Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

ASPECTOS MORFO-FISIOLÓGICOS E IMPORTÂNCIA ENERGÉTICA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)

MORPHO-PHYSIOLOGICAL ASPECTS AND ENERGY IMPORTANCE OF SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.)

Aldeni Barbosa da Silva
Doutor em Agronomia (Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II). Professor de Biologia do IFPB - Campus Esperança. E-mail: aldeni.silva@ifpb.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9454-7450

Karina Maria Souza dos Santos
Técnica em Sistemas de Energia Renovável pelo IFPB – Campus Esperança
E-mail: karinamsouza27@gmail.com

Gabriella Vitório Batista Monteiro
Técnica em Sistemas de Energia Renovável pelo IFPB – Campus Esperança
E-mail: gabivitorio02@gmail.com

Edmilson Dantas da Silva Filho
Doutor em Engenharia Agrícola (Universidade Federal de Campina Grande – UFCG - Campus I). Professor de Química do IFPB - Campus Campina Grande.
Email: edmilson.silva@ifpb.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1981-7558

Geraldo da Mota Dantas
Mestre em Educação (Universidade Estadual da Paraíba – UEPB). Professor de Física do IFPB – Campus Campina Grande. Email: geraldo.dantas@ifpb.edu.br

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5434-4159

Resumo

Esse trabalho teve o objetivo de analisar os aspectos morfofisiológicos e a importância da cultura da cana-de-açúcar na produção energética. O estudo teve como método de pesquisa utilizado o de natureza exploratória, com análises de revisão bibliográfica qualitativa, a partir de materiais já elaborados utilizados para compor a investigação. Para que os objetivos fossem alcançados foi utilizado fontes bibliográficas baseadas em Livros, Artigos, Scopus, Scielo, Trabalhos de Conclusão de Curso, Teses de Mestrado e Doutorado. A cana-de-açúcar é a principal fonte para a produção de açúcar no mundo e com o desenvolvimento dos seus subprodutos, o etanol e fibras. A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene pertencente à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*. É desenvolvida em forma de moita na sua primeira fase. Na sua parte aérea é formada basicamente por colmos, caule, folhas, inflorescência e frutos. Na sua parte interna ao solo, a cana é formada por raízes e rizomas, no qual este último tem como principal função a reserva nutritiva. As flores da cana são hermafroditas. A cana-de-açúcar apresenta eficiência na utilização de CO_2 e na taxa fotossintética extensa. O melhoramento genético da cana-de-açúcar é fundamental para a resistência, produtividade e é o principal método contra pragas e doenças, refletindo assim na melhor adaptação das plantas que serão cultivadas. Conclui-se que a cana-de-açúcar desempenha um papel essencial na matriz energética brasileira, sendo uma importante fonte de energia renovável, especialmente através da produção de etanol e da geração de eletricidade a partir do bagaço.

Palavras-chave: Biocombustível; Álcool etílico; *Saccharum officinarum*.

Abstract

This study aimed to analyze the morphophysiological aspects and the importance of sugarcane cultivation in energy production. The study used an exploratory research method, with qualitative bibliographic review analyses, based on previously prepared materials used to compose the investigation. In order to achieve the objectives, bibliographic sources based on Books, Articles, Scopus, Scielo, Course Conclusion Papers, Master's and Doctoral Theses were used. Sugarcane is the main source for sugar production in the world and with the development of its by-products, ethanol and fibers. Sugarcane is a semi-perennial plant belonging to the Poaceae family and the Saccharum genus. It is developed in the form of a clump in its first phase. In its aerial part it is basically formed by stalks, stem, leaves, inflorescence and fruits. In its internal part, the sugarcane is formed by roots and rhizomes, the main function of which is to store nutrients. Sugarcane flowers are hermaphrodites. Sugarcane is efficient in the use of CO_2 and has an extensive photosynthetic rate. Genetic improvement of sugarcane is essential for resistance, productivity and is the main method against pests and diseases, thus reflecting in the better adaptation of the plants that will be cultivated. It is concluded that sugarcane plays an essential role in the Brazilian energy matrix, being an important source of renewable energy, especially through the production of ethanol and the generation of electricity from bagasse.

Keywords: Biofuel; Ethanol; *Saccharum officinarum*.

1. Introdução

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é pertencente à ordem das gramíneas (Rodrigues; Ross, 2020) e foi introduzida no Brasil a partir de seu primeiro cultivo feito na Capitania de São Vicente, no nordeste brasileiro, proveniente de mudas importadas da Ilha da Madeira no século XVI, tornando-se muito cultivada na América Latina e ganhando destaque no setor açucareiro brasileiro (UDOP, 2003).

A cultura da cana-de-açúcar mostrou resultados positivos na sua adaptação em solos brasileiros, por ser uma planta típica de climas tropicais e subtropicais, de cultura precoce, intermediária e tardia, possibilitando o seu cultivo no ano inteiro (RODRIGUES; ROSS, 2020) e garantindo benefícios à sociedade em geral, entre eles, a geração de empregos, a melhoria na economia, os avanços tecnológicos na área, a produção de etanol e bioeletricidade e dando destaque às usinas e empresas voltadas para esse tipo de comércio/produção (NUNES, 2017).

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e etanol de cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar, historicamente, representa uma das principais culturas da economia do país, responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo (LEMOS et al., 2015). Na safra 2020/2021, o Brasil foi responsável por produzir 654,5 milhões de toneladas de cana, destinados à produção de açúcar e etanol, tornando-se o maior produtor mundial nessa época (NACHILUK, 2021).

Por ser produzido por matéria-prima orgânica, o etanol se torna capaz de reduzir as emissões de CO_2 (SEBRAE, 2016). Esse biocombustível foi criado no intuito de reduzir a dependência do petróleo importado e amenizar as crises no setor açucareiro. Com isso, no início do século XX, ocorreram os primeiros atos de introdução do etanol na matriz energética brasileira; e em 1925 surgiu a primeira experiência com etanol combustível no país. Em 1933, o então presidente Getúlio Vargas criou o IAA (Instituto do Açúcar e do Álcool), e tornou obrigatório a mistura de etanol na gasolina pela lei nº 737. Em 1975 foi lançado o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), que tinha como objetivo reduzir a dependência da importação de petróleo no Brasil (LEITE; CORTEZ, 2007).

Atualmente, o parque sucroenergético nacional vem buscando o aumento de competitividade, apoiado na produção e difusão de tecnologia, criando as

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

condições para que a indústria nacional alcance índices cada vez mais altos de produtividade agrícola e industrial (SALLES FILHO, 2015).

A cada novo ciclo da cana-de-açúcar a sustentabilidade é renovada, assim como os meios socioeconômicos e socioambientais, visando o bem-estar para o futuro das próximas gerações, tanto da cana quanto dos seres humanos. Tudo isso faz da cana-de-açúcar uma cultura arranjada com a sustentabilidade nas dimensões sociais, econômicas e ambientais, contribuindo assim, para a redução do aquecimento global e para a prosperidade e dignidade humana (NUNES, 2017).

Diante disso, esse trabalho teve o objetivo de analisar os aspectos morfofisiológicos e a importância da cultura da cana-de-açúcar na produção energética.

2. Metodologia

Esse trabalho teve como método de pesquisa utilizado o de natureza exploratória, com análises de revisão bibliográfica qualitativa, a partir de materiais já elaborados utilizados para compor a investigação. Segundo Gil (2008) por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso, bem como aquelas que se propõe a análise das diversas posições acerca de um problema, também costumam ser desenvolvidas quase exclusivamente mediante fontes bibliográficas.

A pesquisa qualitativa baseia-se no exame de evidências fundamentadas em dados verbais e visuais, a fim de entender um determinado fenômeno. Dessa forma, seus dados surgem de coletas de forma sistemática (MENDONÇA; SOUZA, 2021).

Foram utilizadas fontes bibliográficas baseadas em Livros, Artigos, Scopus, Scielo, Trabalhos de Conclusão de Curso, Teses de Mestrado e Doutorado considerando a relevância e relacionando-o ao cultivo da cana-de-açúcar, a produção de etanol, as vantagens e desvantagens do etanol e seus impactos ambientais. Dessa maneira, a pesquisa visou o aprofundamento de questões teóricas já existentes. As referências e as citações foram escritas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

3. Revisão de Literatura

3.1. A Cultura da cana de açúcar

A cana-de-açúcar é a principal fonte para a produção de açúcar no mundo e com o desenvolvimento dos seus subprodutos, o etanol e fibras (Figura 1). A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene pertencente à família Poaceae e ao gênero *Saccharum* (LUCCHESI, 2001).

Figura 1. Cultura da Cana-de-açúcar. Fonte: NUNES (2020).

O plantio da cana-de-açúcar se dá por meio de mudas, os toletes, e o seu crescimento apresenta várias fases. A primeira fase, a germinação (brotação), ocorre em torno de 20 a 30 dias após o plantio, quando o broto começa a se desenvolver em direção à superfície. Paralelamente, as raízes do tolete surgem e há a ascensão das primeiras folhas (RODRIGUES; ROSS, 2020).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

Na segunda fase, perfilhamento, acontece a passagem dos colmos secundários e terciários, junto a formação da touceira. Após a formação de todos os perfilhos, inicia-se a fase de crescimento da cana, quando a planta ganha altura. Há o aumento da matéria seca total e ocorre o acúmulo de açúcar na base. Após a planta atingir altura igual ou superior a 2 m, começa a fase de maturação, quando ela cessa seu crescimento e ocorre a concentração de açúcar (Figura 2). É o momento da colheita (GASCHO et al., 1973; AUDE, 1993).

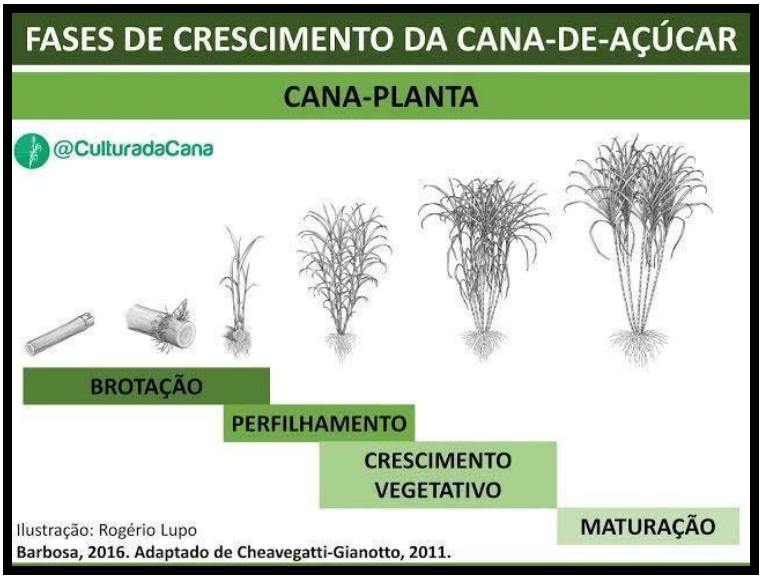

Figura 2. Desenvolvimento das fases de crescimento da cana-de-açúcar. Fonte: CHEAVEGATTI-GIANOTTO (2011).

Na brotação, denominada na fase primária, as raízes se desenvolvem na parte do “nó” do tolete, podendo-se observar após os 10 primeiros dias do plantio o crescimento do broto. O perfilhamento dos colmos é fortemente influenciado por questões climáticas, do solo e genéticas. O crescimento vegetativo dá continuidade à fase de perfilhamento, ocorrendo o aumento da cultura. A maior incidência dos raios solares contribui para o melhoramento dos perfilhos se tornando mais produtivos. A maturação ocorre devido ao maior acúmulo de sacarose no colmo da planta por fatores de estresse, como a falta de água e a baixa umidade (BARBOSA, 2016).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

A cana-de-açúcar desempenha um papel essencial na matriz energética brasileira, sendo uma importante fonte de energia renovável, especialmente através da produção de etanol e da geração de eletricidade a partir do bagaço. A cultura da cana-de-açúcar vem de uma grande evolução e aprimoramento das suas técnicas de plantio e cultivo, desde o Brasil colônia até os dias atuais (VIOLANTE 2012; ULISSES, 2016).

3.2. Anatomia e Fisiologia

A cana-de-açúcar, por pertencer à ordem das gramíneas, é desenvolvida em forma de moita na sua primeira fase. Quando adulta, sua fisionomia apresenta características fundamentais para sua identificação. Na sua parte aérea, ou seja, exterior ao solo, é formada basicamente por colmos, caule, folhas, inflorescência e frutos. Outrossim, na sua parte interna ao solo, a cana é formada por raízes e rizomas, no qual este último tem como principal função a reserva nutritiva (CESNIK; MIOCQUE, 2004).

Segundo Ancélio (2011) às raízes têm como função a absorção de substâncias nutritivas extraídas do solo, substâncias essas que servem de alimento para a planta. Sua composição é formada pela coifa, zona de crescimento, zona pilosa e zona suberosa. Na cana existem dois tipos de raízes, as transitórias, que sustentam a planta nas primeiras semanas após a brotação, e as definitivas, que ficarão no sistema de raiz principal da planta.

O colmo tem como características os nós, que é uma região extremamente importante para a descrição das variedades da cana, pois, nesta parte são encontradas as gemas (poros germinativos que dão origem a um novo colmo), o anel de crescimento, a cicatriz da bainha e a zona radicular (região que abriga a gema e os primórdios radiculares, que posteriormente serão as raízes da nova planta); e os entrenós, que são facilmente encontrados entre dois nós e apresentam formas variadas, sendo elas: cilíndrica, em carretel, conoidal, obconoidal e tumescente; formas essas que podem medir menos de 2 cm (fino), 2 e 3 cm (médio) e mais de 3 cm (grosso) (Figura 3 e 4) (SILVA; SILVA, 2012).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

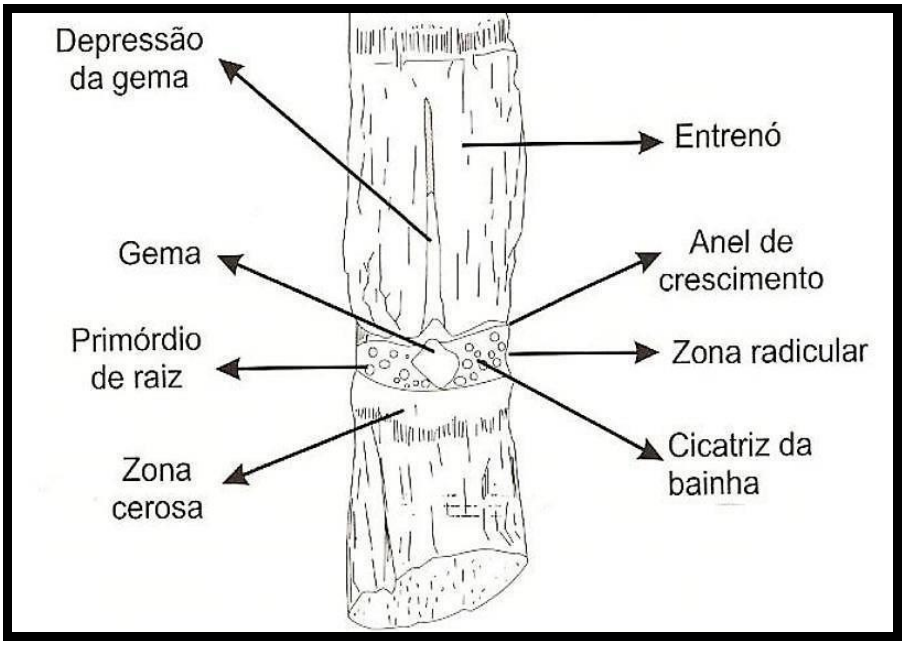

Figura 3. Partes do colmo. Fonte: AZANIA (2017).

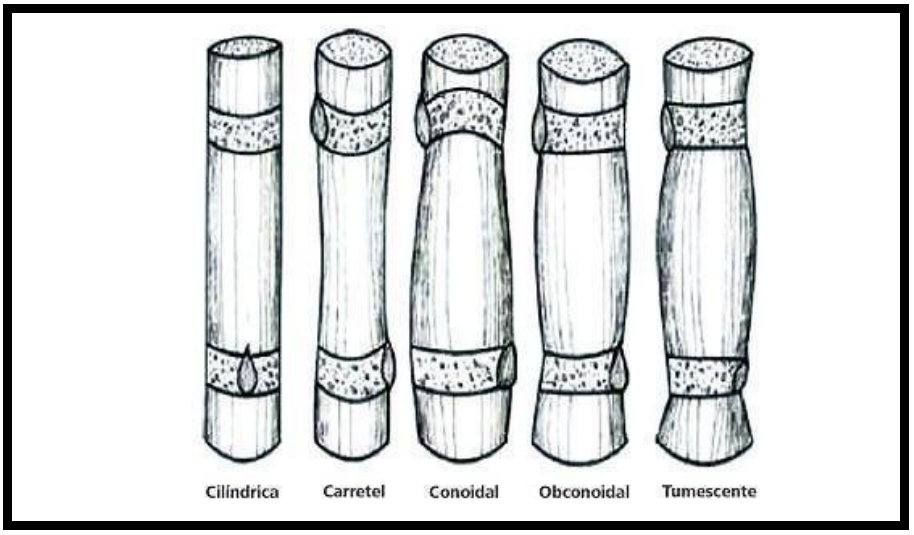

Figura 4. Formas dos entrenós. Fonte: CESNIK; MIOCQUE (2004).

As flores da cana são hermafroditas. O órgão feminino é constituído por um ovário, no qual na parte superior é encontrado dois pistilos e dois estigmas plumosos de cor vermelho-arroxeada. O órgão masculino é constituído por três anteras (onde estão os grãos de pólen) e estames de cor amarelo ou roxo, dependendo da variedade. As flores menores formam espigas florais, que ficam

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

rodeadas de fibras sedosas e agrupadas em panículas, unidas em grandes pendões terminais de cor prateada e em cada uma dessas espigas encontra-se uma flor que produzirá um fruto. Esse fruto tem dimensões próximas de 1,5 x 0,5 mm e apresenta uma depressão no seu embrião (Figura 5) (SILVA; SILVA, 2012).

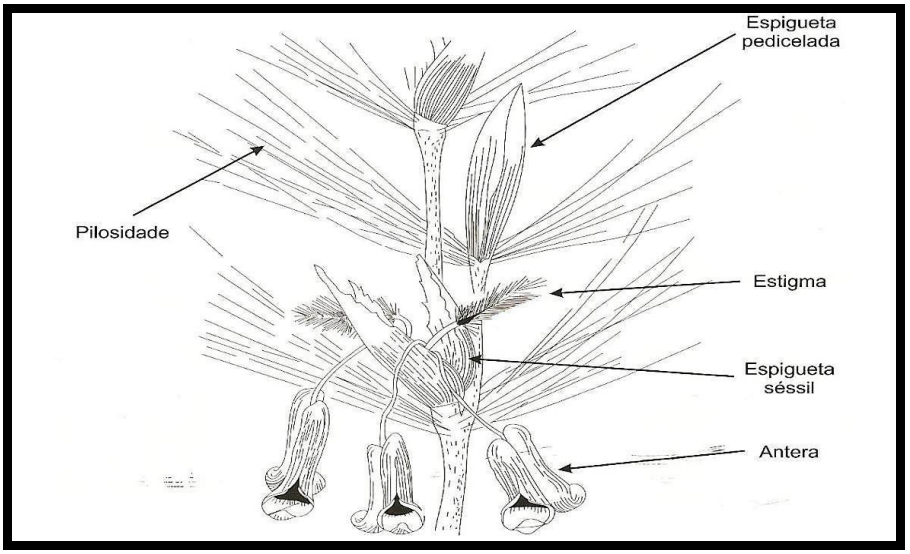

Figura 5. Inflorescência da cana-de-açúcar. Fonte: AZANIA (2017).

Como grande parte das gramíneas, a cana-de-açúcar apresenta eficiência na utilização de CO_2 (mesmo que em baixas concentrações) e na taxa fotossintética extensa. Ela é adaptada a condições de altas temperaturas, luminosidade e umidade do solo (este de extrema importância, já que a cultura precisa de grandes quantidades de água para inteirar suas necessidades hídricas). Suas folhas têm maior capacidade de absorver água em relação a qualquer outra planta que pertence a sua família. Todavia, na cana, as raízes, por meio dos seus pelos absorventes, são as que mais absorvem água. Por isso, a espécie da cana é ideal para ser cultivada em regiões de clima tropical, com temperatura mínima de 20ºC e máxima de 38ºC. A cultura da cana-de-açúcar é comercialmente plantada em larga escala e se propaga de forma assexual por meio da germinação das gemas. Seu plantio normalmente é feito com mudas e colmos de idade menor que 12 meses. O ciclo da primeira plantação da cana é nomeado de ciclo cana-planta.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

De acordo com Silva; Silva (2012), por causa do clima, a plantação da cana-de-açúcar é feita em três épocas:

- Primeira época: a cultura da cana-de-ano-e-meio é plantada entre os meses de janeiro a março. Nos primeiros três meses, inicia-se o desenvolvimento da planta e com a chegada do inverno e da seca, o crescimento fica muito lento, levando 5 meses (abril a agosto), e vegeta nos próximos 7 meses (setembro a abril), para amadurecer nos meses seguintes até completar entre 16-18 meses.

- Segunda época: a cana-ano, como é conhecida por ter ciclo de duração de 12 meses nos períodos de clima chuvoso e quente, tem seu desenvolvimento máximo nos meses de novembro a abril e sendo possível realizar a colheita a partir do mês de julho. Para ocorrer a brotação do tolete, a cana vegeta ininterruptamente até abril, para poder amadurecer. Sendo assim, leva por volta de 8 meses para seu desenvolvimento vegetativo e 4 meses para a maturação, totalizando 12 meses.

- Terceira época: o plantio da cana-de-inverno é feito no período de janeiro a abril (em alguns casos, o plantio é prolongado até maio) no meio do período de clima chuvoso e quente. Nessas condições, a cana fica em repouso na primeira estação do inverno e é cortada na segunda estação do mesmo. Levando aproximadamente 10 meses de desenvolvimento vegetativo, visto que nos primeiros três meses ocorre o desenvolvimento da cana e nos outros sete meses a planta cana vegeta novamente, para então, amadurecer nos meses do período de inverno. Tudo isso tem como resultado uma maior produção da cana-de-açúcar.

De acordo com os mesmos autores, o novo ciclo é iniciado após o corte da cana-planta e ocorre por 12 meses, esse ciclo é chamado de ciclo da cana-soca.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

Os fatores que afetam o ciclo da cana-soca são os mesmos que afetam o ciclo da cana-planta. A fase de maior desenvolvimento de ambos os ciclos ocorre na primeira metade do período de desenvolvimento e o ponto máximo de vegetação ocorre em dezembro todos os anos. É necessário que haja de 12 a 14 folhas em pleno desenvolvimento e que o sistema radicular da touceira esteja desenvolvido, para assim, ter bom aproveitamento da melhor época da vegetação.

A cultura da cana apresenta quatro estádios de desenvolvimento (Figura 6):

- Estádio 1: Brotação e estabelecimento.
- Estádio 2: Perfilhamento da cultura.
- Estádio 3: Período de crescimento.
- Estádio 4: Maturação.

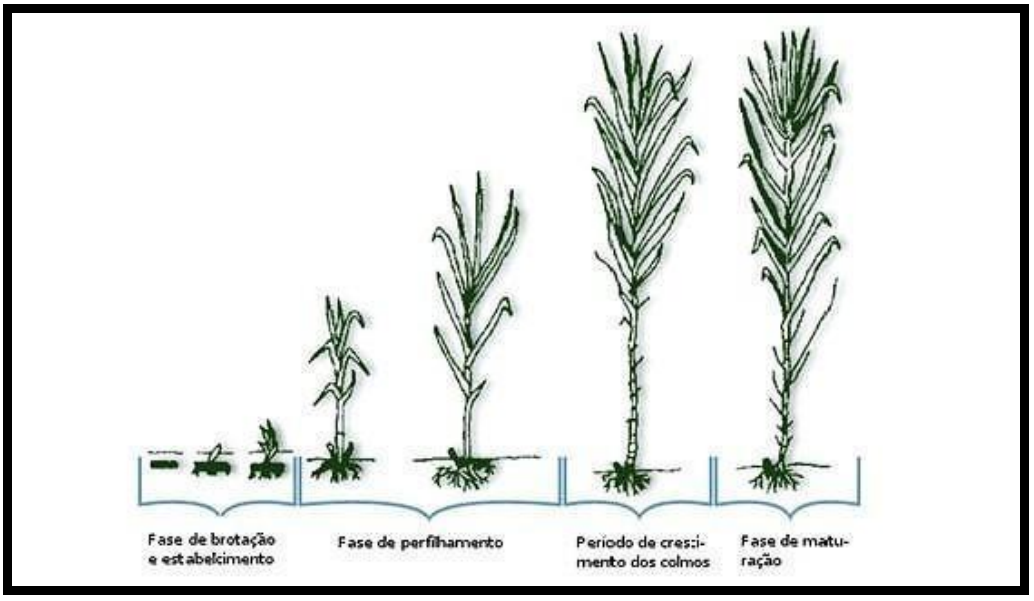

Figura 6. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Fonte: GASCHO; SHIH (1983).

3.3. Produção

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

Para se iniciar a implantação de um canavial, é de suma importância fazer um estudo da área com a realização de um levantamento topográfico. A sistematização do terreno é feita nos locais de plantio com a subdivisão da área em talhões planos que têm de dez a vinte hectares, mantendo as linhas de cana com o largo comprimento para evitar manobras das máquinas, e assim, ganhar tempo. Antes de iniciar o plantio é necessário fazer um planejamento sobre o plantio das mudas e realizar as buscas de um bom fornecedor no mercado. Existem três etapas para o plantio, são elas: o corte das mudas, a distribuição no sulco e o corte dos colmos. Todavia, faz-se necessário a tomada de alguns cuidados antes da iniciação do plantio (ROSSETO; SANTIAGO, 2015; COSMO; GALERIANI, 2016).

Segundo os mesmos autores, esses cuidados são:

- A amostragem do solo e a escolha do cultivar: Logo após a definição da área e a sistematização de terreno, faz-se necessário que o produtor colete uma amostra do solo de cada talhão para que seja feita uma análise, a fim de saber a melhor forma para ser feita a correção e a adubação do solo.

- Época de plantio: A escolha da época ideal para o plantio da cana-de-açúcar é fundamental para o seu desenvolvimento, visto que são necessárias as condições climáticas adequadas para que ela se desenvolva e acumule açúcar. A cana pode ser plantada em três épocas diferentes: a cana-de-ano-e-meio, a cana-ano e a cana-de-inverno.

- Espaçamento e profundidade: Escolher um bom espaçamento é muito importante, pois com isso será possível fazer uso intensivo de máquinas de colheita, distribuir melhor a planta, e fazer outros tipos de atividades. Além disso, o espaçamento adequado contribui no aumento da produção, pois favorece a disponibilização de luz natural, água e temperatura. Para a cana-de-açúcar, o espaçamento entre sulcos pode variar de 1 a 1,8 m;

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

- Quantidade necessária de mudas: A quantidade de mudas deve variar entre 10-15 toneladas por hectare. Quando plantadas em ótimas condições climáticas, há a necessidade de distribuir pelo menos 12 gemas por metro de sulcos, e no período de estiagem, necessita-se da distribuição de 15-18 gemas por metro.

- Colheita: A colheita por corte manual é o tipo de corte mais comum durante a colheita da cana de açúcar. Todavia, apresenta diversas desvantagens, como por exemplo a necessidade de muita mão de obra e a queima da cana-de-açúcar para facilitar a colheita. Há também a colheita por corte mecanizado, que apresenta a vantagem de reduzir cerca de 20% dos gastos com a produção da cana, porém, as máquinas nacionais apresentam baixo rendimento e necessidade de manutenção constante, atrasando um pouco o processo.

3.4. Melhoramento genético e Biotecnologia na cultura da cana-de-açúcar

O melhoramento genético da cana-de-açúcar é fundamental para a resistência, produtividade e é o principal método contra pragas e doenças, refletindo assim na melhor adaptação das plantas que serão cultivadas. Além disso, o melhoramento genético contribui para ciclos coletivos e variedade da planta para as mais adaptáveis, inserindo um desenvolvimento estratégico para o cultivo, produção e utilização (CROPLIFE, 2020).

A partir de 1580, observa-se a importância do melhoramento genético para a produção de cana-de-açúcar. O melhoramento se dá por meio de cruzamento entre duas plantas e selecionando-os as melhores características (hibridação), dessa forma, acrescentando a indústria um novo tipo de matéria-prima advinda das anteriores, porém evoluída e mais adaptável. Os programas de melhoramento genético visam atender as demandas de produtividade, respeitando as condições do solo e climáticas da região para obter os melhores resultados (LANDELL; BRESSIANI, 2010).

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

O melhoramento genético da cana-de-açúcar é realizado em diferentes instituições públicas e privadas que contam com seus bancos de germoplasma, cujos tamanhos em número de acessos são bastante variáveis. O sucesso desses programas está condicionado principalmente à correta identificação e utilização dos recursos genéticos disponíveis para o desenvolvimento de novas cultivares de cana-de-açúcar (MORAIS et al., 2015b).

Atualmente, existem inúmeras coleções e bancos de germoplasma do gênero *Saccharum* (*S. officinarum, S. barberi, S. sinense, S. robustum, S. edule, S. spontaneum*), *Erianthus* spp. e outros gêneros relacionados. Índia e Estados Unidos são os principais países repositórios mundiais do germoplasma, sendo reconhecidos pela International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) como detentores da coleção mundial de acessos do complexo Saccharum e outros gêneros relacionados (MORAIS et al., 2015a).

Os melhoramentos genéticos a partir dos vários anos visam melhorar e acrescentar cada vez mais o setor de desenvolvimento da indústria canavieira no Brasil. Com estudos e pesquisas, voltados para o processo de produção e aproveitamento, ampliando sua produtividade ao longo do território nacional e com as condições de clima e solo favoráveis, aumentando cada vez mais os resultados (SILVA, 2013).

A biotecnologia amplia consideravelmente a variabilidade disponível, pois permite a utilização da variabilidade de cana-de-açúcar já existente. Assim, quando uma característica desejável não é encontrada no genoma da cana-de-açúcar, mas o gene responsável por essa característica é identificado em outra espécie, tal gene pode ser transferido para a espécie a ser melhorada (NOVACANA, 2025).

Entre as atividades que são desenvolvidas nessa área de atuação estão a cultura de tecidos vegetais, a transformação genética (transgenia), a biologia molecular (busca de genes de interesse biotecnológico, sequenciamento do genoma e do transcritoma) e a tecnologia dos marcadores moleculares. A cultura de tecidos vegetais reúne técnicas de cultura in vitro em meio nutritivo, em condições assépticas, de células, tecidos ou órgãos de plantas, sob condições controladas de luminosidade e temperatura. No caso da cana-de-açúcar, o principal uso da cultura de tecidos é na micropropagação da espécie para obtenção de

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

mudas mais sadias de forma mais rápida. Nessa área se destacam os trabalhos da UFRRJ em Campos, no Estado do Rio de Janeiro, e da UFPR, que tem focado na regeneração de diferentes variedades e clones RB através da embriogênese somática, processo que é utilizado na transgenia da cana-de-açúcar. Pesquisadores da UFS, UFG e UFV também têm trabalhado nessa área (RIDESA BRASIL, 2025).

No Brasil, os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar com tradição são: Instituto Agronômico de Campinas, que desenvolve cultivares da sigla IAC; Centro de Tecnologia Canavieira, que desenvolve cultivares da sigla CTC, que incorporou o programa das cultivares SP da Copersucar; e Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), que desenvolve cultivares da sigla RB (MORAIS et al., 2015b).

A tabela 1 a seguir apresenta os programas de melhoramento genético ao longo dos anos e seus objetivos.

Tabela 1. Programas de melhoramento genético Brasil-1930 a 1990.

Nome	Ano	Responsável	Realização
Instituto Agronômico de Campinas	1887	Criado por D. Pedro II	Fomentar a agricultura em bases modernas
Estação Experimental de Cana	1930	O Plano de Defesa da Cana-de-açúcar.	Realizar os primeiros experimentos com plantas de hibridação estrangeiras.
Seção de cana-de-açúcar	1940	Instituto Agronômico de Campinas	Pesquisas sobre o melhoramento genético com enfoque em solos, produtividade e desenvolvimento.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

COPERSUCAR	1960	Agroindústria canavieira	Oficializar e registar os avanços na área agrícola brasileira e avanços no sistema de produção.
PLANALSUCAR	1966	Agroindústria canavieira	Elevar o rendimento de produção voltado para a exportação
PROÁLCOOL	1970	Instituto Agronômico de Campinas	Tecnologias para a produção de álcool a partir da cana-de-açúcar.
Melhoramento genético.	1990	EMBRAPA	Desenvolvimento da cana-de-açúcar no eixo de transgenia.

Fonte: baseado em SILVA (2013).

Diante da crescente necessidade de maximizar a produtividade, o melhoramento genético, reconhecido historicamente como imprescindível para a sustentabilidade da cana-de-açúcar, fortalece seu potencial de contribuição ao agronegócio canavieiro com o auxílio de técnicas de transgenia ainda não empregadas comercialmente. Cabe destacar que a seleção das novas variedades não está priorizando o aumento da eficiência fotossintética para produção de biomassa, e sim o potencial de adaptação dessas variedades às condições edafoclimáticas das novas regiões de expansão da cana-de-açúcar. Almeja-se com isso atingir mais rapidamente, para as áreas com menor produtividade, os níveis de produtividade das regiões mais produtivas (NOVACANA, 2025).

3.5. Importância Energética da cana-de-açúcar

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.13, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

A cana-de-açúcar é um recurso totalmente renovável capaz de gerar açúcar, álcool anidro (aditivo para a gasolina) e álcool hidratado, além de possibilitar a geração de energia elétrica por meio da queima do bagaço (Figura 7) e a produção de plástico biodegradável, a partir do açúcar (ALCARDE, 2022).

Figura 7. Bagaço de cana-de-açúcar para a produção de energia. Fonte: VITAL (2025).

A cana-de-açúcar é a principal fonte primária de energia renovável do Brasil. Com 16,9% de participação na Oferta Interna de Energia (OIE) do país, a biomassa da cana ultrapassa a média de renovabilidade observada no resto do mundo, em torno de 14,7%. Esse percentual, observado no Balanço Energético Nacional (BEN) 2024 – elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME) – também é superior aos 12,6% observados nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2024).

O Brasil é o maior produtor do mundo de cana-de-açúcar e é utilizada de forma extensa, seja na produção de açúcar, de aguardente, de cera, de álcool para

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

combustível, podendo, inclusive, ser consumida in natura. O bagaço pode ser utilizado para a produção de energia e papel, enquanto a ponta das folhas da cana podem ser inseridas na alimentação animal, e também pode ocorrer a extração do palmito do colmo que é utilizado na alimentação humana (PEREIRA; GROTTO, 2018).

Um dos subprodutos mais difundidos da cana é o açúcar, pois além de possuir alto valor nutricional é utilizado como matéria prima para a produção de alimentos e bebidas. No contexto das bebidas, destacam-se as de características doces carbonatadas que exigem um alto grau de qualidade em relação a cor, cinzas, sulfito e níveis de turbidez (HAMERSKI, 2009).

A produção de etanol ocorre por meio da fermentação do caldo de cana de forma direta ou a partir de misturas de caldo com o melaço, advindo da produção de açúcar. Essa mistura é mais utilizada no Brasil, visto que a maior parte das usinas produzem açúcar e etanol (MANOCHIO, 2014).

O álcool anidro é usado como aditivo em combustíveis, sendo composto por 99,5% de álcool puro e 0,5% de água. A gasolina recebe 22% do produto para substituir o chumbo, elemento químico venenoso e prejudicial à saúde e ao meio ambiente. Este tipo de álcool é menos poluente e, se for adicionado na proporção correta, não afeta o desempenho de motores. O uso de álcool anidro como aditivo tende a se consolidar como alternativa mundial. Novos países vêm investindo na produção interna do álcool automotivo - álcool anidro para mistura com a gasolina. O aumento do interesse pela adição do álcool anidro na gasolina tem levado muitas nações a aumentarem suas produções de etanol e/ou a investirem em seu desenvolvimento, com o objetivo de produzir quantidades suficientes para atender à demanda interna (VIAN, 2022a).

O álcool hidratado carburante possui 96% de álcool puro e 4% de água. Sua utilização no Brasil iniciou-se em 1979, com o lançamento dos carros a álcool, na segunda fase do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). A produção deste tipo de veículo foi consequência de um acordo entre o governo e a indústria automobilística, cujo objetivo foi aumentar a demanda pelo álcool combustível. Atualmente, o álcool hidratado compete com a gasolina devido a fatores, como: redução dos custos no setor, aumento do preço do barril de petróleo e diferenças

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

de tributação entre a gasolina e o álcool. O uso do álcool hidratado por outros países poderia definir a segunda fase da utilização do álcool automotivo no cenário internacional, assim como ocorreu no Brasil. Na primeira fase do Proálcool, foi utilizado álcool anidro e, na segunda fase, álcool hidratado (VIAN, 2022b).

De acordo com o mesmo autor, o cenário atual é extremamente promissor para o aumento da produção e do consumo mundial de álcool hidratado, devido, sobretudo, às preocupações climáticas e econômicas, já que o combustível é substituto direto da gasolina, derivada do petróleo.

4. Considerações Finais

As fases de crescimento da cana-de-açúcar envolvem as etapas de brotação, perfilhamento, crescimento vegetativo e maturação. A cana-de-açúcar apresenta eficiência na utilização de CO_2 (mesmo que em baixas concentrações) e na taxa fotossintética extensa. Essa cultura é adaptada a condições de altas temperaturas, luminosidade e umidade do solo.

O melhoramento genético da cana-de-açúcar é fundamental para a resistência, produtividade e é o principal método contra pragas e doenças, refletindo assim na melhor adaptação das plantas que serão cultivadas.

Entre as atividades que são desenvolvidas na área da Biotecnologia da cana-de-açúcar estão a cultura de tecidos vegetais, a transformação genética (transgenia), a biologia molecular (busca de genes de interesse biotecnológico, sequenciamento do genoma e do transcritoma) e a tecnologia dos marcadores moleculares.

A cana-de-açúcar é um recurso totalmente renovável capaz de gerar açúcar, álcool anidro (aditivo para a gasolina) e álcool hidratado, além de possibilitar a geração de energia elétrica por meio da queima do bagaço e a produção de plástico biodegradável, a partir do açúcar.

Referências

ALCARDE, A. R. **Geração de energia elétrica.** Embrapa. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/geracao-de-energia-eletrica. Acesso em: 07/07/2025.

ANCÉLIO. **Agricultura em Foco.** 2011. Disponível em: <Agricultura em foco: Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) cont. (agriculturainfoco.blogspot.com)>. Acesso em: 10/06/2022.

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.

AZANIA. **Conhecimento em Cana-de-açúcar.** Centro de cana. Ribeirão Preto/SP, julho - 2017. Disponível em: < azania.com.br > Acesso em: 10/06/2022.

BARBOSA, A. **Fases de crescimento da cana-de-açúcar de açúcar.** Presidente Prudente/SP, Unoeste, 2016. Disponível em: http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/03/fases-de-crescimento-da-cana-de-acucar.html?m= > Acesso em 09/06/2022.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da Cana-de-açúcar.** Embrapa Informação Tecnológica, 307 p., 2004.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H. M. C.; ARRUDA, P.; BESPALHOK FILHO, J. C.; BURNQUIST, W. L.; CRESTE, S.; DI CIERO, L.; FERRO, J. A.; FIGUEIRA, A. V. O.; FILGUEIRAS, T. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; GUZZO, E. C.; HOFFMANN, H. P.; LANDELL, M. G. A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F. C.; ROMANO, E.; SILVA, W. J.; DE CASTRO SILVA FILHO, M. C.; ULIAN, E. C. Cana-de-açúcar (*Saccharum* X *officinarum*): um estudo de referência para a regulamentação de cultivares geneticamente modificadas no Brasil. **Trop Plant Biol,** v. 4, n. 1, p. 62–89, 2011.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. **Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar: do campo a indústria, analisando aspectos ambientais.** 2016. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/cadeia_produtiva_da_cana_de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

_acucar_do_campo_a_industria_analisando_aspectos_ambientais_0.pdf. Acesso em: 13/09/2022.

CROPLIFE BRASIL. **Melhoramento genético de plantas: trabalhando para produzir mais, melhor e de forma sustentável**. Croplife Brasil, 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/melhoramento-genetico-de-plantas-trabalhando-para-produzir-mais-melhor-e-de-forma-sustentavel/ >. Acesso em 29/08/2022.

GASCHO, G. J., RUELKE, O. C., WEST, S. H. Residual effects of germination temperature in sugarcane. **Crop Sci**, Madison, v. 13, n. 2, p. 274-279, 1973.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). **Crop-water relations**. New York: Wiley-Interscience, p. 445-479, 1983.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar.** 150 f. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. **Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal**. In: DINARDO-MIRANDA, L. VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. (Org.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2010. p.101-156.

LEMOS, P.; MESQUITA, F.; DAL POZ, M. E.; SOUZA, L. G. A. Panorama e Desempenho Recente do Setor Sucroenergético: condições para um novo ciclo. 2015, p. 9-33. Disponível em: SALLES FILHO, S. **Futuros do bioetanol:** o Brasil na liderança. 1ª ed, - Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. **O etanol combustível no Brasil.** 2007, p. 61-75. In: BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: REALIDADES E PERSPECTIVAS. [Brasília]: MRE, 2007. 205p. Disponível em:<https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/NovaDelhi/pt-br/file/Biocombustiveis_04-etanolcombustivelnobrasil.pdf >. Acesso em 08/09/2022.

LUCCHESI, A. A. SUGARCANE (In Brazilian). In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Ed.). **Ecophysiology of extractive crops: sugarcane, rubber, coconut, oil palm and olive. Piracicaba: Cosmópolis Stoller do Brasil**, 2001. v. 1. p. 13-45.

MANOCHIO, C. **Produção de bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos**. 35 f. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 2024. **Principal fonte primária de energia renovável, cana-de-açúcar supera sozinha média mundial de renovabilidade na matriz energética.** Ministério de Minas e Energia. Julho de 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/principal-fonte-primaria-de-energia-renovavel-cana-de-acucar-supera-sozinha-media-mundial-de-renovabilidade-na-matriz-energetica. Acesso em: 07/07/2025.

MENDONÇA, A. V. M.; SOUSA, M. F. **Métodos e técnicas de pesquisa qualitativa em saúde** [livro eletrônico]: volume 1, 1. ed. -- Brasília, DF: ECoS, 2021. Disponível em: https://ecos.unb.br/wp-content/uploads/2021/08/MTPQS_03.08.2021.pdf. Acesso em 12/12/21.

MORAIS, L. K.; AGUIAR, M. S.; SILVA, P. A.; CÂMARA, T. M. M.; CURSI, D. E.; FERNANDES JUNIOR, A. R.; CHAPOLA, R. G.; CARNEIRO, M. S.; BESPALHOK FILHO, J. C. **Breeding of Sugarcane**, In: CRUZ, V. M. V.; DIERIG, D. A. (Ed.). Industrial Crops: breeding for bioenergy and bioproducts. New York, USA: Springer, 444 p., 2015a.

MORAIS, L. K.; CURSI, D. E.; SANTOS, J. M.; SAMPAIO, M.; CÂMARA, T. M. M.; SILVA, P. A.; BARBOSA, G. V.; HOFFMANN, H. P.; CHAPOLA, R. G.; FERNANDES JÚNIOR, A. R.; GAZAFFI, R. **Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos 200, Aracajú, SE, 38 p., 2015b.

NACHILUK, K. **Alta na Produção e nas Exportações de Açúcar Marca a Safra 2020/21 de Cana.** São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2021. **Instituto de**

Economia Agrícola, v. 16, n. 6, 2021. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?> Acesso em: 22/05/2022.

NOVACANA. **Melhoramento Genético da Cana e Biotecnologia.** Disponível em: https://www.novacana.com/noticias/melhoramento-genetico-da-cana-biotecnologia. Acesso em: 08/07/2025.

NUNES, E. F. **Cana-de-açúcar: a produção de etanol e seus benefícios.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Barreto. Curso Técnico em Agronegócios, 29 p., 2017.

NUNES, J. L. S. **Plantio da Cana-de-açúcar.** AGROLINK. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/cana-de-acucar/informacoes-da-cultura/pre-plantio-e-plantio/plantio-da-cana-de-acucar_438272.html. Acesso em: 08/07/2025.

PEREIRA, D. H.; GROTTO, C. G. L. Produção e análises de combustíveis sólidos alternativos obtidos a partir de resíduos agroindustriais. **Desafios - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 5, n. Especial, p. 196-203, 2018.

RIDESA BRASIL. 2025. **Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar – Biotecnologia na RIDESA.** Disponível em: https://www.ridesa.com.br/biotecnologia. Acesso em: 08/07/2025.

RODRIGUES, GSSC; ROSS, J. J. S. A Trajetória da cana-de-açúcar no Brasil. **Perspectivas geográfica, histórica e ambiental**, Uberlândia, EDUFU, 2020. Disponível em:<edufu_a_trajetoria_da_cana-de-acucar_no_brasil_2020_ficha_corrigida.pdf.> Acesso em: 22/05/2022.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Plantio de Cana de Açúcar**. Agência Embrapa de Informações Tecnológicas. 2015. Disponível em Acesso em 01/07/2015

SALLES FILHO, S. **Futuros do bioetanol:** o Brasil na liderança. 1ª ed, - Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SEBRAE. **O que é etanol?** 2016. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/j9pmnm87

eetanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD . Acesso em: 22/05/2022.

SILVA, J. P. N.; SILVA, M. R. N. **Noções da Cultura da Cana-de-açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 105 p.

SILVA A. **O melhoramento Genético de Cana-de-açúcar no Brasil e o Desafio das Mudanças Climáticas Globais.** Vitória, Espírito Santos, UNICAMP, 2013. Disponível em: < https://periodicos.ufes.br/ppgadm/article/view/4909 >. Acesso em: 12/09/2022.

UDOP. **A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais.** Araçatuba/SP. União Nacional da Bioenergia, 2003. Disponível em: https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html. Acesso em: 12/09/22.

ULISSES, E. A. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de cana-de-açúcar e cana energia sob diferentes regimes hídricos na fase inicial de crescimento**. Universidade Federal de Alagoas. Dissertação de Mestrado. 91 p., 2016.

VIAN, C. E. F. **Anidro.** Embrapa. 2022a. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/alcool/mercados/anidro. Acesso em: 08/07/2025.

VIAN, C. E. F. **Hidratado.** Embrapa. 2022b. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/alcool/mercados/hidratado. Acesso em: 08/07/2025.

VIOLANTE, M. **Potencial de produção de cana-energia em áreas agrícolas marginais no Brasil.** Fundação Getúlio Vargas. Escola de Economia de São Paulo (FGV/EESP). Dissertação de mestrado, São Paulo, 2012.

VITAL, A. **Raízen e alemã RWE estudam novo combustível para produção de energia.** Jornal Cana, 24/04/2025. Disponível em: https://jornalcana.com.br/industria/cogeracao/raizen-e-alema-rwe-estudam-novo-combustivel-para-producao-de-energia/. Acesso em: 07/07/2025.