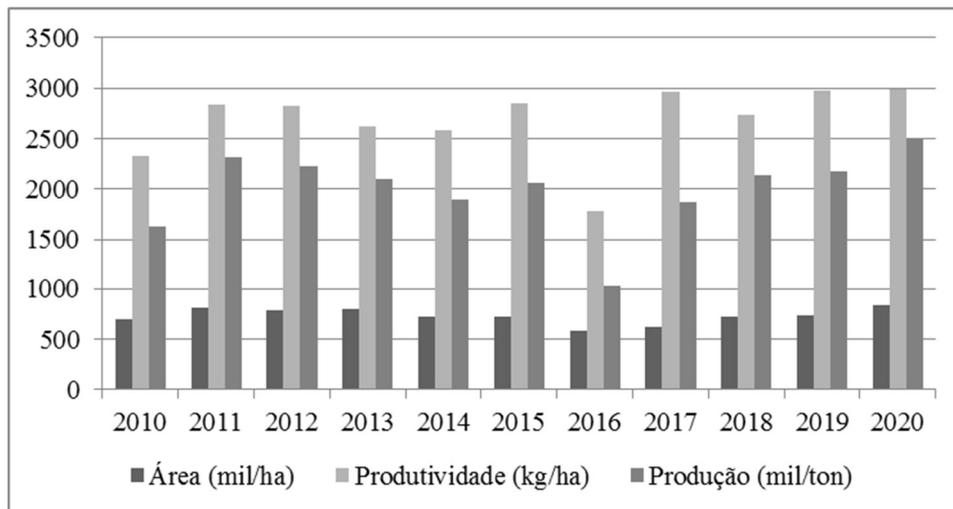
A análise de custo de produção agrícola é importante, para obter a viabilidade da cultura se dá nas condições consideradas. Na Tabela 4 são apresentados os valores relativos ao custo de produção da cultura do sorgo na segunda safra, no mês de março no ano de 2018, na cidade de Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Foi observada a produtividade de 3.900kg.ha<sup>1</sup>, sendo empregada a forma de plantio direto, com média tecnologia com o custo de total de R\$ 1.708,22 (CONAB; 2021), em Rio verde (GO) no ano de 2020 a produtividade foi de 3.000kg.ha<sup>1</sup> com o custo R\$ 1.711,05 e em Unaí (MG) no ano de 2020 teve a produtividade 3.800kg.ha<sup>1</sup> com o custo de R\$ 1.441,56 (CONAB; 2021).

Tabela 4: Custo de produção da cultura do sorgo na região de Chapadão do Sul/MS.

DISCRIMINAÇÃO	CUSTO POR HA	CUSTO / 60 kg	PARTICIPAÇÃO CV (%)	PARTICIPAÇÃO CT (%)
<b>I - DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA</b>				
1- Operação com máquinas:				
1.1 - Tratores e Colheitadeiras	113,65	1,75	13,30	6,65
2 - Administrador	8,24	0,12	0,96	0,48
3 - Sementes	80,00	1,23	9,36	4,68
4 - Fertilizantes	268,00	4,13	31,36	15,69
5 - Agrotóxicos	143,45	2,22	16,79	8,40
6- Outros				
6.1 - Análise de Solo	3,03	0,05	0,35	0,18
<b>TOTAL DAS DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)</b>	<b>616,37</b>	<b>9,50</b>	<b>72,12</b>	<b>36,08</b>
<b>II - OUTRAS DESPESAS</b>				
7 - Transporte Externo	54,60	0,84	6,39	3,20
8 - Despesas:				
8.1 - Despesas Administrativas	18,49	0,28	2,16	1,08
8.2 - Despesas de armazenagem	104,59	1,61	12,24	6,12
9 - Assistência Técnica	12,33	0,19	1,44	0,72
10 - CESSR	24,57	0,38	2,87	1,44
<b>TOTAL DAS OUTRAS DESPESAS (B)</b>	<b>214,58</b>	<b>3,30</b>	<b>25,10</b>	<b>12,56</b>
<b>III - DESPESAS FINANCEIRAS</b>				
11 - Juros do Financiamento	23,68	0,37	2,77	1,39
<b>TOTAL DAS DESPESAS FINANCEIRAS (C)</b>	<b>23,68</b>	<b>0,37</b>	<b>2,77</b>	<b>1,39</b>
<b>CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)</b>	<b>854,63</b>	<b>13,17</b>	<b>99,99</b>	<b>50,03</b>
<b>IV - DEPRECIACIONES</b>				
12 - Depreciação de benfeitorias/instalações	78,13	1,20	9,14	4,57
13 - Depreciação de implementos	41,99	0,65	4,91	2,46
14 - Depreciação de Máquinas	45,90	0,71	5,37	2,69
<b>TOTAL DE DEPRECIACIONES (E)</b>	<b>166,02</b>	<b>2,56</b>	<b>19,42</b>	<b>9,72</b>
<b>V - OUTROS CUSTOS FIXOS</b>				
15 - Manutenção Periódica Benfeitorias/Instalações	171,58	2,64	20,08	10,04
16 - Encargos Sociais	3,76	0,06	0,44	0,22
20 - Seguro do capital fixo	7,77	0,12	0,91	0,45
<b>TOTAL DE OUTROS CUSTOS FIXOS (F)</b>	<b>183,11</b>	<b>2,82</b>	<b>21,43</b>	<b>10,71</b>
<b>CUSTO FIXO (E+F=G)</b>	<b>349,13</b>	<b>5,38</b>	<b>40,85</b>	<b>20,43</b>
<b>CUSTO OPERACIONAL (D+G=H)</b>	<b>1.203,76</b>	<b>18,55</b>	<b>140,84</b>	<b>70,46</b>
<b>VI - RENDA DE FATORES</b>				
21 - Remunerações esperada sobre o capital fixo	83,78	1,29	9,80	4,90
22 - Terra Própria	420,68	6,47	49,22	24,63
<b>TOTAL DE RENDA DE FATORES (I)</b>	<b>504,46</b>	<b>7,76</b>	<b>59,02</b>	<b>29,53</b>
<b>CUSTO TOTAL (H+I=J)</b>	<b>1.708,22</b>	<b>26,31</b>	<b>199,86</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptado CONAB/DIPAI/SUINF/GECUP (2021).

Segundo a Conab (2020), em seu levantamento histórico, pode-se observar na Figura 4 a evolução da cultura do sorgo no Brasil nos últimos 10 anos, verificando-se área plantada ( $\text{mil.ha}^{-1}$ ), produtividade ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e produção ( $\text{mil.ton}$ ). A produção de sorgo granífero apresentou períodos de aumento e queda durante a última década. Destacam-se os valores apresentados para o ano de 2016, no qual foi percebida a queda da produção de 99,25% em relação ao ano anterior (LANDAU, 2020).



**Figura 4-** Série histórica para dados de área plantada ( $\text{mil.ha}^{-1}$ ), produção ( $\text{mil.ton}$ ) e produtividade ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) da cultura do sorgo no Brasil dos últimos 10 anos.  
Fonte: Conab, 2020.

### 2.2.2. SORGO SACARINO

O sorgo sacarino tem origem no Sudão, é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas (EMYGDIO, 2010). A introdução no Brasil da gramínea, veio após alguns anos da sua descoberta. Começou a ganhar força em 1950, mas em 1970 ganhou mais destaque na Embrapa, com o programa de melhoramento do sorgo sacarino, acreditando-se no potencial da cultura para o país (PURCINO, 2011). O sorgo sacarino possui características semelhantes à cana-de-açúcar, por armazenar açúcar no colmo e fornecer bagaço, mas difere por ser cultivado a partir de sementes e apresenta estado de maturação menor (FONTES et al., 2011).

É uma cultura que possui alto rendimento, responde bem as boas práticas de manejo, é mecanizável do plantio a colheita, possui porte alto e produtividade em média de  $80 \text{ t./ha}^{-1}$ ,

com colmos contendo caldos com açúcares fermentáveis, os quais pode-se produzir o etanol (DURÃES, 2012).

Na Tabela 4 são apresentadas as diferentes características agrônômicas entre a cultura do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar. Percebe-se que a sorgo se destaca no ciclo de crescimento em relação à cana-de-açúcar, que varia de 9 a 18 meses. Segundo Gomes (2014), é possível aumentar a quantidade de açúcares fermentáveis presentes no caldo de sorgo sacarino através da adição de enzimas, que convertem o amido em glicose, aumentando os rendimentos da produção de etanol.

Tabela 4: Características agrônômicas, produtivas e comparação química entre a cultura de sorgo sacarino e cana-de-açúcar para a produção de etanol.

Parâmetros	Sorgo sacarino	Cana-de-açúcar
<b>Tipo de plantio</b>	Propagação por sementes	Propagação vegetativa
<b>Tempo de ampliação de escala</b>	Propagação por semente - Menor	Propagação vegetativa - Maior
<b>Requerimento de matéria prima</b>	50% água, 60% nitrogênio	Limitada pela água, nitrogênio
<b>Áreas marginais</b>	Cultivo em áreas marginais	Limitada em áreas marginais
<b>Rebrota/flexibilidade</b>	2 - 3 cortes por ano	12 - 18 meses
<b>Ciclo de crescimento (meses)</b>	3 - 4,5	9 - 18
<b>Absorção de minerais</b>	Baixo	Alto
<b>Colheita manual/sem queimada</b>	Campos mais limpos	Queimada necessária
<b>Deterioração por colheita mecanizada</b>	Não há problemas	Sim
<b>Água utilizada (L de água/kg de biomassa seca)</b>	300	600
<b>Produção de etanol (mil L ha<sup>-1</sup>/mês)</b>	0,75 a 0,9	0,58 a 0,62
<b>Produção de biomassa (t/ha<sup>-1</sup>)</b>	60	80 a 85
<b>Sólidos Solúveis (Brix)</b>	15 - 19	18 - 25
<b>Pureza</b>	60 - 75	80 - 90
<b>Fibra (%)</b>	12 - 20	10 - 15
<b>Sacarose (%)</b>	8 - 13	14 - 22
<b>Açúcares Redutores (%)</b>	1 - 3	0,5 - 1
<b>Glicose (%)</b>	0,5 - 2	0,2 - 1
<b>Frutose (%)</b>	0,5 - 1,5	0 - 0,5
<b>Açúcares Redutores Totais (%)</b>	12 - 17	15 - 24
<b>Amido (%)</b>	até 0,5	0,001 - 0,05
<b>Água</b>	84	75 - 88

\*3 a 4 meses o ciclo vegetativo do sorgo e 12 meses o ciclo vegetativo da cana-de-açúcar.

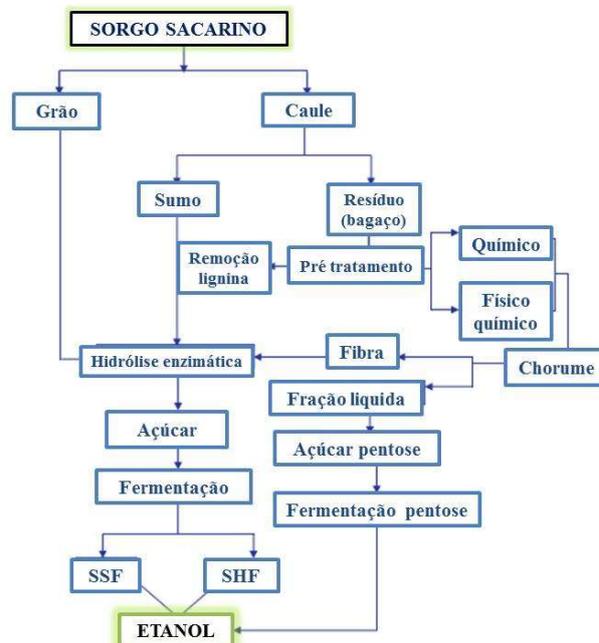
Fonte: Adaptado de GOMES, 2014; adaptado de BARCELOS, 2012.

O programa Proálcool foi criado no Brasil em 1975, colocando o Brasil como um dos países pioneiros que busca a substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis (BIODIESELBR, 2012; MARTINS et al., 2017). Com sua biodiversidade o país apresenta

alto potencial para a produção de biocombustíveis, sendo que para a produção de etanol, no Brasil destaca-se a cultura da cana-de-açúcar que é a cultura agrícola mais utilizada (MACEDO, 2007).

Sabe-se que o uso de combustíveis fósseis é a principal fonte de energia em todo o mundo, como gasolina, óleo diesel, carvão mineral (MARTINS et al., 2017). Assim o uso da biomassa para substituir tais matérias-primas por fontes renováveis se mostra interessante. As gerações de biocombustíveis podem ser classificadas de acordo com a tecnologia empregada para a sua obtenção. Os biocombustíveis de primeira geração são feitos por matérias-primas próprias, e possui tecnologia de processamento bem definida. Têm-se os biocombustíveis de segunda geração, como os obtidos principalmente a partir de biomassa lignocelulósica e os de terceira geração sendo os derivados de algas (BIODIESELBR, 2012).

Para aumentar a disponibilidade de matéria-prima para o setor sucroalcooleiro e energético do Brasil, buscam-se alternativas para aumentar os rendimentos agrícolas e industriais, reduzindo-se o custo de produção. O sorgo sacarino possui potencial energético da biomassa com o caldo, bagaço, palhada e grãos e, toda a sua energia pode ser transformada com a tecnologia atual, como demonstrado na Figura 5 (DURÃES, 2012).



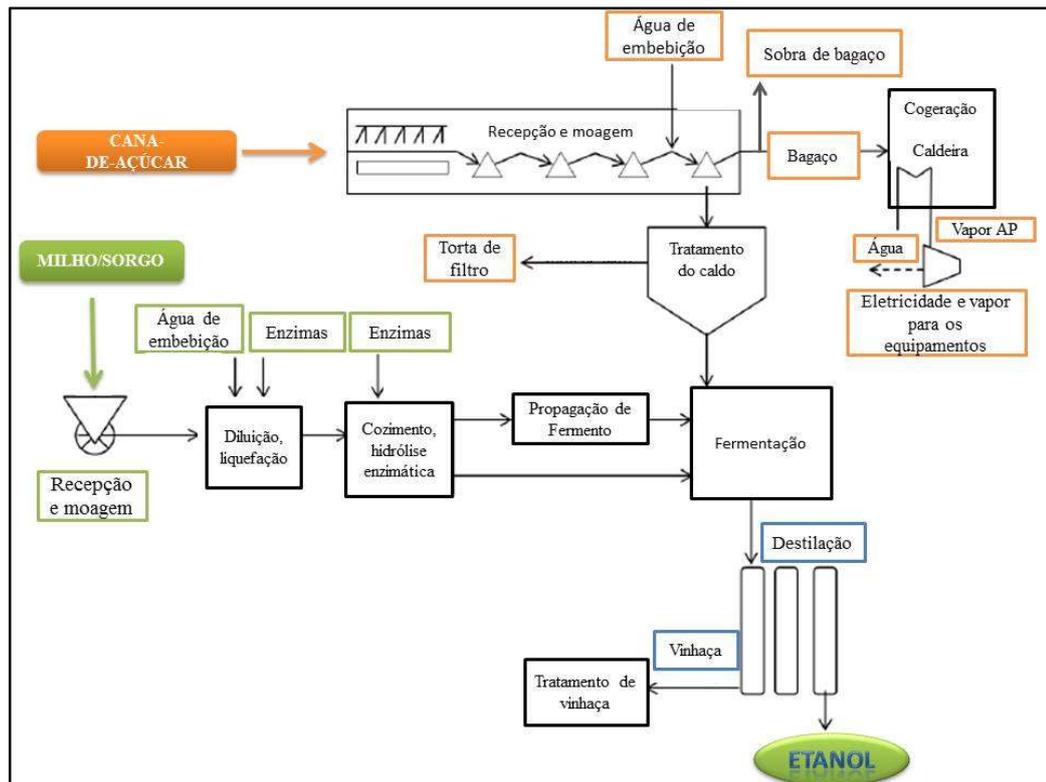
**Figura 5:** Esquema da produção de etanol utilizando-se como matéria-prima o sorgo sacarino. Fonte: Adaptado Ratnavathi; Chavan, 2016.

Na Figura 5 é apresentado o processamento do sorgo sacarino que pode ser usado se tanto o grão quanto o caule para a produção de etanol. Existem duas categorias comuns na

fermentação do sorgo sacarino para produção do etanol. A primeira, a separação por hidrólise e fermentação (SHF), na qual a hidrólise enzimática e a fermentação são realizadas separadamente. A segunda é a sacarificação simultânea e fermentação (SSF), em que a hidrólise é feita na presença de microrganismos fermentativos. A SSF tem vantagens sobre SHF, pois nesse processo são agrupadas duas etapas em um mesmo recipiente, pois os açúcares liberados na hidrólise são imediatamente utilizados pelos microrganismos fermentativos presentes (BARCELOS, 2012; RATNAVATHI; CHAVAN, 2016).

Segundo Barcelos (2012), a adição de enzimas ao caldo de sorgo sacarino resultou em aumento de 40% na concentração final da glicose devido à hidrólise do amido presente no caldo do sorgo e, quando se fermentou os grãos de sorgo na hidrólise enzimática foram obtidos valores de concentração de etanol na ordem de 87,4 g L<sup>-1</sup>. Em relação à etapa de sacarificação e fermentação simultâneas (SSF) conduzida em biorreator, uma produção de 84,4 g.L<sup>-1</sup> de etanol em 36h de processo e de 21h de SSF foi atingida. Esta concentração corresponde a uma produtividade volumétrica de 4,02 g.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> e eficiência de conversão de celulose em etanol de 63,4%.

Atualmente, o sorgo sacarino aparece como nova alternativa para juntar-se a cana-de-açúcar na produção do etanol e, dentre as vantagens se destaca o sistema de produção. Já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul. (EMYGDIO, 2010). Pode ser empregado durante o período de entressafra da cana-de-açúcar, por apresentar um ciclo curto e, assim, a indústria não ficaria sem a matéria-prima, visando período anual completo e com a rotação de culturas (EMYGDIO, 2010). Na Figura 6 é apresentada a possibilidade de inclusão das culturas milho e sorgo, aproveitando os equipamentos já existentes na usina de etanol de cana-de-açúcar. Para o sorgo sacarino, observa-se que são empregadas as seguintes operações unitárias: recepção e moagem, diluição (em que há adição de água e enzimas), cozimento e hidrólise enzimática, propagação de fermento, passando pela fermentação, seguindo para a destilação, local que acontece a separação da vinhaça e do etanol.



**Figura 6:** Esquema ilustrativo de uma usina para a produção de etanol utilizando como matéria-prima cana-de-açúcar, milho e sorgo sacarino.  
Fonte: Adaptado Donke, 2016.

Com essa possibilidade de produção de etanol de sorgo sacarino durante a entressafra da cana-de-açúcar, os plantios são realizados no início do período chuvoso, que é para a maioria das regiões produtoras entre outubro e novembro (DURÃES, 2012). Com a produção na entressafra, é possível antecipar de 2 a 3 meses do período de moagem das usinas, com colheitas a partir de fevereiro e março, reduzindo, assim, o período de ociosidade das destilarias, que varia de 3 a 5 meses, com impactos na geração de renda (DURÃES, 2012).

A Embrapa Milho e Sorgo desenvolveram a cultivar BR 506, que se adaptou bem ao clima do brasileiro. O potencial de rendimento de etanol desta cultivar, considerando 3 níveis tecnológicos de manejo da cultura, é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5: Rendimento de etanol de sorgo sacarino BRS 506, considerando 3 níveis tecnológicos de manejo da cultura.

Níveis	Massa verde (t/ha)	Etanol da massa verde (l/t)	Etanol por Área (l/ha)	Ciclo (meses)	Produtividade de etanol (l/ha/mês)
Baixo	40	50	2.000	4	500
Médio	60	60	3.600	4	900
Alto	80	70	5.600	4	1.400

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo

### 2.2.3. SORGO BIOMASSA

O processo do sorgo biomassa fotossintético é eficaz, com a adaptação a climas tropicais e temperados, é sensível ao fotoperíodo, é considerada assim uma planta de dia curto. O mesmo possui eficiência na utilização da água, com tolerância à seca e possuindo potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica, (PARRELLA, 2013). Com potencial energético, é uma cultura que apresenta alto rendimento de biomassa, de 50 toneladas de matéria seca por hectare, porte alto, podendo chegar a 5 metros de altura. A cultura é mecanizável do plantio à colheita, propagada por sementes e a colheita realizada 5 a 8 meses após o plantio (SEMEONE, 2018).

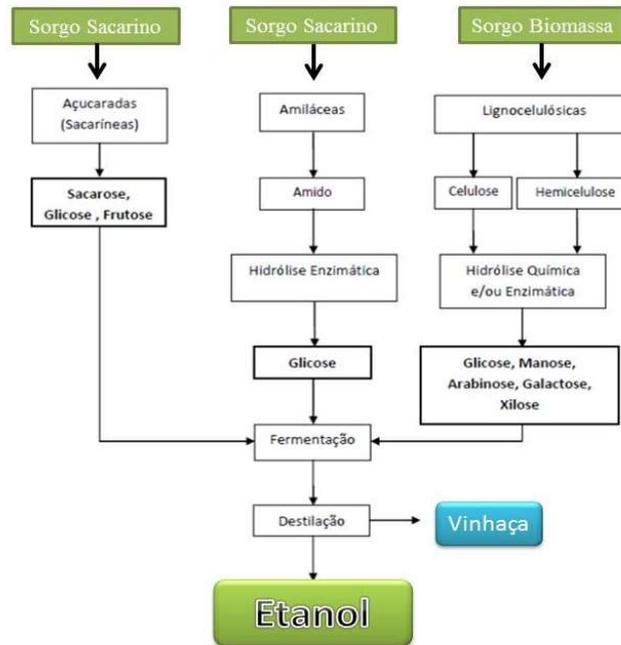
O sorgo biomassa apresenta ser uma cultura para complementar a matriz energética atual do setor do setor sucroenergético baseada atualmente no uso de bagaço de cana-de-açúcar, cavacos de eucalipto e palhiço de cana. Possui biomassa produtiva, rapidamente disponível, de elevado potencial energético para rotas de combustão direta em caldeiras, objetivando a geração de vapor para os processos de produção de açúcar e etanol ou para a geração de etanol de segunda geração, utilização e comercialização de energia elétrica (OLIVEIRA, 2016).

O sorgo biomassa é sensível ao fotoperiodismo e floresce em períodos do ano com noites longas, quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, período entre março e setembro, mas é semeado nos meses de outubro a dezembro, quando o fotoperíodo é maior que 12 horas e 20 minutos. O desenvolvimento da gema floral apenas iniciará a partir do outono do ano seguinte, aumentando o ciclo vegetativo e o porte; buscando maior produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação a cultivares insensíveis ao fotoperíodo, que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto (PARRELLA, 2010). O sorgo

biomassa apresenta grande produtividade de massa seca, com colmos fibrosos e ricos em lignina, o que confere elevado poder calorífico à biomassa com seu uso nas caldeiras para cogeração de energia (MAY et al., 2013). Os sorgos, sacarino e biomassa, são alternativas complementares as usinas sucroenergéticas na entressafra da cana, permitindo seu funcionamento em períodos marcados pela ociosidade do parque produtivo já instalado (TEIXEIRA, 2017).

O Brasil, referência na utilização de recursos renováveis em sua matriz energética, embora tenha expressiva capacidade de produção de etanol, apresenta-se com o desafio de diversificar as matérias-primas para a produção de biocombustíveis, que ainda depende da soja e da cana-de-açúcar (ALMEIDA, 2019). Além disso, a diversificação poderá promover a descentralização da produção, que também é um problema atual, pois as regiões produtoras do país encontram-se distantes das regiões consumidoras, o que afeta a logística e conseqüentemente aumenta o preço (ALMEIDA, 2019). A crise de 2008, no setor canavieiro comprometeu a expansão do sorgo sacarino para a produção de etanol no país, por outro lado a crise energética favoreceu a expansão do sorgo biomassa (TEIXEIRA, 2017).

As matérias-primas para a produção de etanol podem ser separadas de acordo com a complexidade molecular dos substratos em três grupos, que pode ser observado na Figura 7 (DONKE, 2016). O primeiro seria o grupo de substratos solúveis como a sacarose, glicose e a frutose presentes na cana-de-açúcar, beterraba e também no sorgo sacarino. O segundo seria os polissacarídeos insolúveis que precisam de tratamento médio para a solubilização e, hidrólise para a conversão de etanol que é o caso do amido presente, por exemplo, no milho, mandioca, cevada, sorgo sacarino. Por último, temos o grupo dos polissacarídeos insolúveis mais resistentes, que necessita passar por tratamentos físicos, seguido por hidrólise química ou enzimática para produzir substratos na forma monomérica, que serão convertidos em combustível como a celulose e a hemicelulósica de matérias primas lignocelulósicas, que é o caso do sorgo biomassa (DONKE, 2016).



**Figura 7:** Esquema representando as matérias primas do sorgo para a produção de etanol  
Fonte: Adaptado de Donke, 2016.

O sorgo biomassa é uma cultura promissora para a produção de etanol celulósico, que é conhecido como etanol de segunda geração (ALMEIDA, 2019). Segundo Garcia (2020) os genótipos de sorgo biomassa se destacaram pela produção de etanol de segunda geração após o pré-tratamento ácido/básico, reforçando o potencial dessa cultura como fonte de açúcares fermentescíveis para produção de etanol de segunda geração.

Outra vantagem em que o sorgo biomassa vem se destacando é para a produção de energia, com as suas características relacionadas ao processo de combustão como o poder calorífico, teores de carbono fixo e volátil e teores de metais alcalinos (OLIVEIRA, 2013). Segundo Mantovani et al. (2013), para utilizar a matéria prima para a produção de cogeração de energia, sugere-se buscar matéria-prima com menor teor de umidade, pois do contrário existe a perda na eficiência na geração de energia. Atualmente os materiais existente até no momento sugere a umidade em torno de 50% para a colheita.

Segundo Semeone et al. (2018) o sorgo biomassa possui grande potencial para a produção de *pellets* (Figura 8). Atualmente a principal matéria-prima para a produção de *pellets* é a serragem e os subprodutos de serrarias, mas a busca por alternativas sustentáveis é necessária. A União Europeia é o maior mercado consumidor de *pellets* e os mesmos são utilizados em indústrias, pizzarias, padarias, hotéis, granjas, lavanderias, entre outros.



**Figura 8:** *Pellets* de sorgo biomassa BRS 716 com 6mm de diâmetro.  
Fonte: Simeone, 2018.

#### 2.2.4. SORGO FORRAGEIRO

O sorgo forrageiro é uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes (BUSO, 2011). Possui porte alto, altura de planta superior a três metros, ciclo de médio a tardio, elevada produção de forragem, seu colmo é isoporizado (Figura 9) quando comparamos, por exemplo, ao sorgo sacarino que possui colmos ricos em açúcares (TABOSA et al., 2020).



**Figura 9:** Vista parcial do colmo do sorgo forrageiro (A), colmo do sorgo sacarino (B) (Foto: José Nildo Tabosa).  
Fonte: TABOSA et al., 2020.

É de grande importância para os sistemas de produção da bovinocultura brasileira, sendo resistente ao déficit hídrico e apresentando acelerado crescimento e emissão de perfilho. Quando a umidade do solo é suficiente, essa cultura possui altas taxas fotossintéticas e rápida alongação de colmos, dessa forma, é utilizado para a fabricação de silagem e pastejo direto (BUSO, 2011; FERNANDES et al., 2020). A altura da planta do sorgo forrageiro esta

relacionada à sua produtividade de matéria seca, assim quanto maior a altura, maior a quantidade de matéria seca produzida (PARELLA et al., 2014).

O sorgo forrageiro pode ser cultivado na região do Centro-Sul do Brasil de agosto até abril, para o uso de silagem. O uso da fermentação anaeróbica de forrageiras da origem a silagem, que se torna cada vez mais comum, pois é um processo realizado em razão das estações de seca, sendo boa opção na alimentação de ruminantes (OLIVEIRA, 2015). Das culturas forrageiras mais utilizadas para esse processo tem-se o milho e sorgo, pela facilidade para cultivar, possuírem altos rendimentos e principalmente pela qualidade da silagem produzida (PARELLA et al., 2014). Os produtores utilizam a silagem de sorgo forrageiro desejando aumentar a produtividade e manter a alimentação adequada dos animais no período do verão, pois a cultura do sorgo apresenta melhor eficiência do uso da água (FERNANDES, 2020).

Segundo Buso (2011) o sorgo pode ser utilizado para pastejo e silagem, pois possui potencial produtivo elevado, disponibilidade de matéria seca e valor nutritivo. Além disso, a silagem de milho pode ser substituída pela de sorgo sem perdas na produtividade dos animais. Segundo Tabosa et al. (2020), sorgo forrageiro possui alto potencial para a produção, pois possui menores riscos de cultivos em relação a outras culturas e boa qualidade nutricional, seu uso na alimentação de bovinos apresentou resultados semelhantes aqueles com milho.

### **2.2.5. SORGO VASSOURA**

O sorgo vassoura surgiu no Brasil com os europeus e se espalhou pelo país. Havia dezessete fábricas de vassoura de sorgo na década de 30, no estado de São Paulo (VIÉGAS, 1941). A produção de sorgo-vassoura no Brasil era de prática tradicional em pequenas propriedades rurais principalmente no Sul e Sudeste e, a produção era insuficiente para atender a demanda local que parte da palha utilizada era importada da Argentina, Itália e Uruguai (VIÉGAS, 1941; TEIXEIRA, 2018). O cultivo do sorgo-vassoura é utilizado como atividade alternativa para geração de renda, tanto nos sistemas de agricultura familiar como para artesãos fabricantes de vassouras (FARIAS et al., 2000).

O sorgo-vassoura produz panículas de boa qualidade até mesmo em situações adversas, mas na mesma lavoura podemos encontrar as panículas normais e as defeituosas. As normais possuem comprimento de 50 a 60cm (Figura 10), podemos encontrar as panículas

tipo guarda-chuva, que possui as fibras mais curtas e abertas que varia em torno de 20 a 30cm, mas que podem ser utilizadas como enchimento da vassoura (FOLTRAN, 2012).



**Figura 10:** Exemplo de panículas do sorgo-vassoura (Foto: Dulcineia Elizabete Foltran).  
Fonte: Foltran, 2012.

A panícula é a parte mais utilizada para a fabricação das vassouras, quando amarradas juntas formam os feixes que compõem as vassouras (Figura 11), as sementes podem ser fornecidas para os animais domésticos, como por exemplo, as aves e o que sobra da planta seriam o colmo e as folhas que podem ser usadas como cobertura morta ou na compostagem de resíduos vegetais (FOLTRAN et al., 2016).



**Figura 11:** Vassoura artesanal de sorgo, com um feixe único e três costuras, na região de pedreira, SP (Foto: Eduardo Sawazaki).  
Fonte: Foltran et al., 2016.

A cultura do sorgo vassoura possui ciclo de 90 dias, com produtividade de 500 a 900 kg.ha<sup>-1</sup> de palha seca (FOLTRAN, 2012). Segundo Foltran et al. (2016), para produzir uma vassoura necessita-se cerca de 600g de palha, o que dá rendimento médio de 1500 vassouras.ha<sup>-1</sup> considerando a produtividade de 900 kg.ha<sup>-1</sup> de palha de sorgo-vassoura. É consideravelmente rústica essa cultura, seu plantio pode ser feito de forma mecanizada, mas a colheita e limpeza das panículas ainda são feitas de forma manual na maioria dos casos

(FOLTRAN, 2012). Existe no mercado equipamentos (Figura 12), para os pequenos produtores que auxilia no processo, implicando em maior rentabilidade, diminuindo o custo de produção, aumentando a produtividade. Quando estes adquirem esses equipamentos, ocorrem ajuda no amarrio e na costura da vassoura (SAWAZAKI et al., 2018).



**Figura 12:** Máquina para amarrar as vassouras, prensa para costura, guilhotina para corte das fibras e para retirada das sementes da palha.

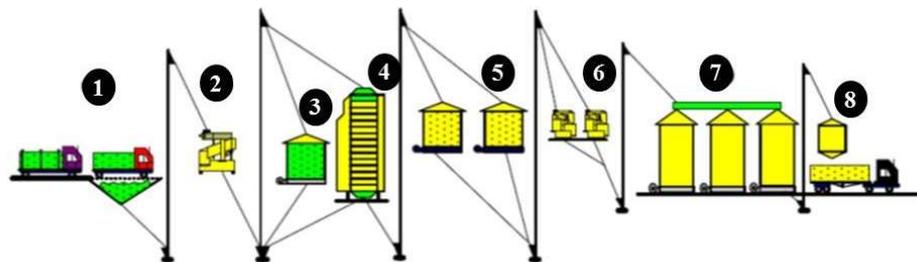
Fonte: Sawazaki et al., 2018.

### 3. PÓS-COLHEITA, ARMAZENAMENTO E QUALIDADE DO SORGO

A pós-colheita e armazenamento são processos de grande importância, faz parte de um complemento de operações já realizadas com o grão, pois não seria adequado ter uma alta produtividade se o produto deteriorar ou se o lote ficar comprometido com procedimentos inadequado (REGINATO, 2014).

Segundo a Instrução Normativa nº29 (BRASIL, 2011), existem quatro tipos de unidades armazenadoras que podem receber o produto agrícola. A primeira seria a unidade armazenadora nível fazenda que fica localizada na propriedade rural. A segunda seria a unidade armazenadora coletora, que possui características próprias com equipamentos para processamento de limpeza, secagem e armazenagem com capacidade para a demanda local. A terceira é a unidade intermediária que se localiza em pontos estratégicos para receber os produtos das unidades coletoras, com a capacidade de grandes estoques para facilitar o processo de comercialização. E a quarta é a unidade terminal, localizada junto a grandes centros, com condições para a rápida recepção e o rápido escoamento do produto, caracterizadas como unidade armazenadora de alta rotatividade. Sendo assim, as unidades armazenadoras coletoras, devem apresentar-se adequadamente projetadas, estruturadas e

gerenciadas para a recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição dos grãos recebidos (Figura 13) (SILVA, 2015).



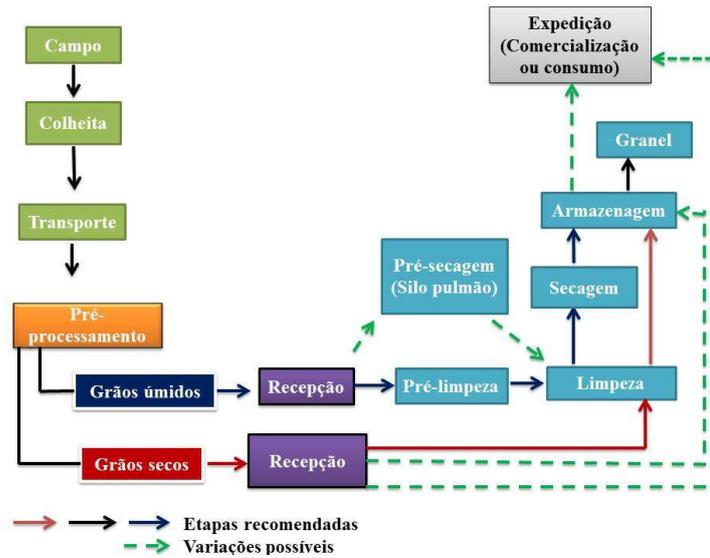
#### Legenda

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Moega                  | 5. Silo para seca-aeração |
| 2. Máquina de pré-limpeza | 6. Máquina de limpeza     |
| 3. Silo-pulmão            | 7. Setor de armazenagem   |
| 4. Secador                | 8. Expedição              |

**Figura 13:** Representação esquematizada de unidade armazenadora de produtos agrícolas.  
Fonte: Silva; 2015.

Os cuidados com a segurança alimentar, no sentido de manutenção de qualidade, começam no campo, pois o sorgo, ao contrário do milho, não estão protegidos por palha, ficando exposto na panícula, que pode ocasionar maiores ataques de pragas e germinação dos grãos, gerando perdas na colheita. A partir da maturação fisiológica do sorgo, a colheita pode ser feita com o grão apresentando umidade alta, mas seguindo as recomendações de boas práticas. É adequado colher entre a faixa de 18% a 20%, quando o grão se apresenta mais maleável, diminuindo as perdas por quebra (MENEZES, 2018).

A colheita do sorgo é realizada mecanicamente através de colhedoras automotrizes ou tracionadas que realizam as operações de corte, trilhagem, separação da palha, limpeza e, são as mesmas máquinas utilizadas para colheita da soja, trigo e arroz, que otimizam a utilização do equipamento, reduzindo o seu custo operacional (MENEZES, 2018). Após o grão ser colhido, o mesmo é encaminhado normalmente por transporte terrestre à unidade armazenadora, onde passará por operações unitárias (Figura 14). Primeiramente ocorre a recepção do sorgo, local que é feita a amostragem e classificação do grão e, somente após essa etapa são realizados os outros processos na unidade.



**Figura 14:** Fluxograma apresentando as etapas de produção e pré-processamento de produtos agrícolas.  
 Fonte: Adaptado de Mantovani et al., 2015.

As operações de pré-armazenamento incluem colheita, transporte, recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza e/ou seleção e expurgo preliminar. Após essas operações destina-se o produto para o armazenamento ou expedição do grão, dependendo das condições do produto ele não passa por todas as operações. Entretanto, as operações de pré-limpeza e secagem são quase obrigatórias. Assim que os grãos chegam à unidade armazenadora devem ser submetidos às operações para ficar o menor tempo possível na moega, que não pode ser utilizada como depósito, principalmente se os grãos estiverem úmidos (ELIAS; 2008; CRUZ, 2015).

Para a etapa de classificação, tem-se atualmente a legislação nacional através da Portaria do Ministério da Agricultura nº268 (BRASIL; 1984), que define as normas de identidade, qualidade, apresentação e embalagem do sorgo. De acordo com a legislação, o sorgo é classificado em classes e tipos, segundo a sua coloração e sua qualidade (Tabela 6). No total são cinco classes, em função do percentual de ocorrência de grãos avariados e carunchados, impurezas, fragmentos e matérias estranhas. Assim, o sorgo será classificado em quatro tipos, expressos por números de um a quatro de acordo com os limites máximos de tolerância (Tabela 7).

Tabela 6 : Classificação de classes do sorgo granífero de acordo com a Portaria n°268 (BRASIL, 1984).

Classes		Tolerância (Porcentagem em peso)
I-	Branco	90% em peso, de grãos brancos, com ligeiras manchas coloridas, marfim ou palha
II-	Amarelo	90% em peso, de grãos amarelos ou rosa-salmão.
III-	Vermelho	90% em peso, de grãos vermelhos ou avermelhados.
IV-	Castanho	90% em peso, de grãos castanhos claros ou escuros.
V-	Mesclado	É o sorgo que não se enquadra em nenhuma das classes anteriores,

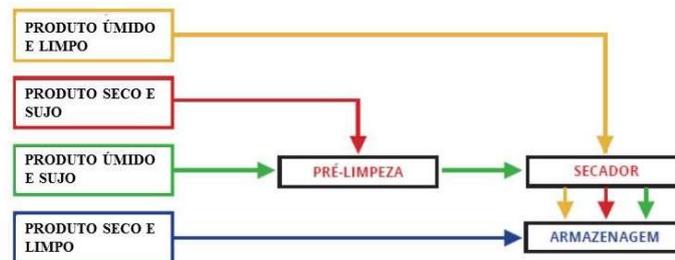
Tabela 7 : Classificação dos tipos do sorgo granífero, limite máximo de tolerância de defeito (%) de acordo com a Portaria n°268 (BRASIL, 1984).

Tipos	Avariados e carunchados		Impurezas fragmentos matérias estranhas	Umidade
	Total	Máximo de ardidos e brotados		
1	8	1	1	13
2	11	3	2	13
3	18	6	4	13
4	27	10	6	13

Ainda segunda a portaria citada anteriormente, a amostragem do sorgo deve ser feita da seguinte forma para o caso de amostra ensacada: retira-se uma amostra através de furação ou calagem, em no mínimo dez por cento do lote, na proporção mínima de trinta gramas de cada saco. Já para o sorgo a granel a amostra será extraída através de calagem (manual ou pneumática), vinte quilogramas em cada cem toneladas de produto. Para quantidades superiores a cem toneladas, retiram-se quinze quilogramas, para cada série ou fração.

As amostras extraídas serão homogeneizadas, reduzidas através de quarteamento e acondicionadas em, no mínimo três vias, com peso mínimo de um quilograma cada, devidamente identificadas, lacradas e autenticadas. Uma amostra é entregue ao interessado e as outras duas ficarão com o órgão classificador e o restante será recolocado no lote. Para efeito de classificação comercial do sorgo (Tabelas 6 e 7), é utilizada uma amostra, novamente homogeneizada, que deve ser retiradas, no mínimo, cem gramas do produto (BRASIL; 1984).

Após o produto ser classificado na recepção da unidade armazenadora, as próximas etapas do processo irão depender das condições desse produto. Caso o produto chegue úmido e limpo, é enviado ao secador e posteriormente ao armazenamento. Se o produto chega à unidade armazenadora sujo e úmido, primeiro é preciso realizar a limpeza, a secagem para então ser armazenado (Figura 15). Para armazenamento seguro é importante atentar ao teor de água nos grãos. Para o sorgo considera-se o valor de 26% (b.u) (teor de água em base úmida), na colheita, o ideal é de 23 a 26%, após a secagem a recomendação é em torno de 9% (ELIAS, 2008; SENAR, 2018; CRUZ, 2019). Já para armazenamento superior a 12 meses, Cruz (2019) recomenda armazenamento de grãos em sistema refrigerado, desta maneira há a manutenção da qualidade do produto.



**Figura 15:** Armazenamento de produtos agrícolas com sistema de secagem convencional.  
Fonte: Senar, 2018.

Os grãos colhidos com máquinas ou trilhadoras mecânicas apresentam grande quantidade de impurezas, como pedaços de ramos, folhas, palhas, torrões e poeira. Para facilitar e melhorar a eficiência dos sistemas de secagem, transporte, armazenagem e as demais operações de beneficiamento, deve-se eliminar parcialmente as impurezas. Para realizar esta operação, utilizam-se máquinas denominadas de ar e peneiras, ou popularmente conhecidas como peneirões (KOZEN, 2012). Segundo Fonseca (2007), o grão de sorgo em geral carrega mais impureza que outros grãos, dessa forma as etapas de pré-limpeza e limpeza são necessárias para que se reduza a possibilidade de infestação de insetos na fase de armazenagem, reduzindo também a possibilidade de problemas na secagem.

A secagem é a etapa que reduz o teor de água dos grãos para percentuais que diminuem a sua atividade metabólica e a possibilidade de ataque de insetos. É considerada importante para o armazenagem do sorgo, pois quando se reduz o conteúdo de umidade, garantem-se melhor germinação e vigor da semente, além de se reduzir a deterioração primária, devido a insetos e, secundária, devido a fungos (SOUZA, 2006; FONSECA; 2007).

O armazenamento é a operação em que os grãos de sorgo ficam guardados, com o objetivo de conservar suas propriedades para o consumo ou comercialização, sendo que esta etapa não melhora a qualidade dos grãos, apenas a preserva (FONSECA, 2007). Para a conservação dos grãos, em período não muito longo, pode ser o uso de ácidos orgânicos para efeito inibitório de fungos de armazenamento, principalmente *Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.* (RANGEL et al; 2004). São sugeridas para pequenos e médios produtores que não dispõem de adequadas estruturas de secagem e de armazenamento do sorgo visando conservar grãos armazenados em pequena e média escala (ELIAS et al., 2008). Segundo Elias et al. (2008), o armazenamento de grãos sem secagem e sem adição de ácidos impossibilitou conservação do sorgo até mesmo em períodos inferiores a 60 dias.

Das práticas agrícolas que devem ser feitas é o controle de insetos e pragas que atacam os grãos de sorgo no armazenamento. Os insetos podem ser divididos em dois grupos, o primário e o secundário. Os primários são aqueles capazes de atacar o grão ainda não danificado como, por exemplo, Angoumois mariposa (*Sitotroga cerealella*). Os secundários são aqueles que atacam grãos danificados previamente pelos primários, com danos mecânicos devido à descarga inadequada ou aqueles que foram processados pela a moagem, por exemplo, o besouro da farinha (*Tribolium spp.*). Entre as principais pragas observadas na cultura do sorgo, tem-se caruncho-do-milho (*Sitophilus zeamais*) (Figura 16-A), besourinho-dos-cereais (*Rhyzopertha dominica*) (Figura 16-B), traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*) (Figura 16-C) (BETA et al., 2016; PIMENTEL et al., 2019).



**Figura 16:** Grãos de sorgo infestados pelo caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (A), Grãos de sorgo danificados e resíduos na forma de pó que caracterizam infestação por *Rhyzopertha Dominica* (B), Grãos de sorgo danificados e resíduos na forma de pó que caracterizam infestação por *Rhyzopertha dominica* (C). (Fotos Marcos Aurélio Guerra Pimentel).

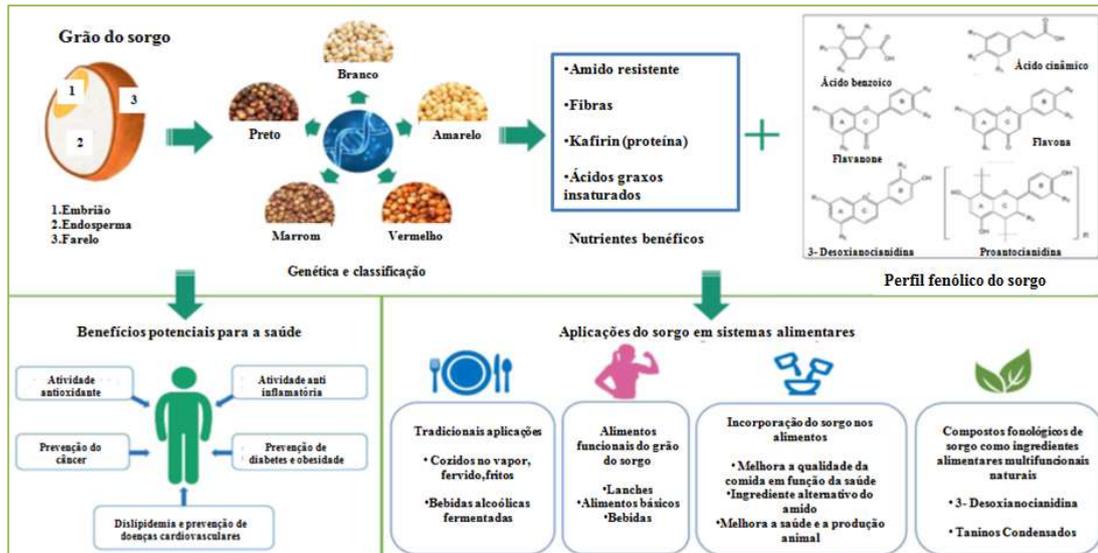
Fonte: Pimentel, 2019.

Desta forma, práticas de controle devem ser realizadas com o propósito de garantir a qualidade dos grãos armazenados e reduzir as perdas pós-colheita, contribuindo para a rentabilidade do produtor e entregar o produto com qualidade e propriedades nutricionais à indústria e ao consumidor final (PIMENTEL et al., 2019).

Durante as práticas da pós-colheita e armazenamento, podem existir perdas dos grãos que devem ser consideradas na gestão da armazenagem. Alguns exemplos de perdas que podem ocorrer com o sorgo são em função dos danos mecânicos provocados através de forma de descarga inadequada no armazém, que acaba gerando grãos quebrados e trincados. Estes grãos podem ser facilmente atacados por insetos, além de estarem mais propícios para desenvolvimento microbiano, como fungos que poderão contaminar a massa de sorgo com micotoxinas. Outras perdas significativas podem ocorrer quando a massa de grãos é armazenada com impureza, ou com diferenças no teor de água devido à secagem incorreta de grãos e, até mesmo em condições de circulação de ar deficiente no local de armazenagem; implicando em perdas na qualidade do sorgo armazenado (ANDRADE et al., 2008).

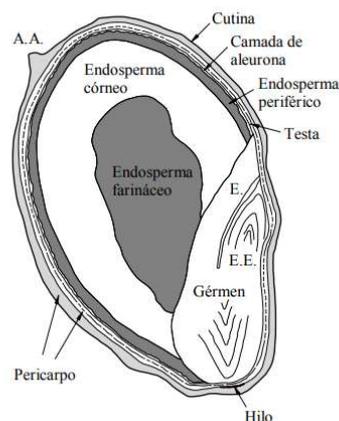
### **3.1. SORGO E A IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL**

Os grãos apresentam grande importância nutricional e a sua composição varia entre as cultivares e a forma de cultivo. De modo geral, o amido é o principal componente dos grãos, seguido de proteínas, polissacarídeos não amilácios e lipídios. Também apresenta açúcares solúveis, frutanas, teor de fibras em torno de 6%, o teor de proteína varia entre 7 a 15%, o seu valor energético fica em média de 356 kcal/100g (MORAES et al., 2012, ORLANDIN, 2016; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). Atualmente nos deparamos com aumento de casos de doenças crônicas não transmissíveis e muitos desses casos estão relacionados à má alimentação da população, em que as pessoas não estão ingerindo alimentos saudáveis o suficiente (AWIKA; ROONEY, 2004; BORGES, 2013). Visando diminuir esses índices e mudar certos hábitos alimentares e ajudar no tratamento dessas doenças, pesquisas mostram que o sorgo é alternativa ao consumo humano, pois possui elevada concentração de ácidos fenólicos antocianinas, taninos e fibras alimentares (AWIKA; ROONEY, 2004; QUEIROZ et al., 2011; MARTINO et al., 2014; XIONG et al., 2019). Os compostos do sorgo tem despertado interesse da saúde, pois apresentam atividade antioxidante no organismo humano, contribuindo para a prevenção de doenças crônicas, como as cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidade e até câncer (Figura 17) (AWIKA; ROONEY, 2004; QUEIROZ et al., 2011; MARTINO et al., 2014; XIONG et al., 2019).



**Figura 17:** Diagrama esquemático de genótipos de grãos de sorgo, componentes nutricionais, benefícios potenciais para a saúde e aplicações industriais.  
Fonte: Xiong et al., 2019.

Através da coloração do grão, é possível realizar classificações. O sorgo branco apresenta ausência de taninos e baixos níveis de fenol total extraível. De igual maneira, o sorgo vermelho não possui tanino, no entanto, os fenóis extraíveis se fazem presente na sua composição (AWIKA; ROONEY, 2004). O sorgo com pericarpo preto, com níveis elevados de antocianinas e sorgo marrom que tem testa pigmentada e contém níveis significativos de taninos, com vários graus de pigmentação do pericarpo (Figura 18) (AWIKA; ROONEY, 2004).



**Figura 18:** Esquema de um grão de sorgo. A.A.: Área apical; E.: Escutelo; E.E.: Eixo embrionário  
Fonte: Modificado EARP et al., 2004.

Os taninos são compostos fenólicos solúveis em água, com peso molecular entre 500 e 3.000 Daltons, sendo classificados em duas categorias: taninos hidrolisáveis e não hidrolisáveis ou condensados. Os taninos são amplamente distribuídos nas frutas, hortaliças, vinho tinto e em grãos. No sorgo, os taninos estão localizados na testa, espessa camada localizada logo abaixo do pericarpo (Figura 18) (EARP et al., 2004; VARGAS-SOLÓRZANO, 2013; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

Outro fator relevante é a característica do sorgo não possuir glúten, podendo ser alimento alternativo para portadores de doença celíaca, indivíduos estes geneticamente susceptíveis com desordem autoimune causada pela ingestão de proteínas. Como a doença celíaca não apresenta cura o tratamento consiste em dieta totalmente isenta de glúten (AWIKA; ROONEY, 2004; MARTINO et al., 2014). Assim, pesquisadores vem trabalhando há anos no intuito de uma linha mais funcional do sorgo, com projetos focados na avaliação de genótipos, para desenvolver híbridos do grão, potencial para auxiliar na promoção da saúde humana e assim dar mais foco para o consumo humano no Brasil (Figura 19) (AWIKA; ROONEY, 2004; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; XIONG et al., 2019; EMBRAPA, 2020).



**Figura 19:** Produtos sem glúten à base de sorgo  
Fonte: Embrapa, 2020.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram estudados trabalhos científicos e técnicos, desenvolvidos e publicados em âmbito nacional e internacionalmente e, observou-se a importância do uso do sorgo, tanto para a produção de alimentos quanto na produção de bioenergia.

Foram demonstradas as particularidades da cultura e os tipos de sorgo, sendo estes granífero, sacarino, forrageiro, biomassa e vassoura. Constatou-se que no Brasil, o sorgo granífero destaca-se para alimentação animal e, mais recentemente vem sendo utilizado para a fabricação de alimentos humanos sem glúten. Já o sorgo sacarino se mostra eficiente para o período de entressafra energética, sendo assim as usinas tem a possibilidade de obter durante o ano inteiro matéria-prima para a produção de etanol.

O forrageiro é utilizado para a alimentação de ruminantes, especialmente na época da seca, em que o sorgo forrageiro é resistente ao estresse hídrico e eficiente na produção de matéria seca para a alimentação animal.

O sorgo vassoura já é utilizado há mais tempo para a produção de vassouras, mesmo de forma tradicional e manual, mas atualmente com a tecnologia já existente podem produzir até mais vassouras com as máquinas para amarrar as mesmas.

Por fim foram apresentadas as etapas pós-colheita e processamento e as boas práticas de armazenagem para a cultura do sorgo, visando manter as suas propriedades durante as operações de logística de armazenamento e demonstrando a sua importância nutricional para a saúde humana.

## 5. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

ALMEIDA, Luciana Gomes Fonseca. **Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*)**. 2019. Trabalho apresentado ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis - Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, 2019. Disponível em: [http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana\\_gomes\\_fonseca\\_almeida.pdf](http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf) Acesso em 28 out.2020.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, n. 9, p. 1199-1221, 2004.

BARCELOS, Carolina Araújo. **Aproveitamento das Frações Sacarínea, Amilácea e Lignocelulósica do Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a Produção de Bioetanol**. Tese de Doutorado. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BORGES, Tatiana Pereira. **Classificação e métodos de cozimento de sorgo (*sorghum bicolor* l. moench) em grãos**. 2013. Dissertação (*Magister Scientiae*)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

**BRASIL.1984**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Portaria nº Portaria 268, de 22 de agosto de 1984. Diário Oficial da união. p.4.

**BRASIL. 2020**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Portaria nº 305, de 20 de outubro de 2020. Portaria publicada no D.O.U do dia 23 de outubro de 2020, seção 1.

BIOEDIESELBR, 2012. **Proálcool- Programa Brasileiro de Álcool**. Revista BiodieselBR online. Disponível em <https://www.biodieselbr.com/proalcool/proalcool/programa-etanol.htm>. Acessado em 10 de fevereiro de 2021.

BETA, T; CHISI, M; MONYO, ES. Sorghum, Harvest, Storage and Transport. Dezembro 2016. Projeto: Recursos Genéticos. DOI: 10.1016 / b978-0-12-394437-5.00186-8

BUSO, W.H.D. et al. **Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal**. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CARVALHO, Letícia Souza Silva. et al. **Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer. 2015. - Goiânia, v.11 n.21; p. 1757.

CASTRO, Fernanda Maria Rodrigues. **Acúmulo de biomassa e compostos lignocelulósicos em híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo**. 2018. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia-Universidade Federal de Lavras. 2018. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29087/2/TESE\\_Ac%C3%BAculo%20de%20biomassa%20e%20compostos%20lignocelul%C3%B3sicos%20em%20h%C3%ADbridos%2](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29087/2/TESE_Ac%C3%BAculo%20de%20biomassa%20e%20compostos%20lignocelul%C3%B3sicos%20em%20h%C3%ADbridos%2)

0de%20sorgo%20sens%C3%ADveis%20ao%20fotoper%C3%ADodo.pdf. Acessado em 04 nov.2020.

COELHO, A.M. Cultivares de sorgo para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.5, n.56, p.22-26, 1979 apud BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Grãos**. V. 7 - SAFRA 2019/20- N. 10 - Décimo levantamento. Julho 2020.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Série histórica das safras. 2021. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>

COTA, Luciano Viana. **Doenças**. In: Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, Versão Eletrônica - 6ª edição. Set./2010.

CRUZ, David Bandeira da. **Efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas dos grãos e sobre físico-químicas, estruturais, térmicas e de pasta do amido isolado de grãos de sorgo**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

CRUZ, David Bandeira da. **Efeitos da umidade e da temperatura durante o armazenamento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e nutricional do sorgo granífero**. 2019. Tese. (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

DONKE, Ana Cristina Guimarães. **Avaliação de desempenho ambiental energético da produção de etanol da cana, milho e sorgo em uma unidade integrado, seguindo a abordagem do ciclo de vida**. 2016. Dissertação apresentada a pós-graduação em energia e ambiente- Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-13072016-092027/publico/anadonke\\_dissertacao.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-13072016-092027/publico/anadonke_dissertacao.pdf) Acessado em 04 nov.2020.

DURAES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. Da C. **Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a Participação Público-Privada: Oportunidades, Perspectivas e Desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 138).

EARP, C. F.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Journal of Cereal Science, v. 39, n. 1, p. 21–27, 2004.

ELIAS, Moacir Cardoso. **Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 1, p. 35-46, jan./mar. 2008.

EMYDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino.** 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/sorgo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm). Acesso em: 04 nov. 2020.

EMBRAPA. **Alimentos sem glúten feitos com sorgo: cookies, mini-pipoca, cupcakes.** Unidade: Embrapa Milho e Sorgo. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1226001/alimentos-a-base-de-sorgo>

FAO, 2020. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agricultural Data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acessado em: 29 out. 2020.

FARIAS, G. A. A. M.; FARIAS, J. G.; NORONHA, J. F. de. **Rentabilidade da produção de vassouras de sorgo-vassoura (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH).** Pesquisa Agropecuária Tropical, [S. l.], 30(1): 97-102, jan./jun. 2000.

FAVARATO, Luiz Fernando et al. Avaliação de linhagens de sorgo vassoura na região de viçosa, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p.82-86, 2011.

FERNANDES, Patrick Bezerra et al. **Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: Revisão.** PUBVET v.14, n.7, a603, p.1-7, Jul., 2020

FILHO, Sergio Lucio Salamon Cabral. **Efeitos do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos.** 2004. Tese (Doutorado em ciências, área de concentração: Energia nuclear na agricultura). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FOLTRAN, Dulcineia Elizabete. **O sorgo-vassoura como alternativa agrícola regional.** Jornal Pesquisa & Tecnologia, vol. 9, n. 1, Jan-Jun 2012. Disponível em: <http://apta regional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/janeiro-junho-2/1204-o-sorgo-vassoura-como-alternativa-agricola-regional/file.html> Acessado em 28 out. 2020.

FOLTRAN, D. E.; SAWAZAKI, E.; FREITAS, R. S. Novos cultivares de sorgo-vassoura para agricultura regional. **Pesquisa e Tecnologia**, vol. 13, n. 1, Jan – Jun 2016.

FONTES, M. M.; Silva, B. A.; Dantas, J. P.; Silveira, D. C.; Cavalcanti, M. T. **Caracterização físico-química do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench].** Revista Verde, v.6, p.216–219, 2011.

FOOD INGREDIENTS BRASILE. **SORGO Características Tecnológicas e nutricionais.** Nº 42. Revista oficial da Fi South America – 2017. [revista-fi.com.br](http://revista-fi.com.br).

FONSECA, Marcos José de Oliveira. **Cultivo do Sorgo**. Colheita e pós-colheita. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 3ª edição. Set/2007.

GARCIA, Nathally S. et al. Produção de etanol de segunda geração a partir do sorgo biomassa. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 18., 2020, Sete Lagoas. [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020., 2020.

GOMES, Silvia Cristina Marques. **Produção de etanol utilizando mix de sorgo sacarino e cana-de-açúcar em processo de maturação**. 2014. xii, 51 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110642>. Acessado em 28 out.2020.[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_3\\_ed/importancia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/importancia.htm)

KOZEN, Alessandro. **Estudo do fluxograma operacional dos grãos em unidade armazenadora nível coletor**. Universidade regional integrada do alto Uruguai e das missões. Curso de Engenharia Agrícola Erechim, julho de 2012.

LANDAU, Elena Charlotte **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**. 2015. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Volume. 4 p.414. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214957/1/LivroDinamicaAgropecBR-Vol04.pdf>. Acessado 28 out.2020.

MACEDO, Isaias C.. Situação atual e perspectivas do etanol. *Estud. Avançados*. 2007, vol.21, n.59, pp.157-165. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100012>.

MAGALHÃES, Paulo César et al. **Fisiologia da planta do sorgo**. Sete lagoas , MG: Empraba milho e sorgo, 2003. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA- milho e sorgo. Comunicado Técnico, 86).

MAGALHÃES, Paulo César; et al. **Fisiologia da planta de Sorgo**. Sete lagoas, MG: Empraba milho e sorgo, 2000. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA- milho e sorgo. Circular técnica, 3).

MARTINO, H. S. D. et al. **Por que utilizar o sorgo na alimentação humana?** In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. Livro Técnico-Científico. Cap. 11, p. 95-114. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106919/1/Sorgo-alimentacao.pdf> . Acessado 02 set.2020.

MARTINS, Alexandre Matos. et al. **Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, n.2, p. 217-231, 2017.

MAY, A., Silva, D. D., Santos, F. C. (eds.), 2013. **Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica**. Documentos 152- Embrapa Milho e Sorgo.

MONTOVANI, C.E. et al. **Cultivo do Milho**. Nov/2015. 9ª edição Embrapa Milho e Sorgo. Artigo em hipertexto. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao1f6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7905&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=1316](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=1316)>. Acesso em 01.abril.2021.

MENEZES, Cicero Beserra De . **Sorgo Granífero: Estenda sua Safrinha com Segurança**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo,176).

MENEZES, Cicero Beserra De. et al. **É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil?**. In: Congresso nacional de milho e sorgo, 32., 2018, lavras. soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: Capítulo em Livro Técnico-Científico. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 4, p. 106-139.

MONTEIRO, Beatriz Freitas Carvalho Guimarães. **Avaliação do efeito do uso da farinha de sorgo como ingrediente em massa alimentícia e das informações nutricionais complementares associadas sobre a intenção de compras utilizando análise conjunta de fatores baseados em escolhas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Nutrição) Universidade de Brasília (UnB). Brasília. 2016.

MORAES, Érica Aguiar et al. **In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption**. *Food Chemistry*. 134 (2012) 1549–1555.

MOREIRA, Luciano Rezende, D Se., **Caracterização morfofisiológica de cultivares de sorgo sacarino em estresse hídrico**. Universidade Federal de Viçosa. Dezembro, 2011.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; OLIVEIRA, I. R. de. **Indicações Técnicas para Controle de Pragas e Armazenamento de Grãos de Sorgo**. Circular técnica 251. Sete lagoas, MG. Maio, 2019.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Embrapa Agroenergia em Revista**, 2011. v. 2, n. 6, p. 2-52.

OLIVEIRA, Nivia Soares Santos . **Características bromatológicas de genótipos de sorgo submetidos a diferentes densidades de plantas em diferentes épocas de corte**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de São João Del Rei. 2015. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal2repositorio/file/ceagr/tcc%202015%201%201/caracteristicas%20forrageiras%20de%20genotipos%20de%20sorgo%20submetidos%20a%20diferentes>

%20densidades%20de%20plantas%20e%20epocas%20de%20corte-%20nivea%20soares%20s\_%20de%20oliveira.pdf. Acessado em 28 out.2020.

ORLANDIN, Lícia Camargo. **Desenvolvimento e avaliação da qualidade de massas alimentícias sem glúten à base de farinhas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench)**. 2016. 91 f., il. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira. et al. **O Sorgo na alimentação humana**. Sete lagoas, MG: Empraba milho e sorgo, 2009. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA- milho e sorgo. Circular técnica, 133).

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira. et al. **Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*sorghum bicolor* (L) moench], na alimentação humana**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.10, n.3, p. 180-195, 2011.

OLIVEIRA, Nivia Soares Santos . **Características bromatológicas de genótipos de sorgo submetidos a diferentes densidades de plantas em diferentes épocas de corte**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de São João Del Rei. 2015. Disponível em: [https://ufsj.edu.br/portal2repositorio/file/ceagr/tcc%202015%201%201/caracteristicas%20forrageiras%20de%20genotipos%20de%20sorgo%20submetidos%20a%20diferentes%20densidades%20de%20plantas%20e%20epocas%20de%20corte%20nivea%20soares%20s\\_%20de%20oliveira.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2repositorio/file/ceagr/tcc%202015%201%201/caracteristicas%20forrageiras%20de%20genotipos%20de%20sorgo%20submetidos%20a%20diferentes%20densidades%20de%20plantas%20e%20epocas%20de%20corte%20nivea%20soares%20s_%20de%20oliveira.pdf). Acessado em 28 out.2020.

PAIVA, Caroline Liboreiro et al. Características tecnológicas, sensoriais e químicas de massas secas sem glúten à base de farinhas de sorgo e milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, p. 1–9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.09518>. Acessado em 28 out.2020.

PARRELLA, R. A. C.; MENEZES, C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. 275p.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Embrapa Agroenergia em Revista**, 2011 v. 2, n. 6.

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira. et al. **O Sorgo na alimentação humana**. Sete lagoas, MG: Empraba milho e sorgo, 2009. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA- milho e sorgo. Circular técnica, 133).

RATNAVATHI1 C.V.; CHAVAN U.D. Chapter 2 Malting and Brewing of Sorghum. *Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective*. Academic Press,2016, Pages 63-105, ISBN 9780128031575. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803157-5.00002-2>.

RANGEL, M. A. S.; VILLELA, F. A. Conservação de sementes de soja pela aplicação de produtos à base de ácido propiônico. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.26, n.1, p.57-61, 2004.

REGINATO, Maiara Perez. et al. **Boas práticas de armazenagem de grãos**. In: 8 o ENEPEX. UFGD, 2014.

RIBAS, P. M. Importância Econômica. In: Cultivo do Sorgo – Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção versão eletrônica, 3ª ed. Set./2007. Disponível em Rio Verde. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/617/4/Tese\\_L%C3%ADgia%20Campos%20de%20Moura%20Silva.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/617/4/Tese_L%C3%ADgia%20Campos%20de%20Moura%20Silva.pdf) .Acessado em 28 out.2020.

RIBAS, P. M. Cultivo do Sorgo – Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção versão eletrônica, 2ª ed. Set./2008. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32251/1/Plantio-implantacao-1.pdf>.

RIBAS, P. M; et al. **Eficiência da cadeia produtiva do sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo - Capítulo em livro científico. 2014. cap. 9, p. 72-87. Disponível em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/992070>

ROBERTO, Consuelo Domenici; et al. Segurança De Produtos Na Pós-Colheita. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 2008. Departamento de Engenharia Agrícola/ CBP&D-Café- Universidade Federal de Viçosa p. 539–560.

SAWAZAKI, Eduardo; FREITAS, Rogerio Soares de. **Sorgo-Vassoura de Porte Baixo IAC 10V50**. Boletim técnico informático do instituto agronomico. Abril.2018. Disponível em : <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=1159>

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. Brasília: Senar, 2018.100 p.; il. (Coleção SENAR 216) ISBN: 978-85-7664-201-5.

SEMEAGRO. Cientistas querem incentivar inserção do sorgo para consumo dos brasileiros. Publicado: sexta-feira, junho 10, 2016. Disponível em : <https://www.semagro.ms.gov.br/cientistas-querem-incentivar-insercao-do-sorgo-para-consumo-dos-brasileiros/>. Acessado em 25 nov 2020.

SILVA, Lígia Campos de Moura. **Cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero**. 2019. Tese (Doutorado agronomia) Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus

SILVA, Natacha. Quantificação de amido e proteínas totais em grãos de sorgo [ *Sorghum bicolor* ( L .) Moench - Família : Poaceae ] visando à alimentação humana. **Programa de Pós-Graduação em Botânica Quantificação. Dissertação de**

**Mestrado, Barsília - DF., [S. l.], p. 53, 2015.**

SIMEONE, M. L. F.; DAMASCENO, C. M. B.; FIETTO, L. G.; CAMPOS, V. J.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. **Genótipos de sorgo com potencial para sacarificação.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, nº 182, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018.

SOUZA, C.L. de. et al. **Aspectos comparativos entre milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): diferenças e semelhanças.** Diversitas Journal, v. 5, n. 4, p. 2337-2357, 26 out. 2020. Disponível: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i4-891>. Acessado em 14 jan.2021.

SOUZA, Glaucia de Fatima Moreira Vieira e. **Armazenamento de sementes de sorgo, colhidas com diferentes graus de umidade submetidas a tempo de espera para secagem.** 2006. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em agronomia, Universidade Federal de Uberlândia/ MG.

TABOSA, José Nildo et al. Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste , Sertão e afins do Semiárido Brasileiro. XIMENES, Luciano Feijão **Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 1138. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205051/1/Tecnologias-de-Convivencia-com-o-Semiario-Brasileiro-2019.pdf> . Acessado:28 out.2020.

TABOSA, José Nildo et al. **Cadernos do Semiárido riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – v.15, n.2.2020.** Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2020. Volume: Sorgo. Bimestral.ISSN 2526-2556

TEIXEIRA, Thaís Patrícia Moreira. **Estudo da maturação e ponto de colheita em materiais de sorgo destinados à bioenergia.** Dissertação- Universidade Federal de Viçosa, 2017 Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168384/1/Rafael-Dissertacao-Thais.pdf>. Acessado em 28 out.2020.

TEIXEIRA, Jadson dos Santos. **Caracterização de acessos de sorgo-vassoura utilizando descritores morfoagronômicos.** 2018. 31 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

VARGAS-SOLÓRZANO, Jhony Willian. **Obtenção e caracterização de farinha extrudada de diferentes genótipos de sorgo para o desenvolvimento de biscoitos doces.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2013.

VENKATESWARAN, K et al. Chapter 3. Classification, Distribution and Biology. Breeding Sorghum for Diverse End Uses. 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00003-6>

VIEGAS, G. P. A. **Seleção do Sorgo Vassoura**. Boletim Técnico do Instituto. Bragantia. 1941 vol.1, n.2, pp.177-211. ISSN 0006-8705. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051941000200001>

ULLMANN, R. *et al.* **Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem e ao armazenamento**. Revista Engenharia na Agricultura. V.26, n.04, p.313-321, 2018 Viçosa, MG, DEA/UFV - DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.960>. Acessado em 16 fev. 2021.

WAQUIL, J. M. *et al.* **Ocorrência e controle de pragas na cultura do sorgo nas regiões Alta Mogiana de São Paulo e Triângulo Mineiro**. Embrapa Milho e Sorgo, 2004. Circular técnica, 49. Sete Lagoas. Disponível em [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/17600/1/Circ\\_49.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/17600/1/Circ_49.pdf). Acessado em 22 jan.2021.

XIONG Y, ZHANG P, WARNER RD, FANG Z. **Sorghum grain: from genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications**. (2019). *Comprehensive reviews in food science and food safety* 18(6):2025–2046.