

Karina Sasso Fernandes

Irene Cristina de Mello

# QuimiCANA



PPGECN/UFMT

Mato Grosso

2019

**Karina Sasso Fernandes**

**Irene Cristina de Mello**

Universidade Federal de Mato Grosso  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais

# QuimiCANA

Coleção  
Ensino de Química - LabPEQ

UFMT  
2019

[...] Este açúcar era cana  
e veio dos canaviais extensos  
que não nascem por acaso  
no regaço do vale.

Em lugares distantes, onde não há hospital  
nem escola,  
homens que não sabem ler e morrem de  
fome  
aos 27 anos  
plantaram e colheram a cana  
que viraria açúcar.

Em usinas escuras,  
homens de vida amarga  
e dura  
produziram este açúcar  
branco e puro  
com que adoço meu café esta manhã em  
Ipanema.

Ferreira Gullar

# APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

É com grande satisfação que trazemos a público o paradidático QuimiCANA. Esta publicação é um dos frutos do nosso trabalho de investigação, junto ao Laboratório de Pesquisa e Ensino de Química (LabPEQ), em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais (PPGECN) da Universidade Federal de Mato Grosso. Esperamos que essa obra possa servir como suporte para o trabalho do professor com os alunos, no contexto da sala de aula, e, também, para você, curioso e interessado pelo assunto.

O objetivo é promover a integração entre teoria e prática, como forma de interrogar a natureza e gerar discussões sobre os fenômenos de interesse da Química. Afinal, essa é a forma como a ciência tem se desenvolvido ao longo da história.

Este paradidático fundamenta-se na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionando e aproximando a temática Cana-de-açúcar do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais. Problematizar o tema poderá contribuir para o desenvolvimento de várias capacidades, sobretudo na tomada de decisão.

As autoras.

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 1 - HISTÓRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR</b> .....	<b>10</b>
NA ANTIGUIDADE .....	10
DESCOBERTA NO OCIDENTE .....	11
NA EUROPA .....	11
CHEGADA AO BRASIL .....	12
A CANA-DE-AÇÚCAR EM MATO GROSSO .....	19
<b>CAPÍTULO 2 – ONDE E QUANTO SE PRODUZ?</b> .....	<b>24</b>
2.1 A PRODUÇÃO DE CANA PELO MUNDO .....	24
2.2 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MATO GROSSO .....	28
<b>CAPÍTULO 3 - CONHECENDO AS CARACTERÍSTICAS DA PLANTA</b> .....	<b>30</b>
FRUTA, LEGUME OU RAIZ? .....	30
<b>CAPÍTULO 4 – DO SOLO A INDÚSTRIA</b> .....	<b>37</b>
4.1 PREPARO DO SOLO .....	37
4.2 PLANTIO .....	38
4.2 CORTE E COLHEITA .....	40
4.4 TRANSPORTE .....	46
4.5 PROCESSAMENTO CASEIRO OU INDUSTRIAL .....	47
<b>CAPÍTULO 5 – AÇÚCAR, UM CARBOIDRATO QUE PODE VIR DISFARÇADO COM VÁRIOS NOMES</b> .....	<b>57</b>
O PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR .....	62
<b>CAPÍTULO 6 – ÁLCOOL, UM AÇÚCAR TRANSFORMADO</b> .....	<b>70</b>
O PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO ETANOL .....	76
<b>CAPÍTULO 7 - PLÁSTICO VERDE, UM ÁLCOOL EVOLUÍDO</b> .....	<b>82</b>
O PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO PLÁSTICO VERDE .....	86
<b>CAPÍTULO 8 – SUBPRODUTOS DA CANA, ALIADOS OU PROBLEMAS?</b> .....	<b>88</b>
BAGAÇO .....	89
VINHAÇA .....	93
MELAÇO .....	94
ÁLCOOL BRUTO .....	94
LEVEDURA SECA .....	94
DIÓXIDO DE CARBONO .....	95
OLEO FÚSEL .....	96
<b>CAPÍTULO 9 – ENERGIA QUE TRANSFORMA</b> .....	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO 10 – UMA PLANTA DE FUTURO</b> .....	<b>100</b>
<b>CAPÍTULO 11 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>103</b>
<b>SUGESTÕES PARA LEITURA</b> .....	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>105</b>

# INTRODUÇÃO



*Figura 1- A cana-de-açúcar é matéria-prima para dois produtos essenciais mundialmente: o álcool, seja ele combustível ou bebida alcoólica e o açúcar. Fonte: Adaptado de Google Imagens.*

A cana-de-açúcar é, talvez, o único produto de origem agrícola destinado à alimentação que, ao longo dos séculos, foi alvo de disputas e conquistas, mobilizando homens e nações. A planta encontrou lugar ideal no Brasil, por ter solo e clima favoráveis ao seu crescimento, além de ter a localização ideal para as antigas expedições marítimas escoarem a produção canavieira pelo mundo.

Você, muito provavelmente, já deve ter estudado sobre a cana-de-açúcar, em História, pois, durante o período do Império, o país dependeu basicamente do cultivo da cana e da exportação do açúcar. Sustentou o processo de colonização, tendo sido a razão de sua prosperidade nos dois primeiros séculos. Calcula-se que, naquele período da história, a exportação do açúcar rendeu ao

Brasil cinco vezes mais que as divisas<sup>1</sup> proporcionadas por todos os outros produtos agrícolas destinados ao mercado externo.

Ao considerar que a cana-de-açúcar se destaca como um assunto que transita pelo tempo antigo e pelo contemporâneo e inovador, o questionamento apresentado na figura 1 é respondido, pois é com ela que se “produzem” dois produtos essenciais para a economia mundial: o **açúcar**, parte importante da alimentação humana e o **álcool**, utilizado na produção de bebidas alcólicas, como a cachaça, com diversificados teores alcoólicos, ou como combustível para abastecer os carros, também conhecido como etanol. Portanto, a cana-de-açúcar é a matéria-prima desses produtos de sucesso mundial!

Vale lembrar que o álcool obtido da cana-de-açúcar, além de ser utilizado em bebidas alcólicas e combustível, é muito empregado na indústria farmacêutica (na produção de perfumes, loções, antissépticos, etc) e química (sendo matéria-prima para tintas, solventes, produtos de limpeza, fertilizantes, etc).



Figura 2 – Usos atuais da cana-de-açúcar para a indústria brasileira e consumidores do varejo.

Fonte: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/especial-publicitario/fenasucro-e-agrocana/do-canavial-abioenergia/noticia/2018/07/25/a-versatilidade-da-cana-de-acucar-da-producao-de-alimentos-a-geracao-de-energia.ghtml>

<sup>1</sup> **Divisas** são as moedas estrangeiras conversíveis e também as letras, cheques, ordens de pagamento etc. emitidos nessas moedas. Trata-se, geralmente, de moedas "fortes", ou seja, emitidas por países de economia forte. DIVISAS. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa\\_de\\_c%3%A2mbio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Taxa_de_c%3%A2mbio). Acesso em: 3 jul. 2019.

Assim, podemos apontar outros derivados que ainda não fazem tanto sucesso no mercado mundial, como o etanol (**biocombustível**) e o açúcar (**alimento**), mas estão no caminho dessa conquista, tais como: a energia elétrica produzida com a queima do bagaço (**bioenergia**), o plástico verde (**bioplástico**), a **cachaça**, o **caldo-de-cana** - também chamado de garapa- , a **rapadura** (alimentação e bebidas), além de seus subprodutos, que são totalmente reutilizados, como: a **vinhaça** que é destinada à adubação, ao ser colocada novamente no campo, como fonte de potássio, ou, então, aproveitada para fazer **biogás**.

Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), o uso dessa planta se destina a muitos fins (figura 2). Ela gera energia e alimenta a indústria brasileira, mas, você já se perguntou se ela é benéfica para a sua qualidade de vida?

A cada dia que passa, as perspectivas só aumentam para os diversos segmentos industriais brasileiros que exploram a cana-de-açúcar.

Dessa planta, pode-se aproveitar tudo! Partindo dessa afirmação, durante a explicação dos processos de industrialização e obtenção dos seus diversos derivados, você também poderá aproveitar muito dela, sabe por quê? Ao aprender curiosidades sobre ela, você aprenderá também alguns conteúdos de química:

- ao estudar a própria planta: você poderá entender qual é a composição química dela e as fórmulas estruturais das substâncias componentes;
- com o açúcar e seus derivados você aprenderá sobre: carboidratos, separação de misturas, coloides, concentração, estados físicos da matéria e até poder calorífico dos alimentos;
- com o etanol e seus subprodutos, será possível aprender sobre: química orgânica com a função oxigenada - álcool, entalpia, quantidade de soluto e solvente, reações químicas durante o processo de fermentação (hidrólise, oxidação) e destilação (complementando o conteúdo separação de misturas);
- com o plástico verde, você poderá aprender mais sobre: polímeros, reciclagem, tempo de degradação de algumas substâncias, aquecimento global;
- com os demais subprodutos e resíduos do processo de industrialização da cana, poderá aprender sobre: transformações químicas e físicas da matéria.

Em resumo, agora, sim, estamos usando muito bem a cana-de-açúcar! Essa junção entre química e cana-de-açúcar pode trazer uma nova perspectiva de observação do quanto podemos transformar a nosso favor (figura 3). Mas, é bom lembrar que, ao longo do tempo, os interesses envolvidos com a cana foram variados, mas sempre de acordo com a necessidade do momento. Portanto, você pode aprender mais e contribuir para uma sociedade melhor no futuro! Basta ter curiosidade para entender o que acontece a nossa volta...



Figura 3 – Tirinha com o personagem Armandinho abordando o assunto cana-de-açúcar de forma descontraída. Fonte: <http://blogdolobodaestepe42.blogspot.com/2013/04/tirinhas-um-pouco-mais-de-armandinho.html>

## CAPÍTULO 1 - HISTÓRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

De onde vem a cana-de-açúcar? Qual a sua história? Quando começou a produção de cana no Brasil? Como o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, muitos acreditam que se trata de uma cultura genuinamente nacional, mas não é verdade! Ela tem uma história que antecede a sua chegada ao Brasil, veja ...

### NA ANTIGUIDADE

As primeiras notícias sobre a existência da cana-de-açúcar datam de 6000 a. C. e encontram-se anotadas nas escrituras mitológicas dos hindus e nas Sagradas Escrituras. A planta surgiu na ilha de Nova Guiné, marcada no mapa apresentado na figura 4. É pertencente à região da Melanésia, no continente da Oceania, localizada no meio do oceano Pacífico, um local estratégico para espalhar a cana-de-açúcar para o mundo, gradualmente, junto com a migração humana.



Figura 4- Mapa com a localização do país Nova Guiné onde a cana-de-açúcar surgiu.  
Fonte: Adaptado de <https://www.google.com/maps/@-3.3028013,143.4416858,6z>

## DESCOBERTA NO OCIDENTE

Desconhecida no Ocidente, a cana-de-açúcar foi observada por alguns generais de Alexandre, o Grande, em 327 a.C. e, mais tarde, no século XI, durante as Cruzadas. Os árabes introduziram seu cultivo no Egito, no século X e, pelo Mar Mediterrâneo, em Chipre, na Sicília e na Espanha. Credita-se aos egípcios o desenvolvimento do processo de clarificação do caldo da cana e um açúcar de alta qualidade para a época, porém a data exata da primeira produção de açúcar de cana não é clara.

## NA EUROPA

O açúcar era consumido por reis e nobres na Europa e adquirido de mercadores monopolistas, que mantinham relações comerciais com o Oriente, a fonte de abastecimento do produto.



## CURIOSIDADES

No início do século XIV, há registros de comercialização de açúcar por quantias que hoje seriam equivalentes R\$ 200,00/kg. Por isso, quantidades de açúcar eram registradas em testamento por reis e nobres.

Por ser fonte de energia para o organismo, os médicos forneciam açúcar em grãos para a recuperação ou alívio dos moribundos.

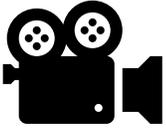
Fonte: União Nacional de Bioenergia-UDOP. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>

Anos depois, a Europa rumava para uma nova fase histórica, o Renascimento, com a ascensão, entre outras atividades, do comércio, que era feito por vias marítimas, pois os senhores feudais cobravam altos tributos pelos comboios que passavam pelas suas terras, ou, simplesmente, incentivavam o saque de mercadorias.

*Figura 5 – Imagem de uma caravela, embarcação usada para transporte de mercadorias pelo mar. Fonte: <http://eluismaadureira.blogspot.com/2014/10/a-caravela-portuguesa.html>*



Portugal, por sua posição geográfica, era passagem obrigatória para as naus carregadas de mercadorias. Isso estimulou a introdução da cana-de-açúcar na Ilha da Madeira (Portugal), que foi o laboratório para a cultura da cana e de produção de açúcar que, mais tarde, expandir-se-ia, com a descoberta da América.



### Sugestões de filmes:

**1492 – A conquista do Paraíso** – Um dos filmes realizados em comemoração aos 500 anos de descoberta da América. Sem dúvida, o melhor deles, assinado por Ridley Scott.

**O último dos moicanos** – Releitura de um clássico da literatura, mostrando os conflitos entre franceses, ingleses e índios, na América colonial.

**Amistad** – O filme ajuda a entender como era a captura e o transporte de escravos africanos, como também fala sobre as primeiras medidas para abolição da escravidão na América do Norte.

As caravelas, antes de iniciarem suas viagens (figura 6), levavam mudas de cana-de-açúcar junto as suas provisões, para serem plantadas em novas terras e servirem de suprimento às novas expedições. Foi assim que ela foi introduzida nas Américas, por meio da segunda expedição de Cristóvão Colombo, em 1493.

## CHEGADA AO BRASIL...

A cana chegou ao Brasil, no início do período Colonial, por volta do ano 1520. Seu cultivo já era praticado por Portugal, na Ilha da Madeira, que também era seu território. Seguindo o preceito de Pero Vaz de Caminha, que dizia que *aqui se plantando, tudo dá*, Martim Afonso de Souza trouxe ao país as primeiras mudas para experimentar cultivá-la aqui.



Figura 6- Rota de Cabral durante suas expedições marítimas que levou a cana-de-açúcar pelo mundo.

Fonte: <http://colonizacaoportuguesa.blogspot.com/2011/06/por-que-ele-desviou.html>

Desde que chegou ao país, no início do século XVI, junto com as primeiras caravelas, a cana-de-açúcar se tornou um dos mais importantes cultivos desenvolvidos no Brasil, representando para a história econômica brasileira o segundo ciclo de grande importância, dirigindo os rumos da economia brasileira e portuguesa, durante os séculos XVI a XVIII.

Em 1533, o primeiro engenho foi montado em São Vicente, uma das capitânicas hereditárias. Logo, percebeu-se o sucesso do cultivo, a boa adaptação da planta ao ambiente brasileiro, e o modelo de exploração da cana-de-açúcar se espalhou pelo litoral. O pioneirismo coube ao Nordeste, principalmente às regiões de Pernambuco e Bahia, entretanto, historiadores divergem sobre a instalação do primeiro engenho de açúcar no Brasil.

Dessa forma, seu cultivo se deu por várias razões favoráveis: o clima, o solo, o fácil escoamento da produção para a Europa e o alto valor do produto final, o açúcar, no mercado internacional. Incentivado o cultivo da cana pela Metrópole, com isenção do imposto de exportação e outras regalias, o Brasil tornou-se, em meados do século XVII, o maior produtor do mundo de açúcar de cana.

A nova atividade desenvolveu-se em duas frentes de organização do trabalho: a **grande lavoura** voltada para a produção e exportação do açúcar, com o uso extensivo da terra, da mão de obra, representando muito no volume de produção do Brasil, até mesmo nos dias atuais; e a **pequena lavoura**, empregando mão de obra em reduzida escala, voltada para a subsistência do seu proprietário, ou para o pequeno mercado regional ou local, de volume de produção insignificante, se comparado com a anterior.

Para trabalhar no cultivo da cana, os colonos portugueses fizeram tentativas de uso de mão de obra indígena nativa, feita escrava. Na figura 7, é possível observar grupos indígenas que, possivelmente, haviam sido capturados, acorrentados e levados aos locais de interesse: os canaviais.

Com o fracasso desse modelo, por variados motivos, os portugueses recorreram ao comércio e à escravidão de africanos. Os negros eram levados como escravos aos engenhos, que eram grandes vilas formadas nas proximidades de um canavial.



Figura 7- Captura de índios para o trabalho escravo.

Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/guerra-dos-manaus-conheca-a-revolucao-dos-indios-contra-a-escravidao/>

### Sugestões de filmes e vídeos:



**12 Anos de Escravidão** – Vencedor dos Oscars de Melhor Filme, Melhor Roteiro e Melhor Atriz Coadjuvante, dirigido pelo britânico Steve McQueen, aponta suas lentes para a história de um homem negro livre que foi sequestrado e vendido como escravo nos EUA, antes da Guerra Civil. A narrativa concentra-se em uma plantação de cana-de-açúcar, local que retrata bem como funcionava um engenho. Não era apenas trabalhar, plantar e colher cana-de-açúcar, havia também a violência e a maldade.

**500 ANOS — O BRASIL COLÔNIA NA TV - Canal de Mel, Preço de Fel** – Produzido pela TV Escola, este programa mostra a importância do trabalho escravo na produção da cana e a comercialização das especiarias no período colonial do país, e como o transporte da época era deficiente.

**Açúcar** – Filme de Renata Pinheiro e Sérgio Oliveira apresenta a história de uma senhora de engenho que não gosta do cenário rural da Zona da Mata, mas precisa voltar ao lugar onde nasceu, um decadente engenho de cana-de-açúcar, para impedir que suas terras sejam tomadas por antigos trabalhadores do canavial.

A grande propriedade produtora de açúcar, também chamada de engenho (figura 8), na era colonial, era um grande complexo que apresentava uma estrutura básica dividida em três grandes



Figura 8 - Engenho de açúcar no Brasil Colônia.  
Fonte: [www.google.wikipedia.com](http://www.google.wikipedia.com)

setores:

- 1.o agrícola - formado pelos grandes canaviais e as plantações de subsistência;
- 2.o de beneficiamento - a casa-do-engenho, onde a cana-de-açúcar era transformada em açúcar e aguardente;
- 3.o setor habitação – do senhor na casa-grande e dos escravos na senzala.

Dentro do engenho, acima de todos, havia o dono de engenho, proprietário da terra, dos meios de produção e da mão de obra. Abaixo dele, os feitores, que cuidavam da produção e garantiam o trabalho efetivo dos escravos. Havia também trabalhadores livres que visavam suprir toda a demanda por outros produtos que mantivessem a subsistência da colônia, num sistema de diferentes culturas de produtos essenciais.

### Como era repartido um engenho colonial?

**Canavial:** onde o açúcar era cultivado nas grandes extensões de terra denominadas latifúndios. Ali começava o processo, ou seja, o plantio e a colheita do produto.

**Moenda:** local para moer ou esmagar o produto, utilizado, principalmente, pela tração animal, onde era esmagado o caule e extraído o caldo da cana. Podia também haver moendas que utilizavam a energia proveniente da água (moinho), ou, ainda, a força humana: dos próprios escravos.

**Casa das Caldeiras:** aquecimento do produto em tachos de cobre.

**Casa das Fornalhas:** uma espécie de cozinha que abrigava grandes fornos que aqueciam o produto e o transformavam em melaço de cana.

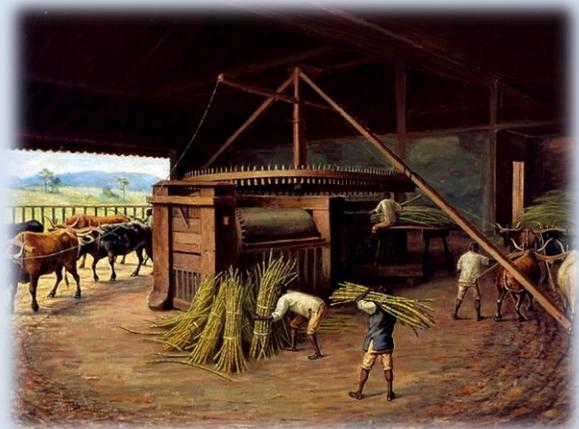


Figura 9 - Benedito Calixto de Jesus - Moagem de Cana - Fazenda Cachoeira - Campinas, 1830, Acervo do Museu Paulista da USP.jpg.

Fonte: [www.google.wikipedia.com](http://www.google.wikipedia.com)

**Casa de Purgar:** local onde era refinado o açúcar e finalizado o processo.

**Plantações:** Além dos canaviais, havia as plantações de subsistência (hortas), em que eram cultivados outros tipos de produtos (frutas, verduras e legumes) destinados à alimentação da população.

**Casa Grande:** representava o centro do poder dos engenhos, sendo o local onde habitavam os senhores do engenho (ricos proprietários de terras) e sua família.

**Senzala:** locais que abrigavam os escravos. Apresentavam condições muito precárias, onde os escravos dormiam no chão de terra batida. Durante a noite, eles eram acorrentados, para evitar a fuga.

**Capela:** erigida para representar a religiosidade dos habitantes do engenho, sobretudo, dos portugueses. Local onde ocorriam as missas e as principais manifestações católicas (batismo, casamento, etc.). Vale lembrar que os escravos muitas vezes, eram obrigados a participar dos cultos.

**Casas de Trabalhadores Livres:** pequenas e simples habitações onde viviam outros trabalhadores do engenho, que não eram escravos, geralmente, os fazendeiros, que não possuíam recursos.

**Curral:** local que abrigava os animais usados nos engenhos, seja para o transporte (de produtos e pessoas), nas moendas de tração animal, ou para alimentação da população.

Ao contrário do que muitos chegam a imaginar, os engenhos não estavam disponíveis em toda e qualquer propriedade que plantava cana-de-açúcar. Os fazendeiros que não possuíam recursos para construir o seu próprio engenho eram geralmente conhecidos como lavradores de cana. Na maioria das vezes, esses plantadores utilizavam o engenho de outra propriedade, mediante algum tipo de compensação material.

Os regimes de trabalho eram muito forçados. Os trabalhadores, na ocasião da colheita, chegavam a trabalhar até 18 horas diárias. Com a mudança da economia brasileira para a monocultura do café, esses trabalhadores foram deslocados, gradativamente, dos engenhos para as grandes fazendas cafeeiras. Com o tempo, a economia dos engenhos entrou em decadência, sendo praticamente substituída pelas usinas. O termo engenho, hoje em dia, é usado para as propriedades que plantam cana-de-açúcar e a vendem, para ser processada nas usinas e transformada em produtos derivados.

A 1ª Grande Guerra, iniciada em 1914, devastou a indústria de açúcar europeia. Esse fato provocou um aumento do preço do produto no mercado mundial e incentivou a construção de novas usinas, no Brasil, notadamente, em São Paulo, onde muitos fazendeiros de café desejavam diversificar seu perfil de produção.



Figura 10 – Charge abordando a mão-de-obra escrava durante a expansão e diversificação da produção agrícola brasileira.

Fonte: <http://planetadoalan.blogspot.com.br/2012/08/cana-de-acucar.html>

## OS IMIGRANTES ITALIANOS E SUA RELAÇÃO COM A CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

No final do século XIX, o Brasil vivia a euforia do café (70% da produção mundial estavam aqui). Após a abolição da escravatura, o governo brasileiro incentivou a vinda de europeus para suprir a mão de obra necessária às fazendas de café, no interior paulista.

A imigração, durante o século XIX e início do século XX, era bem diversificada. Ao observar a tabela 1, que apresenta essa evolução, é possível interpretar que esse processo envolveu não só os europeus, mas também os asiáticos.

**Tabela 1. Evolução da população imigrante para o Brasil (x 1000)**

<b>Períodos</b>	<b>Portugueses</b>	<b>Italianos</b>	<b>Espanhóis</b>	<b>Japoneses</b>	<b>Alemães</b>	<b>Totais</b>
1851/1885	237	128	17	-	59	441
1886/1900	278	911	287	-	23	1398
1901/1915	462	323	258	14	39	1096
1916/1930	365	128	118	85	81	777
1931/1945	105	19	10	88	25	247
1946/1960	285	110	104	42	23	564
<b>TOTAIS</b>	<b>1732</b>	<b>1619</b>	<b>694</b>	<b>229</b>	<b>250</b>	<b>4523</b>

*Fonte: Ribeiro, Darcy. O povo Brasileiro, Companhia das Letras, São Paulo, 1997, p. 242.*

Contudo, depois da superprodução, na virada do século XIX para o XX, a partir da década de 1920, o número de cafeeiros e, conseqüentemente, a produção, começou a diminuir, sendo ainda a região fortemente impactada pela crise de 1929. Entre idas e vindas, a produção de café diminuiu 65,20%, entre 1920 e 1985.

Em contrapartida, no decorrer da segunda metade do século XX, a cana-de-açúcar ganhou terreno, sabendo-se que os produtos mais importantes (em termos de área cultivada) foram registrados: cana-de-açúcar (40%), milho (22,57%), algodão (8,49%), arroz (5,88%), café (3,77%) e soja (1,28%), totalizando 82,02% da área utilizada para a agricultura (IBGE, 1970).

Dentre os imigrantes, foram os italianos (figura 11), em sua maioria, que adquiriram terra e grande parte optou pela produção de aguardente, a partir da cana, estabelecendo-se, assim, uma relação entre os imigrantes italianos e a cana-de-açúcar.

Inúmeros engenhos se concentraram nas regiões paulistas de Campinas, Itu, Moji-Guaçu e Piracicaba. Mais ao norte do estado, nas vizinhanças de Ribeirão Preto, novos engenhos também se formaram.

Na virada do século, com terras menos adequadas ao café, Piracicaba, cuja região possuía três dos maiores Engenhos Centrais do estado e usinas de porte, rapidamente se tornou o maior

centro produtor de açúcar de São Paulo. Na primeira década do século XX, impulsionados pelo crescimento da economia paulista, os engenhos de aguardente foram rapidamente se transformando em usinas de açúcar, dando origem aos grupos produtores mais tradicionais do Estado, na atualidade.



Figura 11- Os imigrantes italianos estabeleceram relação de produção e comércio da cana-de-açúcar.  
Fonte: <https://plenarinho.leg.br/index.php/2017/01/25/o-brasil-dos-imigrantes/>

## A CANA-DE-AÇÚCAR EM MATO GROSSO

Ao lado da mineração e da pecuária, a cana-de-açúcar é tida pelos historiadores como uma das mais antigas atividades produtivas instaladas em Mato Grosso.

Na época do Brasil Colônia, a Coroa proibiu a instalação de engenhos na região mineradora, por dois motivos: um era a concorrência da cachaça produzida nesses engenhos com o vinho e a aguardente revendidos nas minas pelas companhias colonizadoras que monopolizavam o comércio colonial, e, conseqüentemente, rendiam muito ao comércio lusitano. O outro motivo era o desvio da mão de obra escrava da exploração de ouro para trabalhar nos engenhos, atitude contrária aos interesses metropolitanos de direcionar esforços na obtenção do máximo possível da extração de metais preciosos. Entretanto, os engenhos conseguiram manter-se como atividade paralela à mineração, inclusive, com lucro considerável.

No século XVIII, os canaviais mato-grossenses restringiam-se às proximidades de Cuiabá e Vila Bela da Santíssima Trindade. Ali foram instalados engenhos de pequeno porte, movidos a água e animais, com mão de obra escrava, em todas as fases da produção de açúcar, rapadura e cachaça, para o consumo local. O engenho pioneiro em Mato Grosso pertenceu a Antônio de Almeida Lara, e começou a funcionar em 1727 na Chapada dos Guimarães.

Até hoje, produz-se cachaça artesanal (figura 12), em Chapada dos Guimarães-MT, região determinada pelo Marechal Rondon como o *Centro Geodésico da América do Sul*, em 1909, e que inspira o slogan do produto regional vendido na casa do artesão local. A cachaça leva o seu nome ao festival **Geodésica in Blues** e muito interessa aos apreciadores musicais por integrar o *Circuito Nacional de Blues*.



Figura 12 - Cachaça produzida em Chapada dos Guimarães-MT.  
Fonte: [http://www.chapadadosguimaraes.com/novidades/id-802741/iii\\_geodesica\\_in\\_blues\\_festival\\_em\\_novembro\\_em\\_chapada\\_dos\\_guimaraes](http://www.chapadadosguimaraes.com/novidades/id-802741/iii_geodesica_in_blues_festival_em_novembro_em_chapada_dos_guimaraes).

## CURIOSIDADES

Durante a execução do trabalho do **Marechal Rondon** era comum que se colocassem marcos por onde ele passava, fundamentais para localização posterior e certificação dos locais estudados. Esta é a causa, segundo o historiador Marco Pessoa, da confusão feita na atualidade com algum outro marco encontrado sobre a exata localização do centro Geodésico, mas podem ser desfeitas quaisquer dúvidas, consultando o Centro Geográfico do Exército Brasileiro, bem como os trabalhos originais do Marechal Rondon.

O **Marco Simbólico do Centro Geodésico da América do Sul** está localizado no exato local onde se encontra a parte mais central da América do Sul, determinado por Marechal Rondon, em 1909. O Marco, construído no mesmo ano e feito para marcar o local onde se situa o Centro, foi criado, em alvenaria, pelo artesão Júlio Caetano, sendo gravadas nele as coordenadas geográficas do local. Anos depois, foi erguido por sobre o Marco original um Obelisco de, aproximadamente, 20 metros de altura, todo revestido em mármore branco. Este Obelisco foi erguido de forma a preservar o Marco original, o qual se encontra hoje protegido por vidros, sendo plenamente visível e acessível aos turistas.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE.  
Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=441538>

Com a reabertura da navegação pelo Rio Paraguai, em 1870, ocorreu a modernização das unidades de produção, transformadas em usinas movidas por máquinas a vapor, sendo a Usina de Conceição a pioneira. Tais progressos na economia açucareira, durante a metade do século XIX, marcaram a decadência dos engenhos. Visando o escoamento e o transporte da cana para a produção, a maioria das usinas instalaram-se ao longo do rio Cuiabá. No total, foram dez usinas

estabelecidas. Na margem direita do rio, foram implantadas as usinas de São Gonçalo, Conceição, Maravilha, São Miguel, Aricá, São José, Itacy e Flexas, enquanto, na margem esquerda, as usinas de Santana e Tamandaré. Salienta-se que, no rio Paraguai, surgiu a usina da Ressaca, situada a dez quilômetros ao sul da cidade de Cáceres, enquanto nos arredores de Miranda, hoje, Mato Grosso do Sul, foi posta em funcionamento a usina Santo Antônio, construída em 1900.

Você já deve ter estudado em geografia que a divisão territorial dos estados brasileiros sofreu mudanças, ao longo da história. Observando as imagens dos mapas, na figura 13, podemos perceber a diferença na extensão territorial pertencente a Mato Grosso, que foi dividido em três estados, entre os anos 1789 e 1990. O estado de Rondônia, antes chamado de Guaporé, pertenceu ao território mato-grossense, até 1943. A última divisão foi entre Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, que aconteceu devido a um processo demorado em que foram levados em consideração aspectos socioeconômicos, políticos e culturais. Foi no dia 11 de outubro de 1977 que o presidente Ernesto Geisel assinou a Lei, dividindo Mato Grosso e criando o estado de Mato Grosso do Sul.



### Usina de Itaicy

A usina de Itaicy tornou-se referência na economia, pois seu proprietário era uma figura lendária da história mato-grossense; Antônio Paes de Barros, ou melhor, Totó Paes de Barros, chegou a exercer o governo do estado durante a República Velha. A usina começou a ser erguida em 11 de junho de 1896 e terminou 14 meses depois. Estima-se que cerca de 1.000 operários participaram da construção. A inauguração aconteceu em 1º de setembro de 1897.

As máquinas e equipamentos dessa usina de cana foram importados da Europa e chegaram ao local por transporte fluvial. O período de esplendor da usina aconteceu entre 1900 e 1920. Foi o primeiro lugar de Mato Grosso a ter energia elétrica e era a 4ª maior usina do país. Os equipamentos instalados em Itaicy permitiram que Totó Paes passasse à história como o precursor da industrialização em Mato Grosso. Observa-se a sofisticação e investimentos feitos em uma estrutura audaciosa para aqueles tempos.

A usina também cunhava moeda própria, chamada de “tarefa”, que os trabalhadores, chamados de “camaradas”, trocavam por produtos diversos no armazém da empresa. Qualquer tentativa de fuga era punida, como se fazia com os negros, na época da escravidão. Os camaradas viviam sob a dependência do coronel usineiro.

A usina de Itaicy foi tombada pelo Patrimônio Histórico Estadual, em 1984. Em 1957, Itaicy parou de produzir, entretanto, sua decadência começou, por volta da década de 30, com a presença dos interventores nomeados pelo presidente Getúlio Vargas, em substituição aos governos estaduais, época em que seu proprietário foi perdendo o poder que desfrutava na região.

De lá para cá, ficou abandonada (figura 14), porém nunca esquecida, por conta da sua imponência e pela constante associação de Itaicy com Totó Paes de Barros, um dos personagens mais controvertidos da história de Mato Grosso.



Figura 14 - Faixada do prédio central da Usina Itaicy em Sto. Antonio de Leverger-MT (27 Km de Cuiabá).  
Fonte: <http://levergernews.com.br/materia.php?tipo=noticias&categoriaId=2&id=2681&id=2953&>

Atualmente, Mato Grosso possui doze unidades de operação capazes de produzir etanol, açúcar, bioenergia e algumas exportam seus produtos para diversos países, sendo elas:

- Usina Itamarati, em Nova Olímpia;
- Unidade Alto Taquari, em Alto Taquari;
- Usina Barralcool, em Barra do Bruges;
- Usina Coprodia, em Campo Novo do Parecis;
- Unidade Pantanal, em Jaciara (figura 15);
- Usina Libra, em São José do Rio Claro;
- Usina Usimat, em Campo de Júlio;
- Unidade Lambari d'Oeste, em Lambari d'Oeste;
- Unidade Mirassol d'Oeste, em Mirassol d'Oeste;
- Destilaria Buriti, em Sorriso;
- Unidade F&S Agrosolutions, em Lucas do Rio Verde;
- Safras Indústria e Comércio de Biocombustíveis, em Sorriso.



*Figura 15 - Usina de cana-de-açúcar em Jaciara-MT.*

*Fonte: <https://media.agoramt.com.br/2016/03/usina-cana-jaciara.jpg>*

## CAPÍTULO 2 – ONDE E QUANTO SE PRODUZ?

### 2.1 A PRODUÇÃO DE CANA PELO MUNDO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Segundo levantamentos feitos pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), nas últimas quatro safras, cerca de 635 milhões de toneladas foram processadas na safra 2017/2018 (figura 16).

A Região Centro-Sul (que agrega os Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste) responde por 90% desse volume de produção, enquanto os 10% restantes cabem aos Estados da região Norte-Nordeste, de acordo com dados divulgados pela UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar).



Figura 16 - Projeção das safras de cana-de-açúcar de 2014 até 2019.

Fonte: <https://www.revistarpanews.com.br/ed/147-edicao2015/edicao-196/5233-especial-safra2018-2019-196>

**Evolução histórica do destino da cana-de-açúcar processada pela região Centro-Sul. Valores em %.**

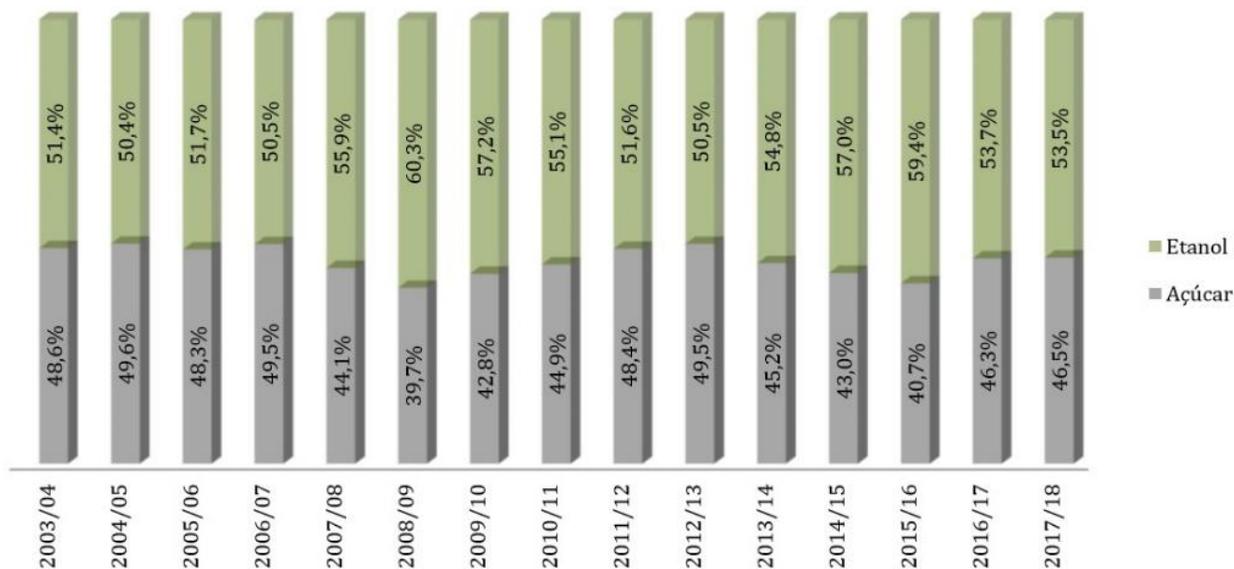


Figura 17 - Evolução histórica do destino da cana-de-açúcar processada pela região Centro-Sul.

Fonte: UNICA. <file:///C:/Users/user/Downloads/b851e3557530ca223a81fccc166a6c3e.pdf>

Ao analisarmos historicamente o principal destino da produção de cana-de-açúcar brasileira, processada pela região Centro-Sul, apresentado na figura 17, percebemos que, dentro de uma pequena variação, o açúcar vem perdendo espaço para a produção de etanol. Ademais, em Mato Grosso, por exemplo, várias unidades de produção estão investindo no parque industrial *flex* para o processamento, tanto da cana-de-açúcar quanto do milho, para obtenção do biocombustível. Assim, explica-se o dado apresentado na figura 17.

A recente busca por combustíveis renováveis que substituam o petróleo e que não sejam tão agressivos ao meio ambiente faz da cana-de-açúcar um produto de importância global, na procura por um desenvolvimento sustentável. Segundo o relatório de acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2018/2019, apresentado pela Conab, parte dos rendimentos financeiros provenientes dos bons preços do etanol estão sendo revertidos em investimentos e na manutenção das instalações industriais, o que alimenta, ainda mais, a tendência de domínio de mercado do etanol.

Apesar da queda na produção açucareira para a produção de etanol, atualmente, **o país ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de produção de açúcar** (figura 18), de acordo com o relatório *Perspectivas Alimentares*, publicado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2018.

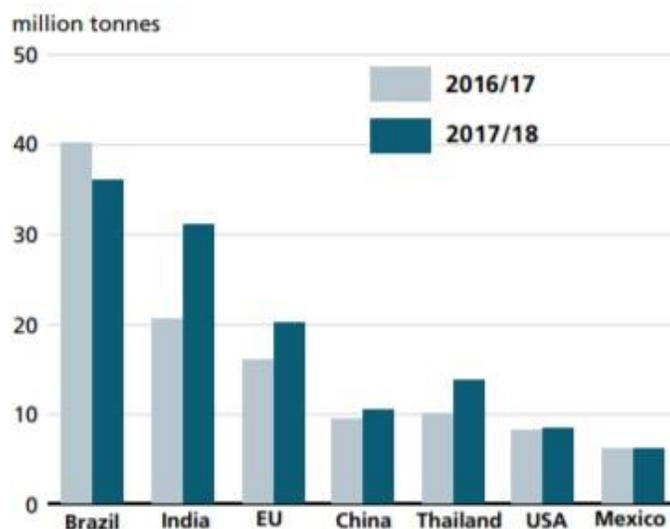


Figura 18 – Produção de açúcar nos principais países produtores.  
Fonte: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO, 2018.

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do mundo, cultivada em mais de 130 países, e representa uma importante fonte de mão de obra no meio rural, nesses países, ocupando cerca de 27 milhões de hectares plantados.

**O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar** (figura 19), com uma produção de aproximadamente 768 milhões de toneladas, seguido pela Índia, com aproximadamente 341 milhões; China, com aproximadamente 129 milhões; e Tailândia, com aproximadamente 100 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2015).

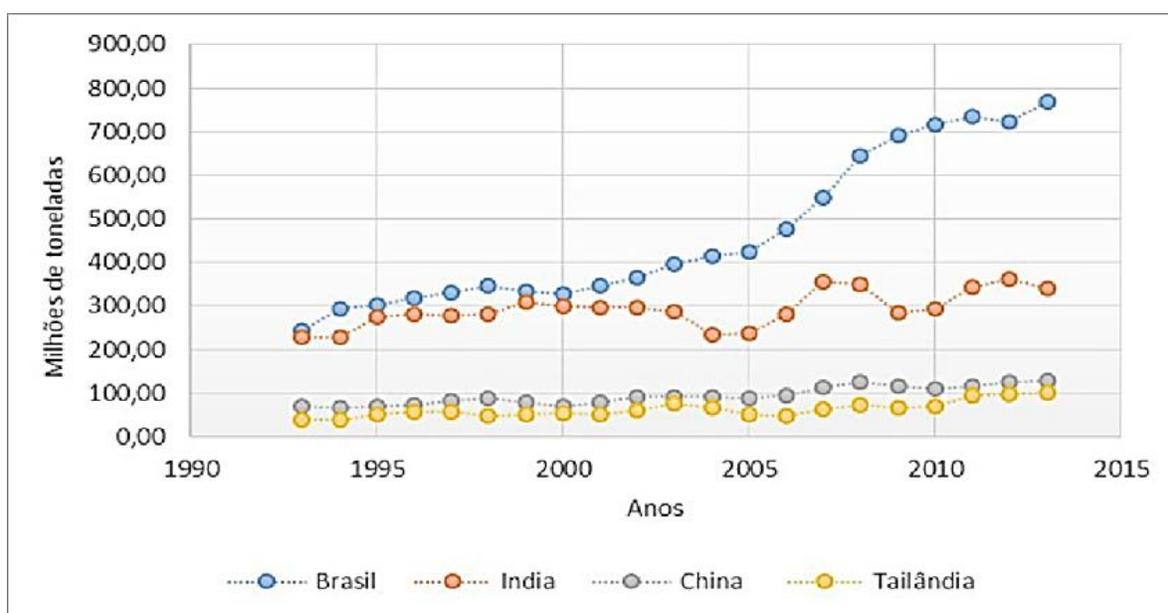


Figura 19 - Produção de cana-de-açúcar dos quatro principais países produtores do mundo entre os anos de 1990 e 2013.  
Fonte: [https://www.researchgate.net/publication/304579035\\_Melhoramento\\_Genetico\\_da\\_Cana-de-Acucar](https://www.researchgate.net/publication/304579035_Melhoramento_Genetico_da_Cana-de-Acucar)

A Conab, no âmbito do acordo de cooperação com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), promove, desde 2005, levantamentos e avaliações quadrimestrais da safra brasileira de cana-de-açúcar.

De acordo com o primeiro levantamento apontado nesse relatório de acompanhamento da produção de cana-de-açúcar, a safra de 2018/19 está estimada em 625,96 milhões de toneladas, redução de 1,2% em relação à safra anterior. Em números absolutos, estima-se uma produção de 625,96 milhões de toneladas, ante os 633,26 milhões da safra 2017/18. Isso devido à devolução de terras arrendadas e rescisão de contratos com fornecedores na região Sudeste, o que contribuiu significativamente para os índices apontados.

Apesar da importância econômica da cana-de-açúcar, sua cultura representa muito pouco, em termos de ocupação de área plantada, quando comparada àquelas dedicadas à produção de grãos.

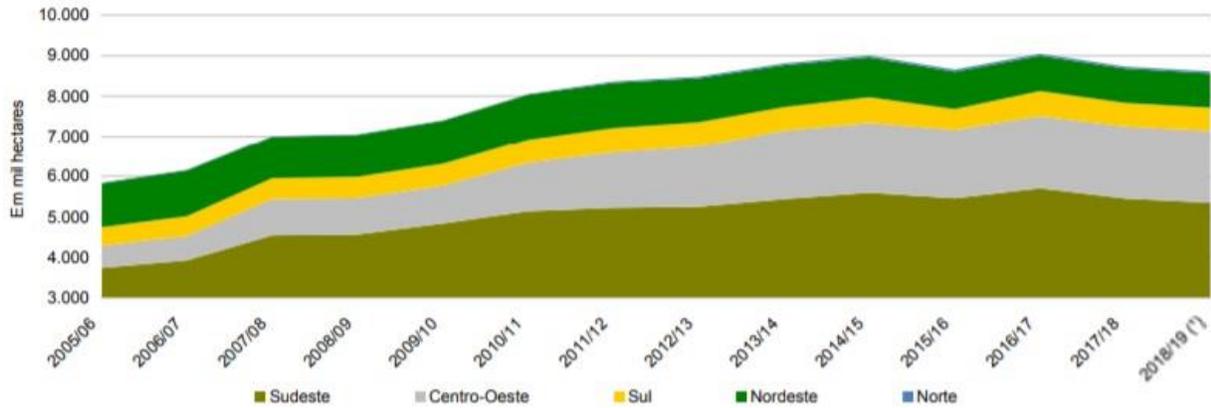


Figura 20 - Evolução da área colhida no Brasil.  
Fonte: Conab, 2018.

A área de cana-de-açúcar a ser colhida no Brasil e destinada à atividade sucroalcooleira, na safra 2018/19, deverá atingir 8.613,6 mil hectares (figura 20). As Regiões Sul e Sudeste devem ter redução na área, enquanto a Região Centro-Oeste e a Sudeste devem manter a área total a ser colhida em relação à safra passada.

Observando o gráfico da figura 21, há estimativa de elevação nos patamares de produtividade para a safra 2018/19 da Região Centro-Oeste, que ultrapassa 76 Kg/Há, significando uma produção de 137,43 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

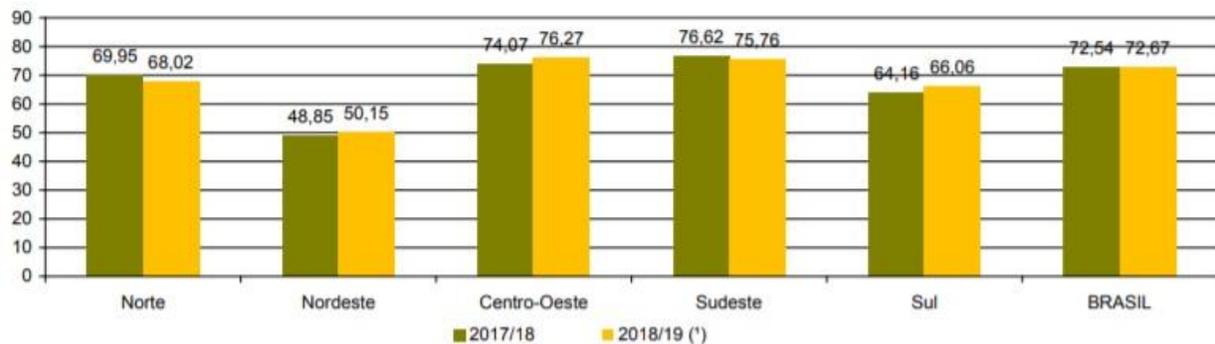


Figura 21 - Comparativo de produtividade de cana-de-açúcar em Kg/ha por região.  
Fonte: Conab, 2018.

**Os caminhos levam ao centro...**

Estados do Centro-Oeste continuam a registrar as maiores áreas em expansão e renovação da cana-de-açúcar, mesmo com a estabilização notada no setor.

**2.2 A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MATO GROSSO**

Os Estados do Centro-Oeste galgaram postos mais altos no setor: Mato Grosso pulou da oitava para a sétima colocação, e o quarto maior produtor, Mato Grosso do Sul, que, inclusive, no período 2018/2019, mostrava intenção de maior aporte tecnológico, apresenta índices próximos (com respectivos 16% e 15% do total da área colhida) nas projeções de renovar ou implantar cultivos de cana-de-açúcar. A Conab constata que áreas para expandir tornam-se mais escassas no Estado, embora ainda registre o nível mais alto de áreas de expansão e renovação.

Ao longo dos anos, após a implantação de Itaicý, outras usinas foram surgindo, sendo elas as de: Conceição, Ressaca, Maravilha, Tamandaré, Aricá, Santana, Flechas, todas às margens do rio Cuiabá, ou de seus afluentes. Atualmente, encontram-se com suas atividades já encerradas.

Em 1966, é implantada a Usina Jaciara (figura 22), empresa pública, no município do mesmo nome, 220 km ao Sul de Cuiabá, onde o *Planalsucar*<sup>2</sup> começa a desenvolver novas variedades de cana-de-açúcar adaptadas ao Cerrado, sendo assumido pelo Grupo Naoum, em 1972.

Em 1982, com base no *Proálcool*<sup>3</sup>, começam a ser implantadas novas usinas em Mato Grosso, começando pela Barralcool, em Barra do Bugres, cidade localizada a 160 km a oeste de Cuiabá e, em seguida, a Itamarati, no município de Nova Olímpia, 40 Km à frente, que, durante

<sup>2</sup> Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (*Planalsucar*) foi criado em 1971 e alavancou a produção do etanol no País. As ações do órgão iam desde o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar até a projeção de safras. Além de financiar a modernização do parque de usinas e destilarias. Fonte: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,planalsucar-estimulou-etanol-no-pais-imp-,642599>

<sup>3</sup> Programa Nacional do Álcool (*Proálcool*) foi criado em 1975, consistiu em uma iniciativa do governo brasileiro de intensificar a produção de álcool combustível (etanol) para substituir a gasolina. Essa atitude teve como fator determinante a crise mundial do petróleo, durante a década de 1970, pois o preço do produto estava muito elevado e passou a ter grande peso nas importações do país. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/proalcool.htm>

muitos anos, foi a maior usina do mundo, com capacidade de moagem de 7,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, vindo as demais, nos anos imediatamente posteriores, 11, no total, as quais foram apresentadas no final do capítulo anterior.



*Figura 22 – Entrada da Usina Jaciara.*

*Fonte: <http://www.gazetadigital.com.br/editorias/judiciario/tj-decide-sobre-auditoria-em-usina-suspeita-de-fraude-milionaria/504377>*

Com a otimização da produção na indústria e o consequente aumento na produção que se concentra no açúcar, no álcool hidratado (etanol), no álcool anidro e também na bioenergia, o setor se mostra otimista em relação ao mercado. Muitos projetam que Mato Grosso será grande exportador de etanol e poderá se tornar produtor de eteno, que é a matéria-prima do plástico, e o processo de transformar o etanol em eteno já é conhecido e dominado; seria o plástico verde”

Segundo técnicos do setor, essa transformação de etanol em eteno atrairia indústrias de plástico para Mato Grosso, em um curto espaço de tempo. Mas isso apenas seria possível, de acordo com eles, se houver vontade dos empresários, investimentos e incentivos públicos para as indústrias.

## CAPÍTULO 3 - CONHECENDO AS CARACTERÍSTICAS DA PLANTA

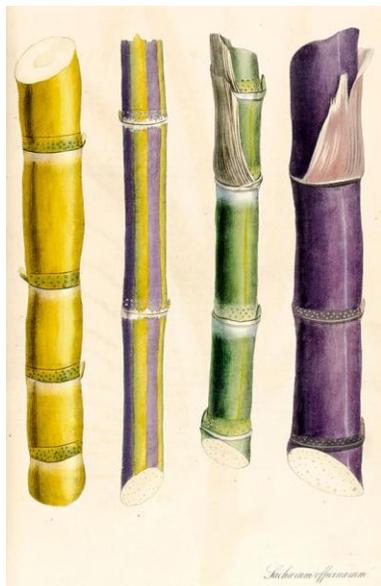


Figura 23 - Variedades de cana-de-açúcar litografadas.

Fonte: <https://nosbuesch-stucke.berlin/?s=sugar+canne>

Cana-de-açúcar em outras línguas: em inglês: Sugarcane; em espanhol: Caña de azúcar; em francês: Canne à sucre; em alemão: Zuckerrohr; em italiano: canna da zucchero.

Suas variedades se distinguem pela cor e pela altura do caule, que atinge entre 3 e 6 m de altura, por 2 a 5 cm de diâmetro, sendo sua multiplicação feita, desde a Antiguidade, a partir de estacas (algumas variedades não produzem sementes férteis). A ilustração da figura 23, litografada por A. Henry, apresenta algumas variedades de cana-de-açúcar; observe.

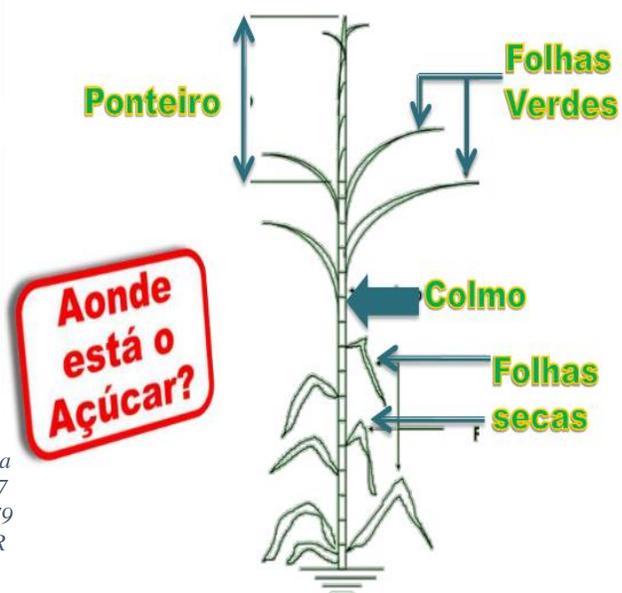
A existência de muitas variedades é uma vantagem, embora isso torne difícil a tomada de decisão, já que requer muito mais conhecimento do produtor rural acerca das opções disponíveis. É importante que o produtor possua uma riqueza de variedades e cultivares de cana-de-açúcar na lavoura, pois, assim, pode diminuir a possibilidade de que uma praga ou doença se prolifere dentro do canavial, causando prejuízos.

### FRUTA, LEGUME OU RAIZ?Z

Quando pensamos em cana-de-açúcar, logo surge a dúvida sobre a que categoria, no Reino Vegetal, ela pertence. Pois tire essa dúvida, de uma vez por todas: a cana-de-açúcar é uma planta, mais precisamente uma

Figura 24 - Fisiologia da planta cana-de-açúcar.

Fonte: [https://www.google.com/search?q=chegada+da+cana+o+brasil&tbs=isch&tbs=ring:CfXPTTYr5iIjiDwsQHeZdX7XKahmyZrk\\_1nIRT9ROmLLX\\_1AD4FMp\\_1WX32PrA5tqij3d79vPUwb6DaXKmREGRnqZoioSCYPCxAd5l1ftEeVPFZdGmb8RKhIJcpqGbJIGT-cRWI7iKzoV\\_1swqEgkhFPIE6YstfxHpugd8Jd9WWvoSCc](https://www.google.com/search?q=chegada+da+cana+o+brasil&tbs=isch&tbs=ring:CfXPTTYr5iIjiDwsQHeZdX7XKahmyZrk_1nIRT9ROmLLX_1AD4FMp_1WX32PrA5tqij3d79vPUwb6DaXKmREGRnqZoioSCYPCxAd5l1ftEeVPFZdGmb8RKhIJcpqGbJIGT-cRWI7iKzoV_1swqEgkhFPIE6YstfxHpugd8Jd9WWvoSCc)



“gramínea” ou “gramina”, devido a sua semelhança morfológica com a grama. Sendo assim, nem fruta, nem legume nem raiz, é uma planta!

Os indivíduos desse vegetal, apresentam o caule, ou colmo (caule não ramificado com divisões em gomos- entrenós, e nós), delgado, cilíndrico, agradável ao tato, comprido na haste, que possui um elevado teor de açúcar. Na zona dos nós, é encontrada a gema e a zona radicular. O colmo é recoberto de folhas (lâminas foliares, bainha e colar), ligada ao colmo na região do nó, igualmente compridas e esverdeadas, cuja bainha protege o poro germinativo. As folhas formam duas fileiras opostas e alternadas. Ao observar a imagem 24, você poderá perceber que, à medida que a planta cresce e aumenta o número de entrenós e nós, as folhas secam e ficam mais na parte baixa da planta.

Você já deve ter estudado, em Biologia, sobre a classificação botânica, não é mesmo? E vai se lembrar de que ela serve para situar e identificar uma planta no reino vegetal. Pois bem, a cana-de-açúcar recebe atualmente a seguinte classificação, apresentada na figura 25, proposta por Jeswiet, em 1925:

<b>Classificação científica</b>	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Divisão:</b>	Magnoliophyta
<b>Classe:</b>	Monocotiledonea
<b>Ordem:</b>	Poales
<b>Família:</b>	Poaceae
<b>Gênero:</b>	<i>Saccharum</i>
<b>Espécie:</b>	<i>Saccharum</i> spp (híbrido); <i>Saccharum officinarum</i> ; <i>Saccharum barberi</i> ; <i>Saccharum robustum</i> ; <i>Saccharum spontaneum</i> ; <i>Saccharum sinensis</i> ; <i>Saccharum edule</i> .

Figura 25 - Classificação científica da planta cana-de-açúcar.

Fonte: Jeswiet, 1925 apud FAUCONNIER, R; BASSEREAU, D. *La Caña de azucar*. Barcelona, Editorial Blume, 1975. 433p.

Diante da evolução e melhoramento genético da cana-de-açúcar, Welker (2012) classifica além das espécies supracitadas, também espécies heterotípicas, do gênero *Saccharum*, nativas do

Brasil, sendo elas: *S.angustifolium* (Nees) Trin, *S. asperum* (Nees) Steud e *S. villosum* Steud, totalizando dez espécies.

## COMPOSIÇÃO

A composição química da cana depende da interação de vários fatores, a saber: variedade, clima, solo (propriedades físicas, químicas e microbiológicas), adubação, tratos culturais, irrigação, sanidade da cultura, florescimento, sistema de despalha (manual ou à fogo), intensidade do desponte, tempo decorrido da última colheita, condições e tempo de armazenamento, utilização de maturadores, etc.

Conforme o infográfico da figura 26, a planta é basicamente composta por maior parte de água, sacarose e fibra.

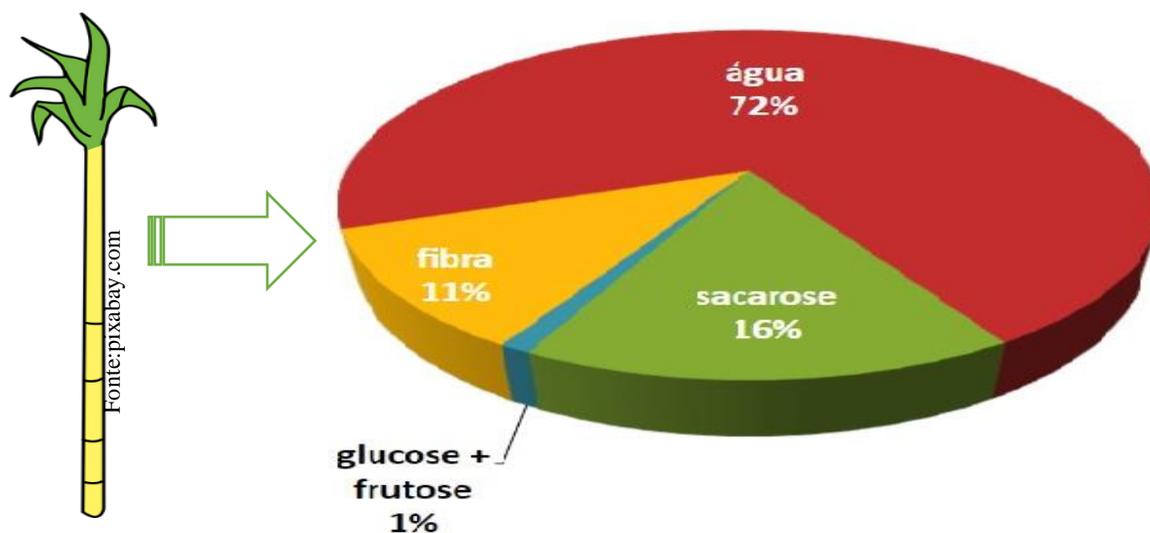


Figura 26 – Composição principal da cana-de-açúcar.

Fonte: Adaptado de FERNANDES, A. C. *Cálculos na Agroindústria da cana-de-açúcar*. 2ª.ed. Piracicaba, STAB, Cap.1, 2003.

Os componentes *água* e *sacarose* apresentam-se como o caldo que é extraído da planta. Já o componente fibroso dá sustentação ao colmo e influi, significativamente, na extração do caldo, nas usinas, e no cálculo da pol (quantidade de açúcar) da cana e, por via de consequência, no seu preço.

Essa planta é rica em **sacarose**, um açúcar que possui uma estrutura composta por glicose e frutose, por meio de uma **ligação glicosídica**, formando um dissacarídeo (AMABIS; MARTHO, 2004), como é mostrado na figura 27.

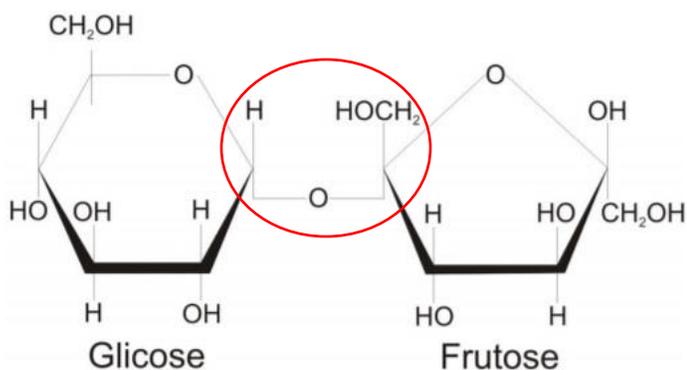


Figura 27 - Estrutura da sacarose com destaque para a ligação glicosídica.

Fonte: [https://www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC\\_2014\\_1/Carolina%20Manochio.pdf](https://www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2014_1/Carolina%20Manochio.pdf)

Na reação química de formação da sacarose (o açúcar mais complexo) acontece a adição de uma hexose (glicose) a uma pentose (frutose), que combinam-se por meio de ligações covalentes, que passam a ser chamadas de ligações glicosídicas, formando, finalmente, sacarose e água como produtos da reação (figura 28).

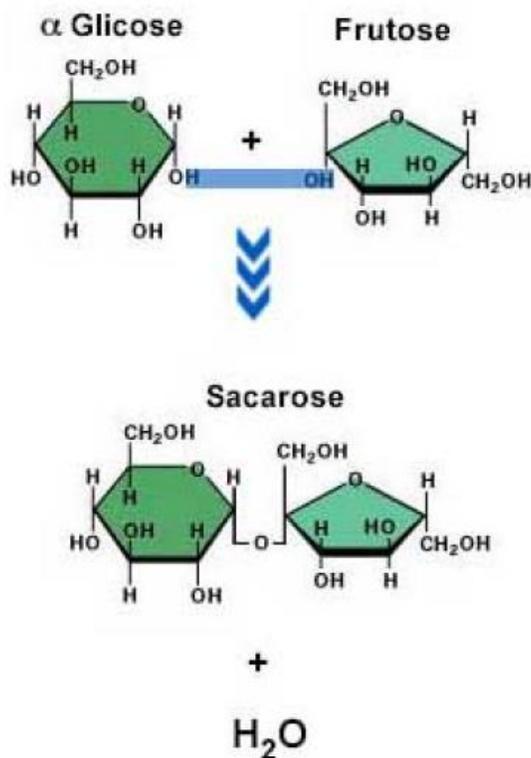


Figura 28 - Reação de formação da sacarose.

Fonte: <http://carboidratosfarmfometro.blogspot.com/2013/05/biossintese-da-sacarose.html>

Preste bastante atenção e entenda como funciona a reação de formação da sacarose, pois, em algumas etapas de preparo do açúcar e do etanol, iremos abordar novamente essa reação, porém ela irá acontecer, de forma contrária, em que a molécula mais complexa (sacarose) será “quebrada” em duas moléculas mais simples, que, no caso, são a glicose e a frutose, por meio da reação chamada hidrólise.

## AMADURECIMENTO

A maior ou menor concentração do açúcar na cana é um processo fisiológico que, obviamente, depende da interação de vários fatores, já citados anteriormente. Vale destacar, fundamentalmente, a influência da variedade, do clima e do solo. Os fatores: água e temperatura, têm, evidentemente, uma influência decisiva no amadurecimento. Observe na figura 29, as fases de crescimento da cana-de-açúcar.

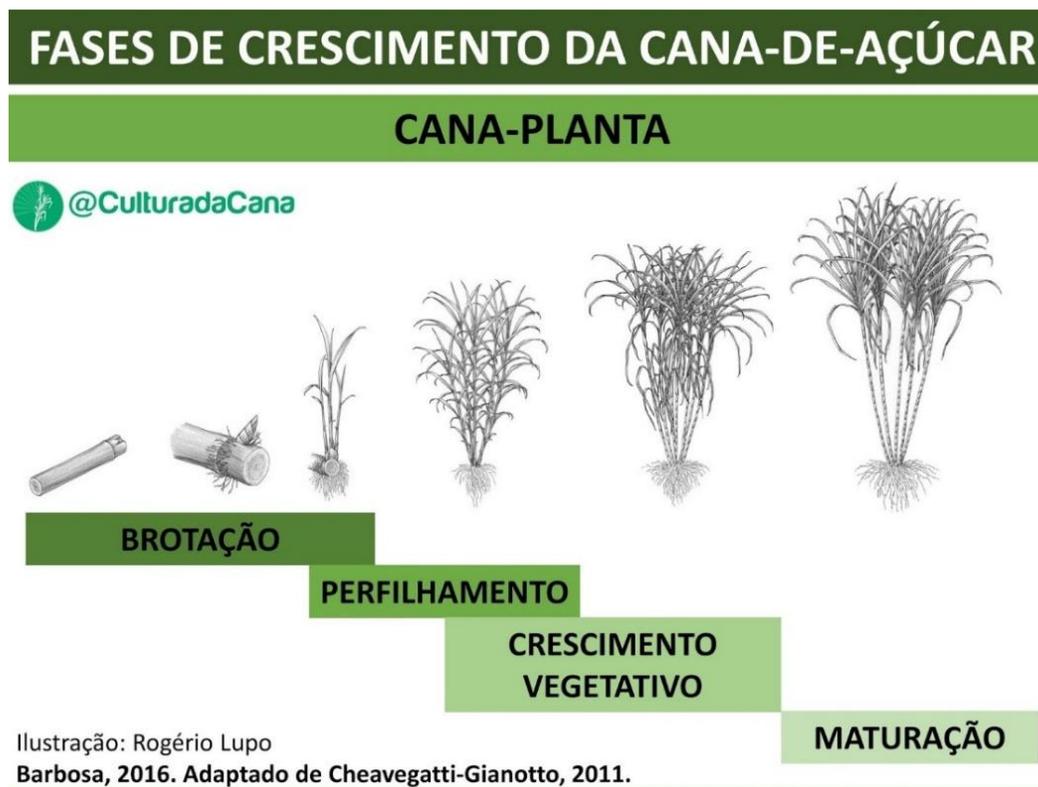


Figura 29 - Fases de crescimento da cana-de-açúcar.

Fonte: <http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/03/fases-de-crescimento-da-cana-de-acucar.html>

Mesmo que o seu estado vegetativo mostre um bom desenvolvimento nos climas subtropicais, encontrados na região sul do país (figura 30), os melhores rendimentos são obtidos nos climas tropicais, predominantemente na região Centro-Sul do Brasil.

O clima tropical é caracterizado por apresentar duas estações bem diferenciadas, uma de altas temperaturas e outra, úmida. A fase seca do clima é necessária para incentivar o estágio maduro e, como resultado desse processo, a concentração de sacarose nos caules de nós salientes. Assim, as regiões tropicais são as que oferecem melhores recursos para o desenvolvimento da cana-de-açúcar.



Figura 30 - Tipos de clima no Brasil.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/os-climas-brasil.htm>



## CURIOSIDADES

O programa de Desenvolvimento dos Cerrados - Polocentro - foi criado, em 1975, com o objetivo de inserir o bioma Cerrado cujos solos eram considerados de baixa fertilidade; nas áreas produtivas do país, das doze áreas selecionadas, duas estavam em Mato Grosso e foram escolhidas, segundo critérios, para dotação de infraestrutura e expansão da agropecuária.

Os resultados obtidos pelo Programa demonstraram uma relação benefício/custo, em termos sociais e econômicos, altamente positiva para o País. Destacando-se as seguintes realizações: rápido retorno financeiro; criação de grande número de empregos; oportunidade para pequenos agricultores; preservação dos solos dos cerrados; aperfeiçoamento da 2ª tecnologia de uso dos cerrados; e estabelecimento de facilidades para expansão da fronteira agrícola.

Fonte: MAROUELLI, Rodrigo Pedrosa. **O desenvolvimento sustentável na agricultura do cerrado brasileiro**. Brasília: ISAEFGV/Ecobusiness School, 2003. 54p. (Monografia - MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada). Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Desenvolvimento\\_sustentavel\\_agricultura\\_cerradoID-UkZstU83ek.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Desenvolvimento_sustentavel_agricultura_cerradoID-UkZstU83ek.pdf)

O solo apropriado para o cultivo dessa planta são as terras mais fundas, densas, dotadas de maior estrutura e fecundas. A cana-de-açúcar evolui, de forma satisfatória, em territórios repletos de areia e menos abundantes de recursos, como no cerrado.

## CAPÍTULO 4 – DO SOLO A INDÚSTRIA

### 4.1 PREPARO DO SOLO

Os processos agrônômicos de produção de cana-de-açúcar continuam os mesmos utilizados, durante vários séculos, mesmo em regiões com maior desenvolvimento tecnológico, como o estado de São Paulo. Experiências bem-sucedidas em escala comercial mostram que outros processos agrônômicos, como o Cultivo Mínimo e o Plantio Direto, podem substituir, com vantagens, o sistema de preparo convencional que atualmente domina a agricultura canavieira. Observe o comparativo apresentado na figura 31:

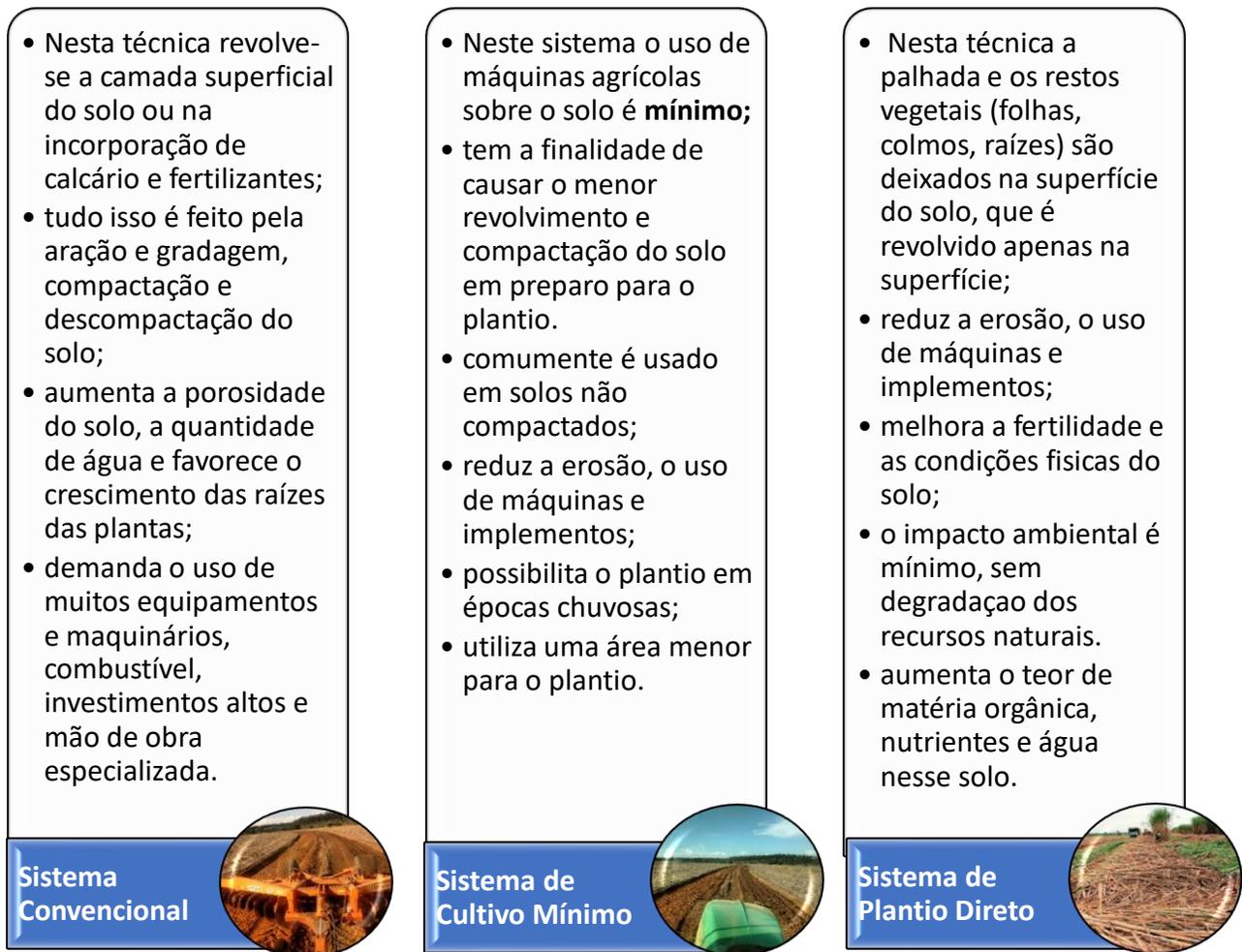


Figura 31 - Apresentação das técnicas de preparo de solo.

Fonte: <https://www.novacana.com/cana/sistemas-preparo-solo-plantio-da-cana>

## 4.2 PLANTIO

Conforme apresentado no quadro, anteriormente, existem diferentes maneiras de preparo do solo para o plantio. Assumiremos o sistema de plantio direto da cana, pois nesse sistema é aproveitada a biomassa vegetal (palha), gerando, assim, benefícios para o solo e o meio ambiente, tais como:

- o volume de resíduos químicos, comuns nas enxurradas, diminui e, conseqüentemente, **reduz a poluição** dos cursos de água próximos ao canavial;
- a atividade biológica, resultante do aumento de matéria orgânica no solo, aumenta, possibilitando **menor uso de fertilizantes**;
  - **a erosão**, que é uma das formas mais prejudiciais, uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como assoreamento e poluição das fontes de água, é controlada;
- **a perda de água** do solo é reduzida;
- **o custo de produção também é reduzido**;
- um enorme potencial de **aumento de produtividade** é observado;
- **a fertilidade do solo é melhorada**, pois aumentam os teores de matéria orgânica, fenômeno chamado de Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Em linhas gerais, CTC é a capacidade que um solo apresenta de armazenar nutrientes para que estes sejam posteriormente utilizados pelas plantas. A maior parte dos solos brasileiros é constituída por solos pouco férteis e pobres em matéria orgânica, cujo aumento propicia um aumento da atividade biológica e também um aumento da disponibilidade de nutrientes, como o **fósforo** e o **cálcio**. Todos esses fatores contribuem para a melhora da produtividade da cultura e possibilitam a redução da aplicação de fertilizantes, especialmente os fosfatados.

15	30,9738 ±3,5	20	40,08 2
288	<b>P</b>	1440	<b>Ca</b>
44,2		838	
1,82		1,55	
(Ne)3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>		(Ar)4s <sup>2</sup>	
<b>Fósforo</b>		<b>Calcio</b>	

## CURIOSIDADES

O uso de colmos, como semente, é adotado no Brasil, desde o início da sua cultura, por volta de 1530. Porém uma nova tecnologia deve mudar o conceito de multiplicação de mudas de cana-de-açúcar. A proposta do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) é substituir o procedimento pelo sistema de mudas pré-brotadas, que são produzidas a partir de cortes na planta chamados de **minirrebolos**. Essas mudas geram rendimento 10 vezes superior ao sistema tradicional de plantio. Com o novo modelo a lavoura passaria a receber mudas já formadas, produzidas em tubetes nos viveiros e transplantadas.

Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/sala-de-imprensa/release/iac-desenvolve-sistema-inedito-que-muda-o-conceito-de-plantar-cana/>

A técnica de **Plantio Direto** já deveria ser aplicada em toda a cultura canavieira do Brasil, vez que os resultados econômicos já mostraram vantagens em escala comercial, mas, mesmo assim, existem, na atualidade, entraves tecnológicos que parecem indicar o contrário. A implantação desse sistema de plantio está em confronto com o conjunto de técnicas agrícolas praticadas atualmente, baseadas em tratores de bitola estreita e grande pisoteio nas operações de colheita e transporte interno da produção.

A proposta de tráfego controlado com Estruturas de Tráfego Controlado (ETC's), em conjunto com técnicas agrícolas, também baseadas nesse sistema, viabilizaria o sistema de Plantio Direto, com as vantagens a ele inerentes, como eliminar as queimadas e aproveitar o palhicho, energeticamente, juntamente com vantagens próprias, em termos de redução de investimentos e custos operacionais, por exemplo: com a diminuição da

### Como acontece?

A palhada da cana é deixada sobre a superfície do solo para protegê-lo contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo assim a erosão e a perda de nutrientes, além de garantir maior infiltração de água nesse solo.

A água ocupa um lugar de destaque no manejo da cana-de-açúcar, pois, quando limitante, reduz significativamente a produtividade.

compactação e aumento da umidade, pode-se antecipar um aumento no número de cortes da lavoura de cana-de-açúcar.

### “E quanto ao controle de ervas daninhas?”

Todos sabem que as ervas daninhas prejudicam qualquer tipo de plantação e com a cana-de-açúcar também acontece; por ser muito sensível à ocorrência dessas ervas, especialmente no início do seu desenvolvimento, é importante que o produtor faça uso da capina correta, e, dependendo do tipo da produção, faça uso de defensivos para evitar que esse problema crie maiores prejuízos.

Uma solução interessante é utilizar um tipo de defensivo pré-emergente. Além de evitar que o mato cresça, esse defensivo é aplicado, um ano antes de a cana ser colhida. O consumidor agradece, pois o defensivo é aplicado muito antes de o alimento (cana-de-açúcar) nascer.

## 4.2 CORTE E COLHEITA

A escolha do tipo de corte dos colmos depende de fatores diversos, como: disponibilidade de mão de obra, aspectos socioeconômicos, configuração do terreno onde está implantado o canavial, sistema de carregamento a ser utilizado, entre outros.

**Corte manual:** é o modo mais comum de colheita da cana-de-açúcar, porém é alvo de muitas polêmicas relacionadas à queima da cana, antes da colheita, que visa facilitar o corte. No entanto, a elevada quantidade de poluentes que é liberada na atmosfera, em razão dessa prática, tem sido muito contestada por diversos segmentos da sociedade.

O trabalhador que faz a colheita manual utiliza uma ferramenta que pode ser denominada folha, podão ou facão, dependendo da região do País. Inicialmente, ele corta o material sem interesse para a usina, o que ocorre no caso da colheita da cana-crua (Figura 32). Porém, quando a cana-de-açúcar é queimada, antes da colheita (Figura 33) e tem a sua palhada eliminada pela ação do fogo, não necessita de que essa atividade seja efetuada pelos cortadores. Em seguida, o

cortador faz o corte dos colmos da cana na altura basal e o corte dos ponteiros, lançando a cana cortada sobre o terreno, para a formação dos leitos.



*Figura 32 – Corte manual de cana crua.*

*Fonte: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_98\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html)*



*Figura 33 - Corte manual de cana queimada.*

*Fonte: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_98\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html)*

Os procedimentos de corte e colheita, com a limpeza prévia pelo fogo na queima do canavial, limitam a disponibilidade e aproveitamento da biomassa vegetal (palhada).

**Corte mecanizado:** Estima-se que o corte mecanizado proporcione redução de cerca de 20% dos custos de produção, quando comparado com o corte manual. Entretanto, esse sistema australiano de colheita de cana picada, atualmente, em fase de implantação, no Brasil, apresenta sérias

restrições para ser considerado como a tecnologia do futuro, no horizonte atual de grande expansão do setor canavieiro. O corte mecanizado, no Brasil, ainda precisa ser aprimorado, pois as máquinas nacionais utilizadas nessa atividade ainda são, em sua maioria, precárias, apresentando baixo rendimento e necessitando frequentemente de manutenção.

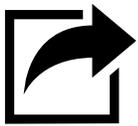
O processo de remoção de colmos da plantação, por exemplo, e sua introdução na colhedora, conforme mostra a figura 34, apresenta, atualmente, duas limitações importantes: perdas de matéria-prima significativas e elevada demanda de potência, peso e custo de equipamentos.



Figura 34 – Colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4096216/mod\\_resource/content/1/LAN%201458%20parte%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4096216/mod_resource/content/1/LAN%201458%20parte%201.pdf)

É evidente, a necessidade do desenvolvimento de princípios de remoção mais simples e eficientes, compatíveis com essa operação.



Acessando o site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - em parceria com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC - você pode saber mais sobre os tipos de corte de cana-de-açúcar: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_98\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html)

Entretanto, economicamente falando, atualmente, estamos diante de um cenário não muito favorável para ambas as técnicas de corte, pois é possível verificar um aumento dos custos de

produção, ao longo dos anos, tanto no corte manual, pelo seu baixo rendimento, quanto no corte mecânico, pela baixa eficiência e altas perdas. Espera-se que, com pesquisas e aperfeiçoamento da técnica, o corte e a colheita mecânica sejam as melhores opções...A colheita é realizada no momento de maior concentração de açúcar. Ela começa, em média, após 12 meses, podendo se estender por até 240 dias. **A cana deve entrar em processo de produção, imprescindivelmente, entre 12 e 36 horas após a colheita.**

Em geral, a colheita da cana envolve cinco operações muito simples:



*Figura 35 – Etapas comuns na colheita de cana-de-açúcar.  
Fonte: as autoras.*

No entanto, ainda hoje, existe uma carência preocupante de processos para efetuar, eficientemente, essas operações (figura 35). É preciso destacar que tanto a colheita manual quanto a mecânica apresentam restrições impostas pelo relevo e pelo ambiente. O corte de base, se realizado **manualmente**, envolve problemas ergonômicos que afastam a mão de obra dos canaviais e continua a gerar tensões entre produtores e agremiações de cortadores. Ou, se o corte de base for **mecanizado**, estará sujeito a perdas importantes e contaminação da matéria-prima com terra, fungos e bactérias.

O corte dos ponteiros, frequentemente, não é realizado. No caso da colheita mecânica, por deficiência dos mecanismos responsáveis por essa função e, no corte manual, porque prejudica a produtividade do cortador.

A retirada das folhas, também conhecida como despalhamento, foi historicamente resolvida com a queima, mas, na medida em que a legislação impede essa prática, e as pesquisas apontam que o fogo utilizado para fazer essa limpeza causa perdas de massa e de qualidade da cana, a melhor opção para a colheita, atualmente, é aquela que mantém a cana crua, resultando, assim, numa matéria-prima de melhor qualidade.

Assim que for generalizada a **colheita mecanizada** e abolida a prática de queima do palhicho, estabelecida em cronograma para reduzir as queimadas nos canaviais (prevista por lei estadual – SP – e federal), haverá uma grande disponibilidade desse material para cobertura do solo. Hoje as estimativas são de que o resíduo da colheita de cana-de-açúcar pode atingir 140 kg por tonelada de cana entregue na usina.

A substituição do sistema tradicional de colheita manual de cana inteira com queima prévia do canavial, para o sistema de **colheita mecanizada de cana picada, sem queima do canavial** tornam a colheita da cana-de-açúcar no Brasil em franca evolução; observe a figura 36:

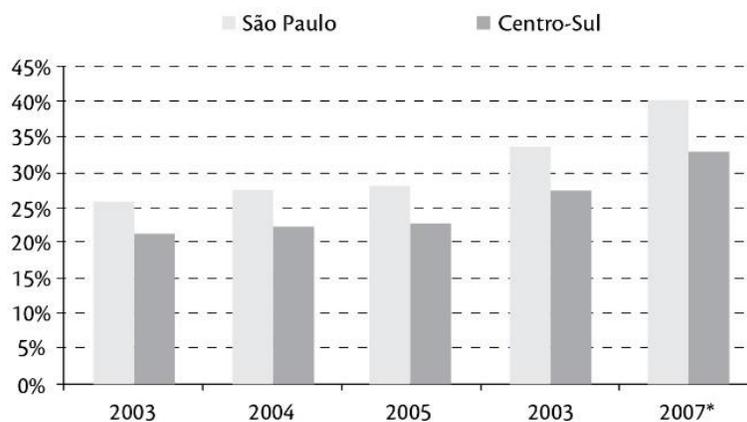


Figura 36 - Evolução da colheita de cana sem queima prévia, cana crua, em São Paulo e Centro-Sul. Valores até 08/2007.  
Fonte: <https://www.novacana.com/cana/colheita-da-cana-producao-acucar-etanol>

No próximo gráfico (figura 37) verifica-se que o estado de Mato Grosso, incluído na região Centro-Sul, concentra o maior índice de **colheita mecânica** e também de **colheita de cana sem queima prévia** (cana crua), 78% e 69%, respectivamente. Em seguida, aparece o estado de São Paulo, com 60% da colheita realizada mecanicamente e 49% da cana colhida sem queima prévia. A diferença entre o percentual de cana colhida mecanicamente e cana colhida sem queima prévia se dá em decorrência do tipo de colheita (mecanizada ou de corte manual) e não de cana queimada.

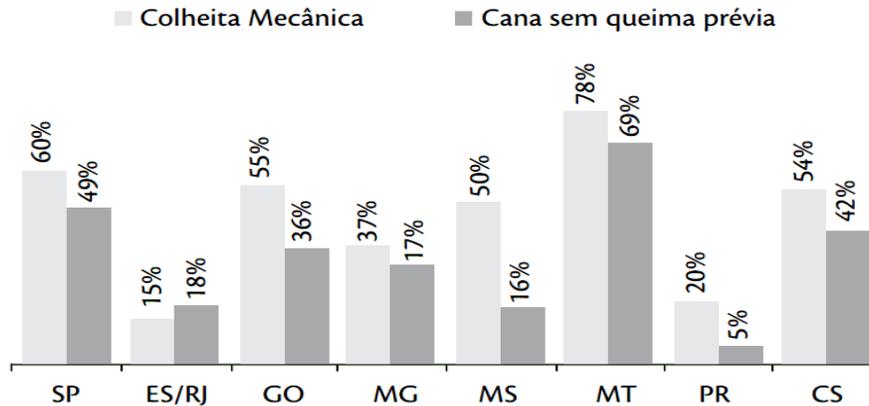


Figura 37 - Colheita mecânica e colheita de cana sem queima prévia - Safra 2008/09 – dados até junho/2008.  
Fonte <https://www.novacana.com/cana/colheita-da-cana-producao-acucar-etanol>

O auxílio mecânico apresenta um desafio no gerenciamento da maior quantidade de mão de obra envolvida, necessitando, também, da capacitação dos trabalhadores, para que realizem suas tarefas, de maneira mais técnica. Parece que dessa forma o nível de emprego é inferior ao do corte manual, mas, com a mecanização, nascem outras novas oportunidades de emprego para profissionais, como: mecânico, borracheiro, motorista, operadores de maquinários diversos, entre outras.

O tráfego intenso dos equipamentos de colheita e transporte, nas entrelinhas de plantio, representa, também, uma restrição importante desse sistema de colheita. Já de longa data, os especialistas em solos orientam conservar a estrutura do solo para conseguir manter níveis de produtividade elevados. A colheita mecânica praticada atualmente não está alinhada com essa recomendação. Produzir, mantendo um mínimo de interação com o meio é o grande desafio da sustentabilidade.

A mecanização total ou parcial se apresenta, atualmente, como a única opção para a colheita da cana, tanto do ponto de vista ergonômico quanto econômico e, principalmente, do ponto de vista legal e ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita, sem queima prévia, o que, por sua vez, viabiliza o aproveitamento do palhço.

#### 4.4 TRANSPORTE

O transporte da cana tem evoluído muito, nos últimos anos, principalmente com a atuação do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), em parceria com fabricantes de carrocerias. O objetivo principal tem sido sempre reduzir os custos e se adaptar às mudanças no sistema de colheita.

Inicialmente, utilizava-se o **caminhão simples**, com apenas um reboque para o transporte. Posteriormente, começou-se a acoplar dois reboques ao caminhão, chamado de **Romeu e Julieta**, sendo que o segundo reboque é engatado no primeiro, por meio de um sistema denominado rala – trata-se de um *dolly* aparafusado, com um sistema de cremalheira.

Adaptando o sistema de transporte, nasceu o treminhão (figura 38), que é composto por um conjunto Romeu e Julieta, no qual se acopla um reboque (ou Julieta), ou seja, tem-se agora um caminhão com três reboques:

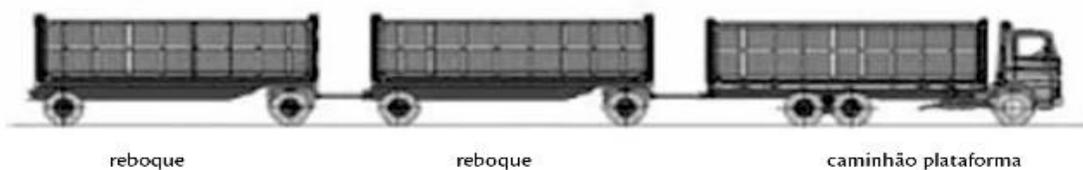


Figura 38 - Caminhão do tipo treminhão.

Fonte: <https://www.novacana.com/cana/transporte-da-cana-brasil>

Outra opção para o transporte são os Rodotrens (figura 39), que são a combinação de dois semirreboques ligados por um *dolly* de dois eixos. Esta combinação atinge um peso bruto total (PBTC) de 74 toneladas, o que aumenta em 64% a capacidade de carga transportada (comparando-se com uma combinação tradicional de três eixos (6×2). Esse veículo necessita, por lei, ser tracionado por caminhão 6×4. No momento da solicitação da licença (A E T – Autorização Especial de Trânsito), é preciso definir o trajeto a ser percorrido pelo veículo.

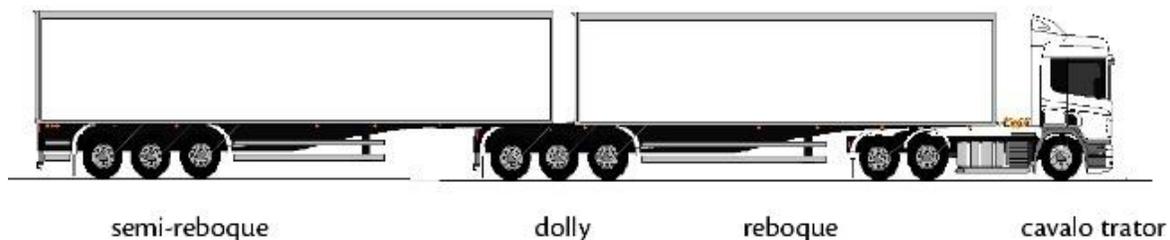


Figura 39 – Caminhão do tipo Rodotrem.

Fonte: <https://www.novacana.com/cana/transporte-da-cana-brasil>

É possível, ainda, encontrar composições para o transporte da cana-de-açúcar, com mais de três reboques acoplados (figura 40). Esse tipo de veículo tem restrições quanto aos locais onde pode trafegar, devido à sua estrutura.



Figura 40 - Composições com cinco e seis reboques. Tipos de transporte de cana.  
Fonte: <https://www.novacana.com/cana/transporte-da-cana-brasil>

#### 4.5 PROCESSAMENTO CASEIRO OU INDUSTRIAL

Após colhida e transportada, a cana passa por um tratamento para obtenção dos seus subprodutos, que pode ocorrer em larga escala, nas usinas, ou, ainda, em locais simples, como nos pequenos engenhos, com produção apenas para o consumo local. Neste caso, a cana, geralmente, é obtida pelo corte manual, dispensa o transporte por caminhões, o que, muitas vezes, é feito por animais. Após transportada, ela é diretamente moída e a destinação final dos seus subprodutos é apenas para consumo próprio ou comércio local.

Com equipamentos simples e acessíveis, como, por exemplo, a moenda manual (figura 41), pode-se extrair o caldo da cana no próprio quintal de casa. Existem também moendas movidas a motor, ou, ainda, as moendas elétricas (figura 42), um pouco mais sofisticadas e capazes de moer a cana e já liberar o caldo gelado. Em algumas cidades, ainda existem pequenos engenhos, semelhantes aos que existiam



Figura 41 – Moenda manual de cana-de-açúcar.

Fonte: <https://www.pontofrio.com.br/eletrrodomesticos/linha-industrial/portateisindustriais/moedoresraladores/engenho-manual-para-para-moer-cana-garapeira--10887647.html>



Figura 42 – Moenda elétrica de cana-de-açúcar.

Fonte: <https://www.guadaim.com.br/moenda-de-cana-eletrica-200-litros-maqtron>

antigamente, que utilizam moendas com a tração animal. Ao manusear esse caldo é possível obterem-se outros subprodutos, tais como: a rapadura, o melado, o açúcar mascavo, o mané branco, rapadura macia e a própria garapa.

**Você já experimentou beber caldo-de-cana com limão? Ou já foi a uma feira popular para tomar garapa e comer pastel?**

É muito comum entre os mato-grossenses esse hábito... Como o clima da região é muito quente, ingerir a garapa com limão e gelo, que é comumente vendida nas feiras, tornou-se um programa atrativo para as famílias se refrescarem!

No processo de esmagamento da cana é extraída a **garapa** (figura 43), que é o caldo de cana filtrado por peneiras finas, ou, até, por um pano limpo.

O **melado** (figura 44) é o segundo subproduto extraído da cana e é feito por um processo bastante demorado, pelo qual o caldo é cozido e fervido, lentamente, em uma panela, sem tampa, por várias horas, até formar uma mistura mais concentrada.

Para obter os melhores resultados, o pH da mistura deve ser mantido a 4, podendo ser necessário adicionar limão, para ir acidificando a mistura. Além disso, durante o processo, também é importante ir retirando as impurezas que vão se acumulando na parte de cima do caldo, sob a forma de espuma.

Ao atingir a consistência de xarope não cristalizável, que é quando o melado já está mais grosso e borbulhando, deve-se esperar que chegue nos 110°C, para, depois, ser retirado do fogo. Por fim, o melado precisa ser coado e colocado em recipientes de vidro, onde, após ser tampado, deve ser armazenado, com a tampa virada para baixo até esfriar.



Figura 43 – Caldo de cana-de-açúcar, também chamado de garapa.  
Fonte: [https://st2.depositphotos.com/1009329/8204/i/950/depositphotos\\_82044576-stock-photo-piece-of-sugarcane-juice.jpg](https://st2.depositphotos.com/1009329/8204/i/950/depositphotos_82044576-stock-photo-piece-of-sugarcane-juice.jpg)



Figura 44 - Melado de cana-de-açúcar.  
Fonte: <https://www.tuasaude.com/adocante-natural/>

Caso a fervura continue (como é dito popularmente, para ficar mais “apurado”), após o ponto de melado, o caldo ficará muito concentrado, por meio do processo de desidratação, ao evaporar-se (figura 45). Então, teremos, como resultado, quando esse caldo esfriar, em moldes, um outro subproduto chamado de **rapadura**.

Quanto mais doce e limpa for a cana-de-açúcar, melhor será a rapadura. Mas a qualidade do doce depende também da habilidade dos "caldeireiros" e "tacheiros". São eles que, durante horas, pacientemente, retiram as impurezas do caldo, durante o processo de fervura, no tacho. Um minuto a mais e o caldo incorpora as sujeiras da cana, fazendo com que a rapadura perca qualidade. Outro minuto além da conta e lá vai o ponto e ela vira **açúcar mascavo** (figura 46).

Após a identificação do ponto, a massa deverá ser transferida, imediatamente, para o gamelão, um tipo de recipiente, que já deverá se encontrar pulverizado com bicarbonato de sódio. Utiliza-se este produto porque, quando incorporado à massa, facilitará a sua *crystalização*, devido à liberação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Essa incorporação de ar favorecerá a granulação do açúcar.

Depois que a massa se encontrar bem espalhada dentro do gamelão, ela deverá ser homogeneizada, para, depois, permanecer em repouso até esfriar e cristalizar-se.

Quando a massa cristalizar, ela deverá ser esfarinhada, usando um equipamento que seja usado exclusivamente para esta finalidade, como uma enxada, uma pá, ou um rodo metálico ou de madeira. O esfarelamento da massa cristalizada será de fácil execução, se ela for retirada do tacho no ponto ideal.



Figura 46 – Processo de concentração do caldo por meio de fervura, até que chegue ao ponto de rapadura.

Fonte: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,entregamos-a-rapadura,4614>



Figura 45 – Ponto de açúcar mascavo.

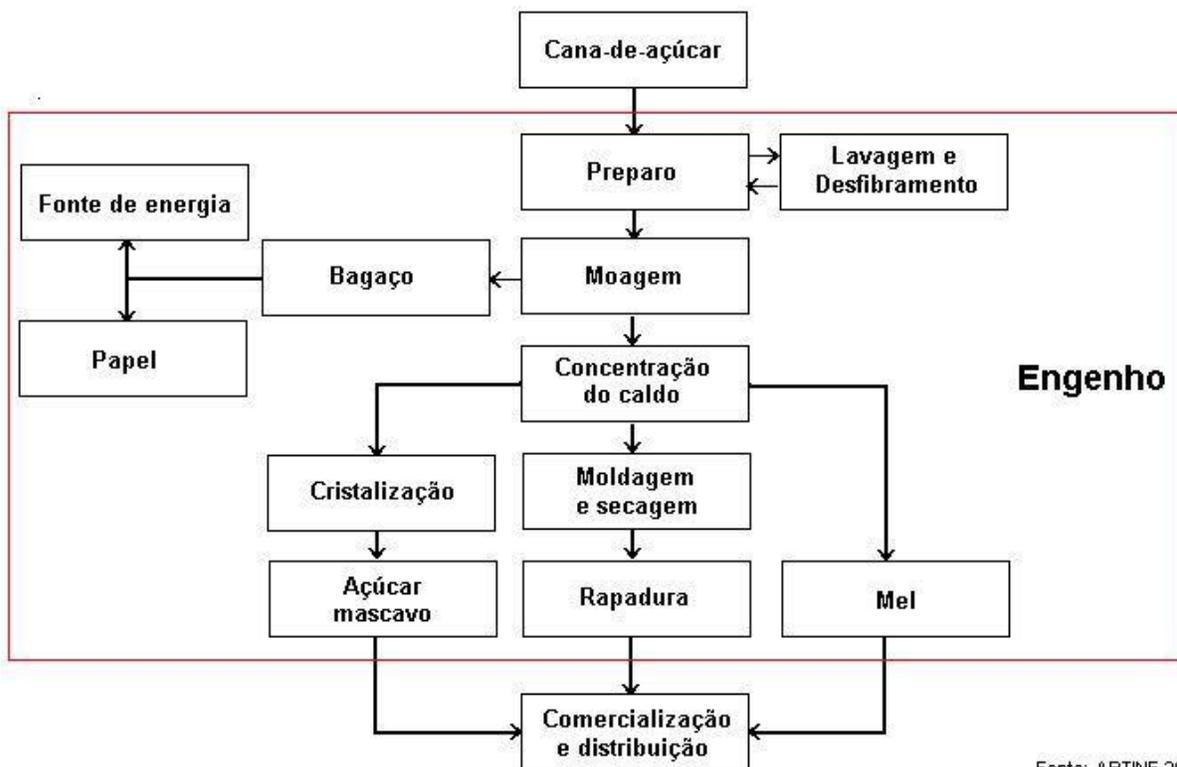
Fonte: <http://salonempendedor-itanhaem.blogspot.com/2013/10/empreendimento-de-acucar-mascavo.html>



Figura 47 – Melado, açúcar mascavo e rapadura, produtos derivados da cana-de-açúcar que apresentam processo de produção muito parecidos. Diferem apenas no tempo de cozimento.

Fonte: <http://www.sebraemercados.com.br/conheca-as-exigencias-especificas-para-derivados-da-cana-de-acucar/>

Em resumo, as etapas de processamento da cana para obtenção dos produtos, em um engenho, são:



Fonte: ABTINE 2000

Figura 48 –  
Fonte:

Na comunidade de Bonsucesso-VG, ainda é possível acompanhar algumas dessas etapas no engenho! De acordo com um estudo publicado em 2016, “Aspectos culturais no processo de produção de rapadura na comunidade de Bonsucesso em Várzea Grande / MT”, restavam naquele

ano apenas cinco engenhos, e o número diminuía, aos poucos, com a morte ou aposentadoria dos artesãos e a falta de interesse dos jovens pela produção.

Ainda, segundo o estudo, Bonsucesso é o mais antigo distrito de Várzea Grande, e cresceu em torno dos engenhos de açúcar. *As terras onde se situa Bonsucesso pertenciam, no século XIX, a Justino Antônio da Silva Claro, fazendeiro que possuía empregados e escravos. Seus herdeiros dividiram a área de terra e nela fizeram suas criações e lavoura, sendo a cana-de-açúcar a principal plantação, da qual se produzia aguardente de alambique, além do “açúcar de barro”, espécie de açúcar mascavo e rapadura (ANDRADE & SILVA, 2012).*

## CURIOSIDADES

Para conhecer as etapas desse meticuloso processo, procure saber se há uma fábrica artesanal na sua região e acompanhe a produção. Aproveite para provar as lascas quentes "rapadas" do gamelão (derretem na boca) que inspiraram o nome do doce como "raspadura", mudando, depois, para rapadura.

O visual é rude e a mordida, custosa. De tão açucarada e densa, parece carregar a roça inteira dentro dela. Filha do meio do tacho - o ponto está entre o melado e o açúcar mascavo -, a rapadura é renegada e incompreendida. Tanto que, apesar de seu processo de fabricação ser artesanal e meticuloso, custa menos que o melaço e o açúcar. Ela tem imenso potencial gastronômico, engrandecendo molhos e recheios.



Figura 49 - Cana-de-açúcar.

Fonte: [https://pt.pngtree.com/freepng/sugarcane\\_1547551.html](https://pt.pngtree.com/freepng/sugarcane_1547551.html)

A rapadura tradicional passou por algumas adaptações, ao longo do tempo, ao ser, também, fabricada com sabores e tamanhos variados. Podem ser acrescentados outros ingredientes para os diferentes sabores, tais como: amendoim, leite, coco, mamão, entre outros, desde que a massa ainda esteja quente e mole (figura 50). Então, é colocada em moldes para esfriar e, ao ser desenformada, tem-se a rapadura (figura 51). Possui alto teor de minerais benéficos para a saúde humana, superando em quase 10 vezes os sais minerais presentes no açúcar branco refinado.



Figura 50 - Processo de produção de rapadura.

Fonte: [https://www.google.com/search?q=rapadura+de+cana&tbm=isch&tbs=rimg:CfQj6DNoxivbIjhQgw1OdQ2VIFu6ALES27gSLOYA5qE9FksdjPd4VXx0IHzy4gGxCRCe-hUte7pgTrq7FAlMewkE\\_1ioSCVCDDU51DZWUEVNzBpYb-8WgKhIJW7oAsRLbuBIRPOprY5HVJOMqEgks5gDmoT0WSxFZqjxyYQ0bhyoSCR2M9](https://www.google.com/search?q=rapadura+de+cana&tbm=isch&tbs=rimg:CfQj6DNoxivbIjhQgw1OdQ2VIFu6ALES27gSLOYA5qE9FksdjPd4VXx0IHzy4gGxCRCe-hUte7pgTrq7FAlMewkE_1ioSCVCDDU51DZWUEVNzBpYb-8WgKhIJW7oAsRLbuBIRPOprY5HVJOMqEgks5gDmoT0WSxFZqjxyYQ0bhyoSCR2M9)



Figura 51 – Massa de rapadura colocada em moldes para resfriamento.

Fonte: <https://chicoabelha.wordpress.com/tag/rapadura/>

### **Por que devemos priorizar os carboidratos derivados da cana-de-açúcar?**

Em uma dieta é muito importante que seja priorizado o tipo de carboidrato a ser ingerido e considerar menos relevante a quantidade de ingestão. Entretanto, nem pense em reduzir a zero os carboidratos da dieta, pois o organismo passa a usar as proteínas para produção de energia, principalmente, à custa da massa muscular, isto é, o atleta ou desportista que se exercita mal-alimentado está comprometendo sua musculatura, enquanto a ingestão adequada de carboidrato previne o uso da proteína tecidual.



Estudos mostram que a utilização de **carboidratos**, em treinos, acima de uma hora, permite prolongar a permanência no exercício, fornece energia para o músculo e aumenta a glicemia. Durante o exercício, em atividades longas, recomenda-se utilizar de 30 a 60 gramas de carboidratos, por hora. Como estratégia nutricional, é indicada a utilização de carboidratos de alto índice glicêmico (com quantidade alta de moléculas de glicose) e de rápida absorção para elevação dos níveis de glicose no corpo.

Portanto, se for para ingerir carboidratos, que sejam os carboidratos derivados da cana-de-açúcar. Eles, sim, compensam, pois nos fornecem mais energia em uma porção menor, se comparados a outros alimentos (figura 52).

Figura 52 – Quadro comparativo da composição nutricional de alguns alimentos.

Fonte: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/nutricao/noticia/2016/09/rapadura-e-opcao-para-o-lugar-do-gel-como-fonte-de-carboidrato-nos-treinos.html>

A rapadura pode ser utilizada como fonte de carboidrato, substituindo ou alternando a sua utilização com gel de carboidratos, frutas, bebida esportiva, caldo de cana, ou água de coco. Pode também ser utilizada após o treino, bem como o caldo de cana (figura 53), com a finalidade de repor os estoques de glicogênio muscular e hepático, associado a proteínas para acelerar a recuperação muscular.



Figura 53 – Caldo de cana fornece mais energia para você após o treino

Fonte: Adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=GoogT-kIUJk>

**Caldo de cana é um repositores natural de carboidratos e possui baixo custo!**

Quando destinada à indústria, chamada de usina, a recepção da cana-de-açúcar consiste em 4 fases subsequentes:



Figura 54 – Fases de processamento da cana-de-açúcar após chegar à usina.  
Fonte: <http://www.encontracarros.com/tag/preco-do-alcool/>

Logo ao chegarem à usina, os caminhões carregados com a cana passam por uma balança. Na sequência, é retirada uma amostra do carregamento, com o auxílio de sondas que coletam uma amostra daquele carregamento, para ser analisada no laboratório da usina, procurando garantir a qualidade do produto final. Somente após esse procedimento, o descarregamento é feito e inicia-se, então, o processo de preparo da cana, para extração do caldo.

O preparo da cana consiste em picá-la e desintegrá-la por um processo de desnaturação mecânica, rompendo as células que contêm o caldo rico em açúcares (sacarose) e, assim, facilitar a extração. Há usinas que possuem apenas o conjunto de facas (picadores) para o preparo da cana; outras utilizam, também, o desfibrador. Essa operação facilita a extração do caldo pela moagem e aumenta a capacidade das moendas, além de produzir um bagaço de melhor qualidade.

A extração do caldo da cana é obtida pelo processo de esmagamento da planta em moendas (figura 55), semelhante ao processo caseiro, porém, em quantidades muito maiores. Finalmente, a cana preparada é levada, geralmente por esteiras, processo denominado de alimentação, diretamente para entre os rolos de cada terno (moenda), sucessivamente, sendo pressionada por eles, liberando seu caldo.

No processo de moagem, a cana desfibrada é submetida a sucessivas prensagens, nas quais são extraídos 60% de todo o caldo contido no interior de suas fibras. Os 40% restantes caracterizam-se por conter grande quantidade de açúcar que não é extraída do bagaço pela simples prensagem.

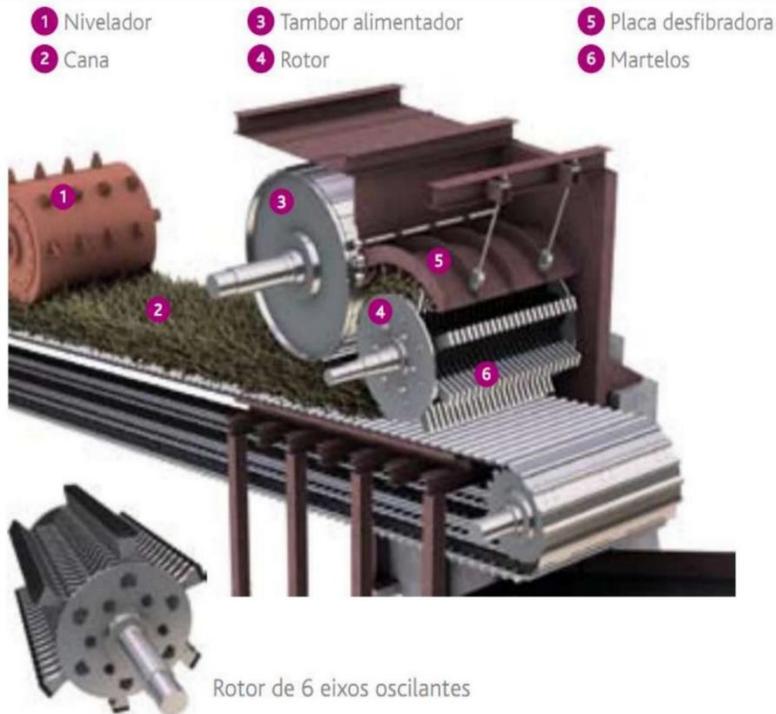


Figura 55 – Processo industrial de extração do caldo de cana.  
 Fonte: <https://docslide.com.br/documents/como-uma-usina-de-acucar-e-alcool-funciona.html>

Após todas essas fases, pode-se ainda aplicar a técnica de embebição, que consiste em adicionar água ao bagaço, de forma uniforme. Ela penetrará no interior das fibras, diluindo o caldo ali contido, que será retirado, ao passar pelo rolo subsequente, extraindo maior quantidade de açúcar.

Há dois tipos de embebição diferentes: simples e composto. O primeiro ocorre, quando é adicionada água ao bagaço, nas caldeiras. Já a embebição composta consiste em acrescentar água ao bagaço que alimenta o último terno, e o caldo diluído aos outros, conforme representação na figura 56:

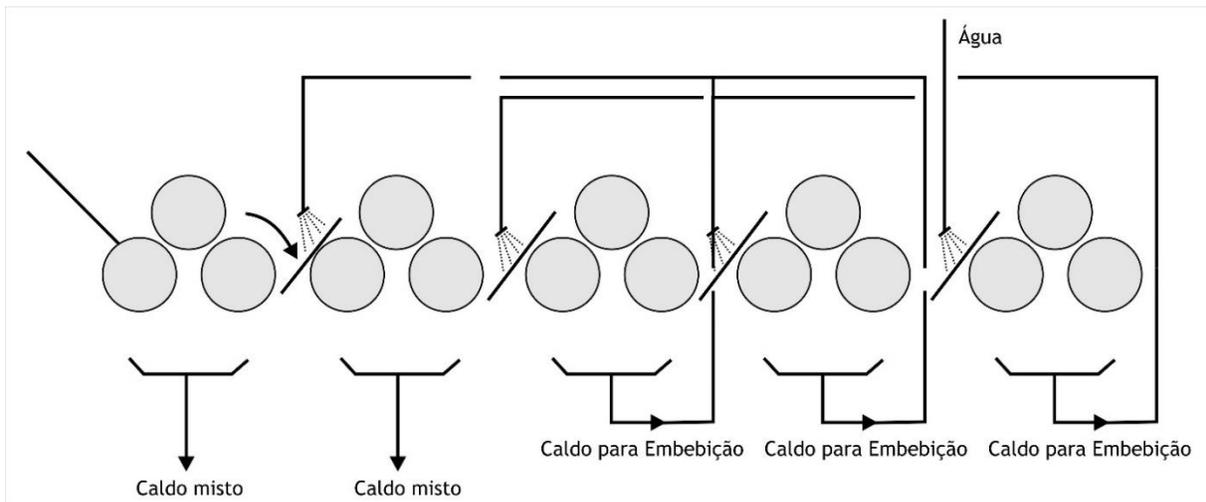


Figura 56 – Processo de embebição composta.  
 Fonte: [https://www.ifmg.edu.br/arcos/documentos-do-site/tai-2017-1/tai2-termo\\_de\\_moagem.pdf](https://www.ifmg.edu.br/arcos/documentos-do-site/tai-2017-1/tai2-termo_de_moagem.pdf)

Em algumas usinas, a extração do caldo de cana acontece, também, pelo método de difusão, pelo qual as células que não foram abertas pelo processo anterior passam pela desnaturação térmica, que, por ação do calor, torna possível a extração da sacarose. Esse fenômeno acontece, dentro de um difusor, que mantém o caldo em recirculação, em torno de 70°C.

O caldo de cana extraído contém certos materiais em suspensão que devem ser removidos pela peneiragem, sendo esta a primeira etapa de purificação do suco extraído. Dentre esses resíduos, estão: terra, areia, que a lavagem da cana não conseguiu retirar e o bagacilho, que é o bagaço fino. A etapa de peneiragem deve ser bem executada, para não comprometer etapas seguintes de fabricação do álcool, tais como: o entupimento de bombas e tubulações, efeitos negativos na fermentação e destilação.

Em resumo (figura 57), a cana, após plantada, colhida e transportada é preparada nas usinas para a extração do caldo, que tem dois destinos: o refinamento, para a fabricação de açúcar (apresentado no próximo capítulo) ou a fermentação, para a fabricação de álcool (etílico, etanol, anidro) que será explicado no capítulo 6.

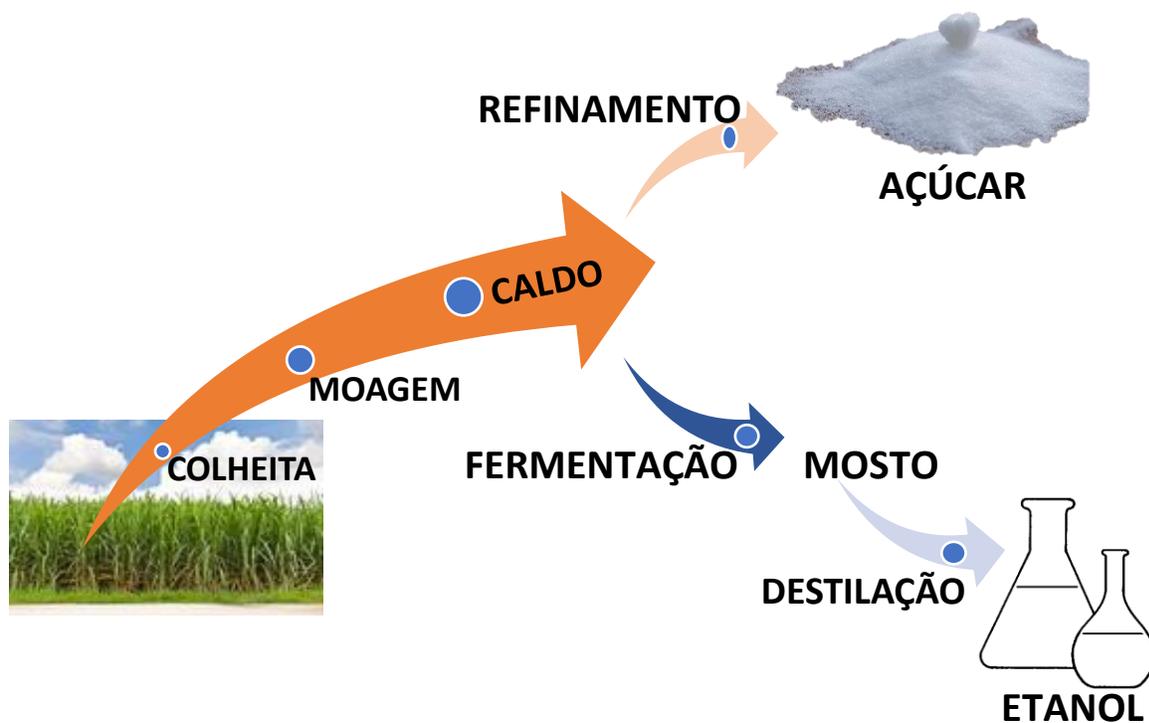


Figura 57 - As principais etapas para obtenção do açúcar e do álcool a partir da cana-de-açúcar.  
Fonte: as autoras.

## CAPÍTULO 5 – AÇÚCAR, UM CARBOIDRATO QUE PODE VIR DISFARÇADO COM VÁRIOS NOMES

### ***Você sabia que os carboidratos, os glicídios e os açúcares podem ser considerados sinônimos?***

Açúcar é um termo genérico para se referir aos carboidratos cristalizados e comestíveis e, também, aos glicídios. Sua principal característica é o sabor adocicado, entretanto, muitas pessoas confundem os termos e acham que são três substâncias diferentes, mas não são!

Os açúcares se dividem em **carboidratos simples** e **carboidratos complexos**.

Os monossacarídeos, como glicose (encontrada no sangue), frutose (encontrada nas frutas e no mel) e galactose (encontrada nas glândulas mamárias) fazem parte dos carboidratos simples. Do mesmo modo, os dissacarídeos, como: o comum açúcar de mesa "sacarose" (também encontrado na beterraba, na cana-de-açúcar, no sorgo e no mel), lactose (açúcar do leite) e maltose (encontrado em cervejas, cereais e sementes em processo de germinação).

Os carboidratos complexos são representados pelo amido (encontrado em sementes, milho e nos vários grãos com que são feitos o pão, os cereais, as massas...), glicogênio (encontrado no fígado e músculos do corpo) e celulose (encontrada na estrutura das plantas).

Os carboidratos apresentam funções energéticas ou estruturais, dependendo do tipo. Em nosso corpo, por exemplo, servem como fonte de energia para o movimento.

#### Glicídio

Glicídios (do grego *glicos*, "doce") são moléculas orgânicas constituídas fundamentalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, **também conhecidos como açúcares**, sacarídeos, carboidratos ou hidratos de carbono.

Dentre todos esses carboidratos apresentados anteriormente, daremos ênfase à sacarose, pois ela é um açúcar encontrado abundantemente na cana-de-açúcar.

### **Mas de onde vem o açúcar?**

Além de ser encontrada no sangue humano, a **glicose** também está presente na seiva e na estrutura das plantas. Isso porque a glicose, inclusive a que corre em nossas veias, é originalmente produzida pelos vegetais. Portanto, o açúcar não só vem da própria planta, como também é parte da sua composição e estrutura!

Durante o processo chamado de fotossíntese, as plantas utilizam gás carbônico, água e luz para produzir oxigênio e açúcares, dentre eles, a glicose! Esta que, por sua vez, forma a **sacarose**, tão mencionada, por ser encontrada em abundância na cana-de-açúcar.



*Figura 58 – Variedades de açúcares disponíveis no mercado.*

*Fonte: Adaptado de <https://rumoanovahumanidade.com.br/desperte-qual-a-diferenca-entre-os-tipos-de-acucar/>*

Talvez você não saiba, mas há vários tipos de açúcar no mercado! Observe a figura 58; você saberia dizer quais são os nomes desses açúcares? Há diferenças entre eles, além da coloração e formato?

Sim, há uma diferença também na composição desses açúcares, e essa diferenciação acaba afetando na quantidade de vitaminas e sais minerais, nas calorias e até no uso para preparar as

deliciosas receitas. Veja aqui qual é o tipo ideal, para você usar naquela sobremesa maravilhosa..., mas lembre-se: é importante que você fique de olhos abertos na quantidade de açúcar que vai consumir. A saúde também agradece!

Vivemos em uma era em que muito se fala em alimentação saudável. As pessoas estão cada vez mais procurando se alimentar de produtos menos industrializados, pois estão se conscientizando de que os aditivos químicos presentes nos alimentos processados fazem mal à saúde. Consequentemente, surgem muitas doenças causadas, principalmente, pelo consumo excessivo de açúcares, gorduras e sódio. Por esse motivo, a indústria lançou outros tipos de produtos para não perder espaço no mercado (figura 59), como, por exemplo, os alimentos diet, light e zero, atingindo o maior número possível de consumidores.

### Você sabe a diferença entre esses alimentos?

DIET	Alimentos diet não possuem determinado nutriente, como açúcar, proteína ou gorduras.
LIGHT	Alimentos light possuem uma redução de pelo menos 25% em açúcar, gordura ou sódio em relação ao produto original
ZERO	Alimentos zero não possuem algum tipo de nutriente na composição, como sódio ou açúcar.



Figura 59 – Principais diferenças entre alimentos diet, light e zero.  
Fonte: Adaptado de <http://blog.saude.mg.gov.br/tag/light/> e <http://bymarina.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-o-alimento-light-e-diet/>

## Conheça diferentes tipos de açúcar de cana e como usá-los:

### Açúcar cristal

Tem como característica os cristais grandes, transparentes ou levemente amarelados. E possui praticamente as mesmas propriedades do açúcar refinado. Existe também o açúcar cristal colorido. É perfeito para preparar receitas e adoçar líquidos e para uso decorativo em pães, docinhos e biscoitos.



### Açúcar invertido (trimoline)

Tem aparência igual a de um xarope, que é exatamente o que ele é. Em uma reação da sacarose, o açúcar tradicional, com água e calor, a molécula se quebra e se divide em glicose e frutose – e adicionam sucrose a essa mistura. É usado comumente para fazer balas e biscoitos, pois ele impede a cristalização e funciona como um “conservante”. Está à venda em lojas de confeitaria.



### Açúcar refinado

Este é o açúcar mais utilizado na culinária – e o mais comum de ser encontrado nos supermercados. Sua fórmula é composta por grãos finos e irregulares que são fáceis de serem dissolvidos e misturados. No processo de fabricação, são adicionados produtos químicos para que ele fique branquinho e saboroso. Porém, ocorre a perda de vitaminas e sais minerais.



### Açúcar Venille (ou baunilhado)

É um açúcar que contém vanilina, um produto químico com aroma e sabor de baunilha. Perfeito para preparar biscoitinhos caseiros e bolos simples sem recheio. É mais difícil de ser encontrado no mercado, mas uma dica para obter um resultado parecido em casa é adicionar uma colher (café) de essência de baunilha para cada colher (sopa) de açúcar refinado na receita.



### Açúcar de confeitador

Também conhecido como glaçúcar, é ideal para o preparo de chantilly, coberturas e glacês mais homogêneos, pois possui grãos superfinos que permitem uma mistura mais eficaz, mesmo a frio. No processo de fabricação, o refinamento é sofisticado e inclui a adição de amido para evitar que os microcristais se juntem novamente.



### Açúcar impalpável

Apesar de ser parecido com o açúcar de confeitador, o impalpável é ainda mais fino e também conta com a adição de amido de milho em sua composição. Normalmente, é bem utilizado na confeitaria, principalmente para fazer deliciosos macarons, os docinhos franceses. A boa notícia é que dá para fazer em casa: basta adicionar 2 colheres (sopa) de amido de milho para cada xícara (chá) de açúcar de confeitador e bater a mistura no liquidificador.





### Açúcar mascavo

É um açúcar escuro, úmido e de sabor forte, pois é extraído depois do cozimento do caldo da cana. Ele conserva o ferro, o cálcio e outros sais minerais. Por ter um gosto bem parecido com o do caldo da cana, não agrada a todos os paladares. É um açúcar bastante recomendado por nutricionistas por possuir mais nutrientes do que os outros e ter um preço acessível. Fica gostoso se você utilizar o açúcar mascavo em tortas, bolos e pães.



### Açúcar demerara

É um açúcar com sabor mais intenso e que tem o processo de fabricação bem parecido com o açúcar cristal – mas não recebe aditivos químicos. Os grãos têm aparência marrom-claro ou caramelo e são levemente mais úmidos, devido ao alto teor de melado de cana que o envolve. É difícil de ser dissolvido e é perfeito para preparar pães e biscoitos.



### Açúcar orgânico

Nesse tipo de açúcar, não são utilizados ingredientes artificiais ou agrotóxicos em nenhuma etapa do ciclo de produção. Ele também tem o mesmo poder de adoçante do açúcar refinado – porém, é mais caro, mais grosso, mais escuro e preserva parte de seus nutrientes.



### Açúcar gelado

Se você é fã dos donuts, aquelas rosquinhas recheadas deliciosas, então provavelmente também adora o açúcar gelado! Ele é polvilhado em cima do doce e, por conta de sua composição, não derrete e também pode ser congelado. Uma pena que não seja possível fazer o açúcar em casa, mas você pode achá-lo em lojas especializadas.



### Açúcar light

É mais doce do que o açúcar refinado, porém o índice calórico é muito mais baixo. Um cafezinho, por exemplo, precisa de seis gramas de açúcar refinado e dois gramas do light para ficar com o mesmo sabor. Por conter sacarose (açúcar comum), não é indicado para diabéticos. Bom para preparar receitas de mousse, gelatinas e até saladas.



### Açúcar líquido

Esse tipo de açúcar é bastante usado em indústrias alimentícias para o preparo de bebidas gasosas, doces, balas e é difícil ser encontrado em supermercados. Para preparar em casa, basta dissolver o açúcar refinado em água. É bom para preparar caldas e coberturas de sobremesas.



### Glicose ou glucose

O principal uso da glicose na culinária, e na confeitaria, ainda mais, é impedir que o açúcar forme aquela crosta cristalizada em volta do doce. Isso porque ela tem um ponto de congelamento baixo, o que ajuda a não deixar brigadeiros duros, por exemplo. Fácil de achar, também aparece como xarope de milho.



### Mas afinal qual açúcar devo usar?

É importante lembrar que todos os tipos de açúcares, mesmo os naturais e orgânicos, devem ser consumidos com moderação! A decisão de optar por um tipo de açúcar é muito pessoal. Nossa sincera opinião é que, se você possui problemas de saúde, quer emagrecer ou apenas manter-se saudável e em forma, procure um profissional da nutrição, o qual saberá, com base em análise das respostas do seu metabolismo, orientá-lo(a) sobre a ingestão de alimentos e lhe indicará o tipo de açúcar mais adequado.

### O PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR

A cana cortada na lavoura deve cumprir um ciclo de, no máximo, 40 horas, até ser processada, sob o risco de perder o teor de sacarose, ficando claro que a produção de açúcar necessita de técnicas e cuidados durante todas as suas etapas (figura 60):

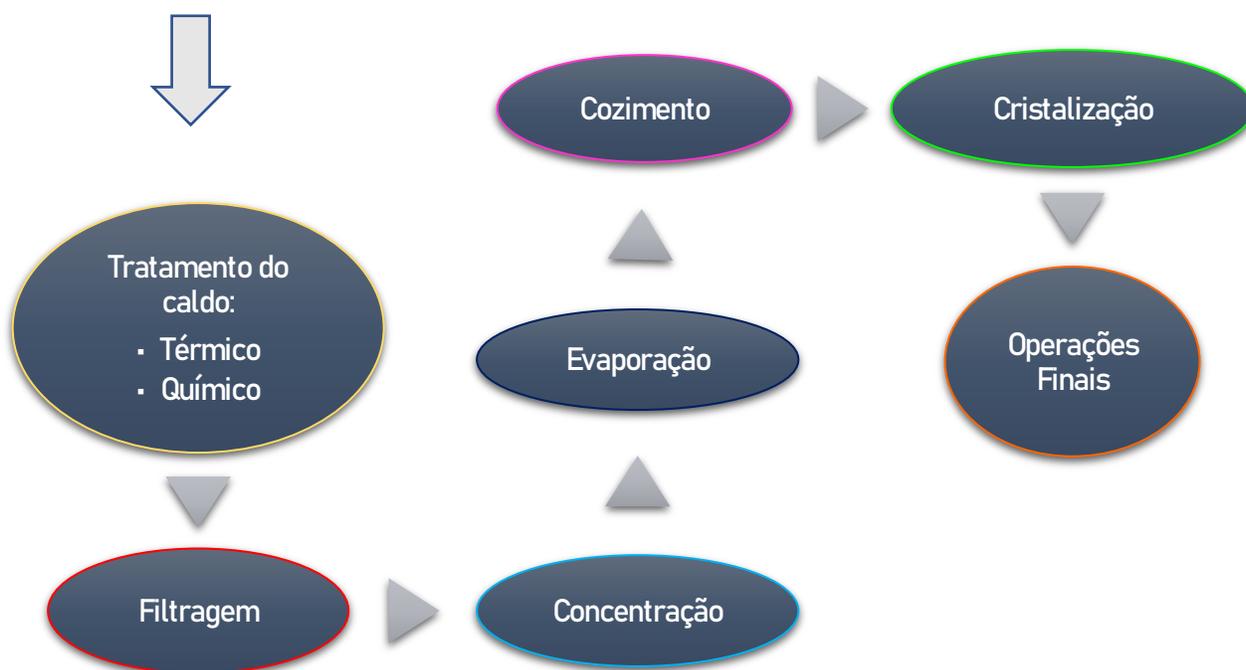


Figura 60 – Esquema das etapas de produção industrial do açúcar.  
Fonte: as autoras.

## 1. O TRATAMENTO DO CALDO

Várias técnicas de tratamento do caldo são utilizadas nas usinas de açúcar, nas quais todos utilizam cal como agente principal que atua como alcalinizante (torna a solução básica), floculante (formam-se flóculos que carregam a sujeira) e precipitante (formam-se sólidos na solução dos chamados precipitados). É um tipo de purificação de baixo custo. A cal, em condições ambiente, é um sólido branco e alcalino (ou seja, não é ácido). É obtida pela decomposição térmica de calcário e geralmente é utilizada na construção civil.

No tratamento químico, o caldo recebe cal, a fim de flocular os coloides. Para um bom entendimento do processo de calagem, é preciso conhecer exatamente as reações que ocorrem. O CaO reage com H<sub>2</sub>O para formar cal hidratada, por meio de uma reação exotérmica, conforme segue:



Quando uma certa quantidade de leite de cal é adicionada ao caldo misto aquecido, a formação de precipitados pode ser observada - no começo, em pequena quantidade, mas com partículas muito volumosas.

O leite de cal é uma solução com muito cálcio, em suspensão, e pouco, em solução. O volume de água necessário para obtenção de uma suspensão grosseira de cal é da ordem de três a quatro vezes o volume desse reagente. Nas usinas, pode ser preparado por diversos processos.

Considerando-se que os íons de cálcio presentes na solução estão aptos a reagir imediatamente com o caldo, isto significa que a cal em suspensão deverá, primeiro, dissolver-se, para, depois, reagir. Durante a calagem, o fosfato de cálcio precipita-se, garantindo uma carga

### Coloides

Apresentam aspecto uniforme a olho nu, mas com instrumentos ópticos de maior resolução, apresentam-se com mais de uma fase. Ao serem floculados, acumulam-se e o seu volume aumenta.

### Reações exotérmicas

São aquelas que liberam energia, na forma de calor, durante uma reação química.

positiva que neutraliza a carga negativa das proteínas e outras partículas adsorvidas na superfície do “cristal” formado.

Continuando a adição de cal, maior formação de flocos pode ser observada, favorecendo, inclusive, a sedimentação. Após certo tempo de sedimentação, o precipitado vai ao fundo e o caldo torna-se claro. As impurezas suspensas concentram-se no fundo.

Essas alterações do caldo misto, resultantes da adição de cal e do aquecimento, são de natureza físico-química.

---

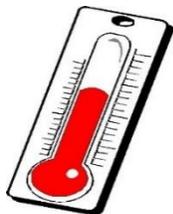
*A calagem objetiva aumentar o pH do caldo pela adição de cal e garantir a presença de íons  $\text{Ca}^{2+}$ , que irão precipitar juntamente com o fosfato existente no caldo.*

---

Durante o tratamento térmico, o caldo misto é aquecido da temperatura de 90°C até 105°C. Seu sistema de aquecimento é composto por vários trocadores de calor, funcionando em série. Essa temperatura está adequada à decantação e pasteurização, isto é, praticamente, o caldo está isento de bactérias contaminantes não esporuladas. É posto em repouso, para que haja remoção das impurezas por floculação e posterior sedimentação.

#### Decantação

É um processo físico natural, que permite separar um material sólido ou líquido de outros materiais com densidades diferentes.



Um dos pontos a ser considerado é o controle da temperatura do caldo a clarificar, pois, se ele estiver aquecido acima do limite poderá aparecer cor durante o processo. Por outro lado, se a temperatura do caldo for baixa, prejudicará as fases de floculação e sedimentação dos coloides.

Portanto, além da temperatura, existem outros fatores para a obtenção de um caldo clarificado de qualidade: a qualidade e quantidade dos agentes clarificadores (cal), o controle do pH e o tempo de decantação.

### Filtração

É um outro tipo de processo de separação de materiais, pelo qual o sólido fica retido em um filtro, enquanto o líquido passa. Existem vários tipos de filtros com espessuras diferentes.

## 2. FILTRAGEM

No processo de decantação realizado na fase anterior, o caldo se separa em duas partes:

- a) caldo claro, que é sobrenadante;
- b) lodo, que se espessa no fundo do decantador.

O caldo claro segue para a destilaria, enquanto **o lodo deve ser filtrado**, para que separe o caldo do material precipitado, contendo sais insolúveis e bagacilho (bagaço fino).

## 3. CONCENTRAÇÃO

Essa fase visa à evaporação da maior parte de água contida no caldo.

As usinas usam exclusivamente evaporadores e cozedor a vácuo, os quais permitem concentrar caldo e xarope a temperaturas abaixo de 100°C. Pequenas usinas, entretanto, costumam fazer a evaporação em vasos abertos, aquecidos com vapor, e o cozimento com aparelhos a vácuo.

## 4. EVAPORAÇÃO

Não cabe, no âmbito deste livro, a descrição detalhada do processo de evaporação e dos aparelhos a vácuo. Daremos apenas ligeira ideia do assunto.

Existem vários tipos de evaporadores. Os evaporadores a vácuo (figura 61) são grandes vasos fechados, em número de dois a cinco, dispostos em linha e ligados de maneira especial. O caldo que está no primeiro vaso é aquecido, por meio de vapor injetado, mas não entra em contato com ele. Os vapores desprendidos do caldo em ebulição, no primeiro vaso, são levados para o segundo e fazem ferver o caldo. Os vapores desprendidos do caldo em ebulição, no segundo vaso, são levados ao terceiro, e, assim, sucessivamente, nas mesmas condições, até o último, no qual os vapores desprendidos, quando em ebulição, seguem para um condensador especial, onde rapidamente se condensam.

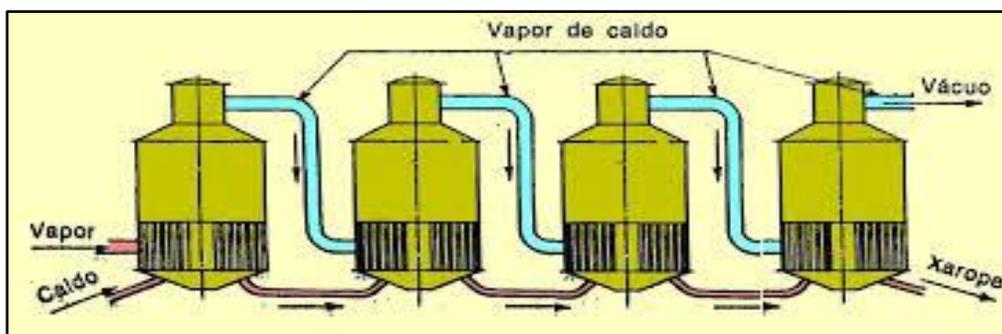


Figura 61 – Evaporadores a vácuo.

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod\\_resource/content/1/a7\\_%20A%C3%A7%C3%BAcar\\_concentracao%202016.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod_resource/content/1/a7_%20A%C3%A7%C3%BAcar_concentracao%202016.pdf)

Sabe-se que 1Kg de vapor pode evaporar, praticamente, 1 Kg de água. Esse processo denomina-se **múltiplo efeito** e pode evaporar tanto mais água quanto maior for o número de vasos; veja tabela 2:

**Tabela 2. Quantidade de vapor necessária para evaporar a água do caldo no processo de múltiplo efeito**

Simplex	1 Kg de vapor evapora	1 Kg de água
Duplo	1 Kg de vapor evapora	1,8 Kg de água
Triplo	1 Kg de vapor evapora	2,5 Kg de água
Quádruplo	1 Kg de vapor evapora	3 Kg de água
Quíntuplo	1 Kg de vapor evapora	3,4 Kg de água

Fonte: MARAFANTE, L. J. *Tecnologia da fabricação do açúcar e do álcool*. São Paulo: Ícone, 1993. 148 p. Adaptado da página 75.

Evaporadores de duplo efeito só existem em pequenas usinas. Os de quádruplo são os mais comuns; os quádruplos são raros e os de seis efeitos, ou mais, não compensam. A economia de quádruplo efeito em relação ao de um simples é de 2/3, ou seja, 66%.

## 5. COZIMENTO

Os cozedores são muito semelhantes aos vasos de múltiplo efeito, deles diferenciando, essencialmente, por trabalharem com simples efeito, independentemente uns dos outros.

O processo de cozimento existe em grande número e com muitas variantes, por causa da diversidade de condições locais, de tipos de açúcar desejados e de outros fatores.

Em resumo, podemos apresentar na figura 62 essas duas fases do processo de cozimento:

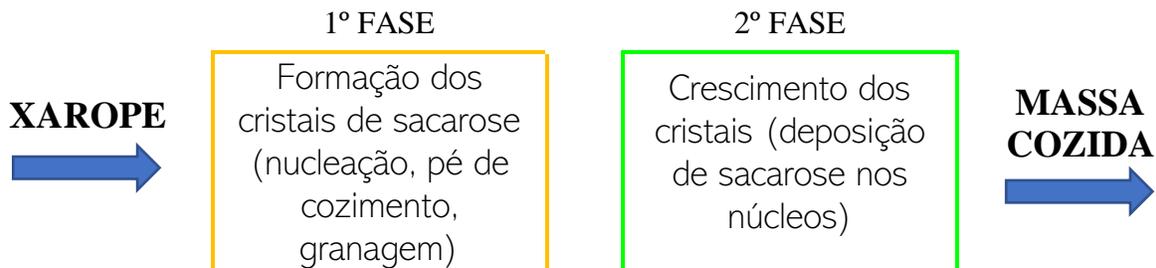


Figura 62 – Fases do processo de cozimento do caldo de cana-de-açúcar durante o processo de fabricação industrial do açúcar.  
 Fonte: Adaptado de [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod\\_resource/content/1/a7\\_%20A%C3%A7%C3%BAcar\\_concentracao%202016.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod_resource/content/1/a7_%20A%C3%A7%C3%BAcar_concentracao%202016.pdf).

O xarope proveniente dos evaporadores é colocado no cozedor, que é concentrado, até a supersaturação e aparecimento dos cristais de sacarose. Continuando a alimentação da massa supersaturada com xarope, os cristais vão crescendo e o volume total aumenta. Ao final, tem-se uma massa muito densa, chamada “massa cozida”, que contém os cristais de sacarose.

Chama-se de “coeficiente de saturação de sacarose” a relação, na mesma temperatura, entre a quantidade dessa substância solubilizada em dado peso de água, em solução impura, e no mesmo peso de água pura. O coeficiente de saturação da sacarose é, pois, maior do que 1, no suco de beterraba, e menor do que 1, no caldo de cana.

## 6. CRISTALIZAÇÃO

A massa é descarregada nos “cristalizadores”, vasos geralmente abertos e providos de dispositivos para movimentá-la - onde se resfria e completa a cristalização.

Antigamente separavam-se os cristais de açúcar do mel, colocando-se a massa cozida em formas ou barris de madeira, com paredes bem inclinadas e fundo perfurado. No fim de alguns dias, o mel tinha-se escoado pelas perfurações do fundo, ficando os cristais retidos. Como se pode facilmente perceber, tal processo é caro e moroso, entretanto, é praticado ainda em alguns engenhos.

Modernamente, as usinas utilizam, para separar o açúcar do mel, unicamente, turbinas, aparelhos que fazem essa dissociação em apenas alguns minutos.

A massa cozida, após ter completado sua cristalização, é turbinada e dá origem ao açúcar e a um mel, que possui sacarose recuperável por nova cristalização (recristalização), em outro cozimento. Para se chegar a um completo esgotamento, isto é, ao ponto de inexistência de sacarose recuperável, podem ser necessários de três a quatro cozimentos sucessivos, que são chamados de 1, 2, 3, e 4. As massas cozidas correspondentes a esses cozimentos também recebem a mesma nomenclatura.

### Recristalização

Também chamado de extração por cristalização. É um processo físico natural, baseado na diferença de solubilidade de substâncias presentes em materiais, utilizando-se da variação dessa propriedade com a temperatura.

## 7. OPERAÇÕES FINAIS

Quando a usina refina o açúcar, após a **secagem**, ele é **armazenado**, a **granel**, em silos, contêineres ou *big bag* de 900 a 1200 kg, sobre estrados de madeira e com ventilação mínima, principalmente em lugares onde a umidade relativa é alta. Normalmente, porém, é **ensacado** ao mesmo tempo em que é **pesado**. No Brasil, o peso padrão dos sacos de açúcar é de 60 Kg, variando, no exterior, conforme a região açucareira, de 50 a 125 Kg.

Por fim, o açúcar está disponível para a **compra e venda**. No Brasil, o aspecto do açúcar é, praticamente o único elemento levado em consideração pelo comércio. No exterior, há vários sistemas de classificação: *dutch standard* (padrão holandês) – baseia-se exclusivamente na cor; pela polarização – é um critério mais racional; pelos colorímetros – células fotoelétricas medem as forças das correntes elétricas, geradas por luzes de diferentes intensidades; *net 'análise* – antigo sistema que se baseia em que cada parte dos redutores retém na refinação, uma parte de sacarose, e que uma parte de cinzas retém cinco de sacarose. Assim, tendo-se um preço base para a *net 'análise* padrão, estabelece-se uma escala de preços para os diversos graus ou acima dela.

## CURIOSIDADES

Um silo é um recinto com a finalidade de armazenamento e estocagem de produtos. Pode estar situado nas fazendas, nos portos, em empresas, geralmente em locais de fácil acesso junto a cidades, rodovias, ferrovias ou hidrovias. A foto da figura 63, mostra um silo de armazenagem localizado no porto de Santos-SP; observe que ele tem fundo plano, comum, para acondicionar o açúcar já ensacado ou em bag's. Nesse caso, as pilhas devem ser altas e grandes, apresentando a menor superfície de exposição possível.



*Figura 63 - Silo no Porto de Santos com armazenagem de açúcar ensacado.*

*Fonte: <http://www.temposemovimentos.com.br/noticia/evento-em-pleno-porto-de-santos-2887>*

Entretanto, para os silos graneleiros - aqueles que têm depositados no seu interior açúcares sem estarem ensacados - por exemplo -, é mais prático que ele tenha o fundo no formato de funil (figura 64), para facilitar o escoamento do produto, caso contrário, é preciso o uso de ferramentas e até tratores para a retirada do produto (figura 65). Assim, geram custos mais altos para a produção, sem contar com as maiores possibilidades de contaminação do açúcar.



*Figura 65 - Silo com fundo em formato de funil*  
*Fonte: <https://br.depositphotos.com>*



*Figura 64 – Silo de fundo plano com armazenagem de açúcar a granel.*

*Fonte: <https://youtu.be/-e7RiL8FeD8>*

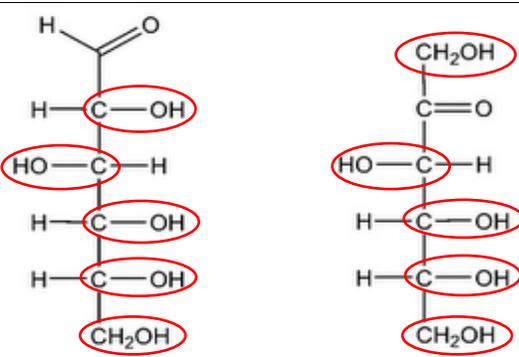
## CAPÍTULO 6 – ÁLCOOL, UM AÇÚCAR TRANSFORMADO

O álcool é muito conhecido, pois faz parte do dia a dia das pessoas, de duas maneiras, diretamente: como **combustível**, para meios de transporte e, desde a pré-história, como o ingrediente mais famoso de **bebidas alcoólicas**, como a cerveja, o vinho e a cachaça. Contudo, ele é também matéria-prima industrial, que, de forma indireta, está presente em muitos outros materiais do nosso cotidiano, sendo largamente utilizado para fazer perfumes, materiais de limpeza, tintas, solventes e muitos outros produtos.

Os álcoois são substâncias orgânicas, cujas moléculas possuem uma ou mais hidroxilas (-OH) ligadas a átomos de carbono saturados (que realizam somente ligações simples) de uma cadeia carbônica. Então, tem-se o grupo funcional: **álcool**.

As moléculas dos açúcares: glicose e frutose, apresentadas nos capítulos anteriores e que, por sua vez, compõem a sacarose, são ótimos exemplos nos quais podemos observar a presença da função álcool (tabela 4):

**Tabela 4. Identificação da função álcool nas moléculas de glicose e frutose**

<p><b>R-OH</b> <b>Função Álcool</b></p>	 <p><b>Glicose</b>                      <b>Frutose</b></p>
---	--

Fonte: as autoras.

Um álcool pode ser classificado de duas formas:

- De acordo com o número de hidroxilas:

**Tabela 5. Nomenclatura de álcoois conforme o número de hidroxilas**

1 hidroxila (-OH)	2 hidroxilas (-OH)	Mais de 3 hidroxilas (-OH)
álcool ou monoálcool	“Glicol” ou “diol”	Poliol ou poliálcool
Ex.: Metanol, etanol	etilenoglicol	Glicerina, sorbitol, xilitol

*Fonte: as autoras.*

- ou de acordo com a posição das hidroxilas: álcool primário (tem a hidroxila ligada a carbono primário), secundário (tem a hidroxila ligada a carbono secundário) e terciário (tem a hidroxila ligada a carbono terciário).

### Etanol, álcool ou álcool etílico?



Figura 66 – Álcool combustível.

Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/bio-combustiveis.htm>



Figura 67 – Álcool etílico.

Fonte:

<https://comidasebebidas.uol.com.br/listas/cachaca-veja-doze-mitos-e-verdades-sobre-a-bebida.htm>



Figura 68 – Álcool gel.

Fonte: <https://buskakinews.com.br/anvisa-proibe-venda-de-duas-marcas-alcool-gel-antisseptico/>



Figura 69 – Álcool de uso doméstico.

Fonte: <http://www.dentalparametro.com/produto/biosseguranca/alcool-etilico-928-1-litro/>

Assim como há confusão entre os termos “açúcar” e “carboidratos”, acontece também com o “álcool” e o “etanol”, por usarmos o termo álcool, de forma genérica, para todos os produtos que contenham o composto.

Usualmente para se referir ao álcool comum combustível (figura 66), usa-se o termo etanol, ou, simplesmente, álcool comum, sendo chamado assim porque é o tipo de álcool mais usado. Para as bebidas alcoólicas (figura 67) usa-se o termo álcool etílico. Aos materiais de uso antisséptico, usa-se o termo álcool gel ou álcool setenta (figura 68). E, aos demais, como os produtos de limpeza, tintas e qualquer outro produto que contenha o composto, usa-se apenas o termo álcool (figura 69).

Se chamamos vários compostos orgânicos com o nome genérico “álcool”, então, também podemos ingerir qualquer tipo? Definitivamente a resposta é: Não! Ingerir qualquer tipo de álcool pode ser perigoso para a nossa saúde. Entenda o porquê...

Entre os compostos orgânicos, o etanol, por exemplo, faz parte da família dos álcoois. Seu nome deve-se à junção do prefixo "etano", comum a todos os compostos orgânicos com dois átomos de carbono em sua cadeia, com o sufixo "ol", relativo a todos os álcoois que possuem apenas uma hidroxila em sua formação.

Dessa forma, não é inteiramente correto chamar o etanol apenas de "álcool", justamente para não causar essa confusão com as nomenclaturas, nem ingerir qualquer composto orgânico com a função álcool. Em seu estado puro, o álcool é altamente tóxico, já, em misturas de baixo teor, ele pode ser ingerido pelo ser humano, de forma moderada.

## CURIOSIDADES

Existe uma grande preocupação com o consumo excessivo de bebidas alcoólicas. Descobertas na ciência relatam os perigos da ingestão de grandes quantidades de álcool, que pode ocasionar danos irreversíveis ao cérebro, ao fígado e ao coração. A charge se refere ao apelido dado às pessoas com hábito de se embriagarem, os beberrões, também conhecidos como “pés-de-cana”. Essas pessoas que ingerem bebidas alcoólicas em excesso correm sérios riscos de desenvolverem doenças graves. Cuidado com a sua saúde!



Figura 70 - Charge de um "pé-de-cana".  
Fonte: desconhecida.

## **Etanol - o álcool combustível**

Dentre todos os álcoois, o etanol é o mais comum de ser obtido, por isso, é o mais conhecido e utilizado dentre todos os álcoois. Entenda: usaremos esse termo **etanol**, para inferir o sentido de álcool combustível.

Sua composição é de 52.24 % de Carbono, 13.13 % de Hidrogênio e 34.73 % de Oxigênio.

Dentre os compostos químicos, o etanol é considerado um **composto orgânico**, que são aqueles formados por cadeias de carbono. Isso faz com que ele seja encontrado mais facilmente em estado líquido ou gasoso, ao contrário dos compostos inorgânicos, como os minerais, que, em seu estado natural, costumam ser sólidos.

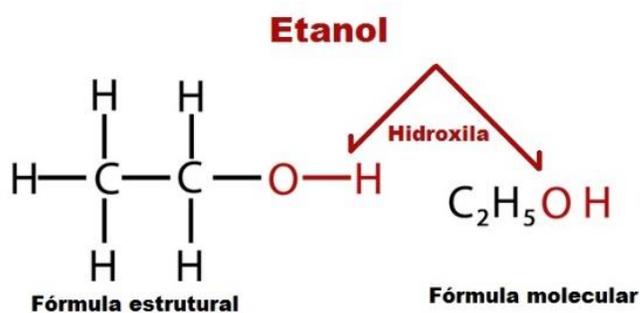


Figura 71 – Fórmulas estrutural e molecular do etanol.

Fonte: <https://www.saberatualizado.com.br/2016/11/bebidas-alcoolicas-causam-cancer.html>

Por possuir poucos elementos químicos em sua formação (figura 71) e cadeia com apenas dois átomos de carbono, o **etanol** é um composto orgânico muito leve, e o mais leve dos combustíveis comuns, se comparado com a gasolina, que possui cadeias entre quatro e doze carbonos, e com o diesel, que possui mais de doze carbonos. Isso faz com que ele seja mais fácil de ser obtido e que, teoricamente, polua menos, fato que depende também da tecnologia empregada no motor dos veículos.

Quando vamos abastecer nosso carro com etanol, abastecemos o tanque com álcool hidratado (etanol + água), pois, dentro daquela mistura, há uma porcentagem, mesmo que mínima, de água. Politicamente, existe a questão da

## ANIDRO OU HIDRATADO?

O etanol hidratado é o etanol comum, vendido nos postos, enquanto o etanol anidro é aquele misturado à gasolina. A diferença entre os dois diz respeito à quantidade de água presente em cada um deles. O etanol hidratado combustível possui em sua composição entre 95,1% e 96% de etanol e o restante de água, enquanto o etanol anidro (também chamado de etanol puro ou etanol absoluto) possui pelo menos 99,6% de graduação alcoólica. Dessa forma, o álcool anidro é praticamente etanol puro. A palavra anidro tem origem grega e significa "sem água" (a = não e hidro = água). Além de combustível, o etanol hidratado também está presente em cosméticos, produtos de limpeza, antissépticos, vinho, cerveja e outros líquidos, em graduações alcoólicas que variam de produto a produto.

limitação de porcentagem de água dentro do etanol. No Brasil, o álcool hidratado pode ter 20% de água, diferentemente de outros países, que estabelecem o nível máximo como 5 ou 10%. O álcool deve ser hidratado, mas não muito, para que não prejudique o motorista e o faça reabastecer constantemente e acabar sendo enganado com um tanque que está 20% cheio de água.

A partir da temperatura de 13 °C, o etanol começa a emitir vapores que, em contato com outras fontes de calor, possibilita que ele entre em combustão. Essa marca (figura 72) é chamada de **ponto de fulgor**, o que não significa que ele necessariamente pegue fogo nesse ponto, apenas indica que há chances de isso acontecer, caso um agente externo reaja sobre ele. Já seu **ponto de autoignição**, temperatura mínima para que a combustão ocorra sempre, mesmo sem o contato direto com uma fonte de calor, é de 363 °C. É por isso que, em baixas temperaturas, o álcool combustível não funciona dentro do motor, pois os automóveis se movimentam com a energia proveniente da queima dos combustíveis. Abaixo dos 13° C, o etanol perde sua capacidade de combustão e se torna inutilizável como combustível.



Figura 72 – Representação dos pontos de fulgor, combustão e ignição em relação a temperatura.

Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/2582775/>

## Mas de onde vem o etanol?

O etanol não é um produto encontrado de forma pura na natureza. Para produzi-lo, é necessário, primeiramente, extrair o álcool de outras substâncias (figura 73). A forma mais simples e comum de obtê-lo é por meio das moléculas de açúcar.

A produção de etanol por base de açúcares, como é o caso da cana-de-açúcar, é mais simples do que quando comparada com a produção por meio de materiais amiláceos, como o trigo e o milho, e celulósica, como o bagaço da cana. Observe, no esquema ao lado, nos casos de matérias amiláceas, ou celulósicas, há a necessidade da transformação da matéria-prima em açúcares simples por ações enzimáticas, enquanto, na cana, os açúcares já estão disponíveis na biomassa (BNDES; CGEE, 2008).

Portanto, a cana-de-açúcar se faz um ótimo tema para entendermos vários conceitos químicos, principalmente a função carboidrato e a função álcool. O açúcar do tipo sacarose, abundante na cana-de-açúcar, além de ter a função álcool presente na sua estrutura, pode também se transformar em um álcool, do tipo etanol. O processo de transformação do açúcar em álcool é denominado **fermentação alcoólica**.

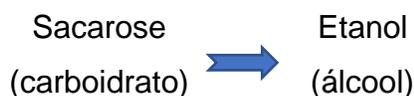


Figura 73 – Esquema das vias de extração de três diferentes biomassas (açúcar, amido e celulose) para obtenção de etanol.  
Fonte: as autoras

## O PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO ETANOL

Relembramos que, desde o preparo do solo, até as etapas de preparo da cana, na usina, o processo não difere em nada. Entretanto, para a produção do açúcar, o caldo é refinado; já, para a **produção de etanol**, o caldo deve seguir para outras etapas e ser **fermentado**.

Após a cana estar moída e o caldo filtrado, completamente puro, é necessário aquecê-lo, a fim de degradar suas proteínas, gerando menores espumas nas dornas, que são os recipientes nos quais os mostos (caldo) são submetidos ao processo fermentativo.

### 1. FERMENTAÇÃO DO MOSTO

Esse processo pode acontecer de duas maneiras:

- pela mistura de caldo e melaço (mel), que é proveniente da produção do açúcar. Tal mistura é frequentemente utilizada no Brasil, visto que a maioria das usinas no país produzem açúcar e etanol na mesma unidade;
- ou, ainda, pode acontecer pela ação de leveduras, que são adicionadas ao caldo, quando se mistura um fermento biológico com leveduras (fungos, sendo mais comum a levedura de *Saccharomyces cerevisia*).

Sendo a sacarose um açúcar mais complexo, isto é, composto por uma molécula de glicose e uma de frutose, antes de ser transformada em álcool, deverá ser desdobrada em seus componentes mais simples, pois a levedura não é capaz de utilizá-la em sua forma integral. Essa degradação da sacarose é denominada hidrólise, e é levada a efeito pela enzima invertase, a qual é produzida pela própria levedura.

Dessa transformação resultam glicose e frutose, as quais são imediatamente fosforiladas (uma molécula de fósforo se une ao açúcar). Essas moléculas fosforiladas podem tomar várias vias, inclusive a via glicolítica, dando formação ao ácido pirúvico (piruvato) e à energia na forma de ATP (trifosfato de adenosina). Na ausência de oxigênio, o piruvato é transformado em etanol. Dessa forma, a presença ou ausência de oxigênio controla a produção de álcool pela levedura.

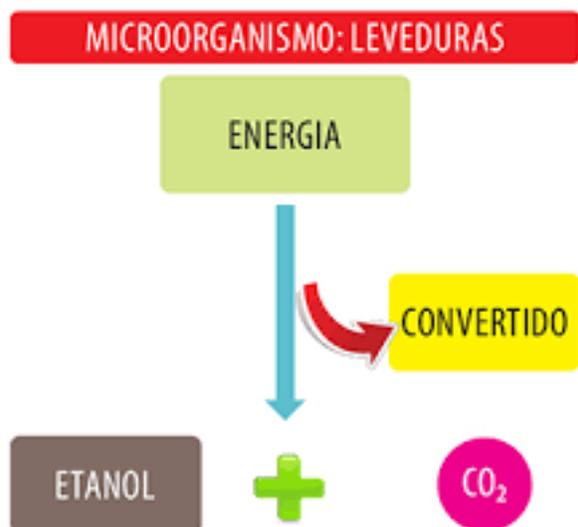


Figura 74 – Resultados do processo de fermentação do mosto de cana-de-açúcar.

Fonte: <http://www.universiaenem.com.br/sistema/faces/pagina/publica/conteudo/texto-html.xhtml?redirect=28736158225172751176261255178>

Além do etanol e  $\text{CO}_2$ , são formados, também, durante a fermentação, alguns produtos secundários, resultados de desvios do metabolismo principal, como, por exemplo, o óleo fúsel, o glicerol, alguns ácidos e a própria levedura, que pode gerar mais levedura no processo, ou, ainda ser obtida a partir da secagem do resíduo da fermentação e destinada a outros fins. O gás (dióxido de carbono) pode ser recuperado (no caso de dornas fechadas) ou simplesmente escapar para a atmosfera (no caso de dornas abertas).

Durante o processo de fermentação, há uma elevação da temperatura, por conta da liberação de calor das reações químicas, obrigando, assim, o emprego da refrigeração para manter baixa a temperatura na faixa ótima para atividade da levedura alcoólica, a qual deve ser de 32 a 35 °C.

## CURIOSIDADES

O calor é uma das formas de energia mais comum que se conhece. Essa energia que vem das reações químicas é decorrente do rearranjo das ligações químicas dos reagentes, transformando-se em produtos. Essa energia armazenada é a ENTALPIA (H).

A **termoquímica** é uma parte da Química que faz o estudo das quantidades de calor liberadas ou absorvidas durante as reações químicas, podendo ser de dois tipos:

- ENDOTÉRMICA: absorvem calor

- EXOTÉRMICA: liberam calor

## 2. DESTILAÇÃO DO MOSTO FERMENTADO

O próximo passo é separar da mistura o etanol do mosto fermentado. Nesse caso, então, o líquido misturado é destilado. O processo de destilação industrial é largamente utilizado na sociedade em que vivemos. Varia-se a quantidade de colunas de destilação, algumas com 8 metros de altura, onde o álcool é evaporado e condensado em uma série de 90 bandejas superpostas.

O biocombustível resultante da destilação encontra-se na forma hidratada, uma mistura binária álcool-água. Mais conhecido como etanol, este biocombustível também pode ser chamado de álcool hidratado. É empregado com o objetivo de substituir combustíveis de origem fóssil, trazendo benefícios ao meio ambiente, não só pela preservação desses recursos, como também pela redução de gases que causam o efeito estufa.

### 3. DESIDRATAÇÃO

Com o álcool hidratado preparado, basta retirar o restante de água contido nele, para se fazer o álcool anidro. Essa será a etapa da desidratação, na qual podem ser utilizadas diversas técnicas.

A desidratação é uma reação de eliminação, na qual a molécula que se perde é a da água. Uma das técnicas para a realização dessa etapa é a desidratação por adição de solvente: um solvente é colocado junto ao álcool hidratado, o qual se mistura apenas com a água, e, conseqüentemente, os dois (solvente e água) são evaporados juntos, restando apenas o álcool anidro, com graduação alcoólica, em cerca de 99,5%.

#### Destilação

É um processo físico de separação de misturas homogêneas, geralmente entre líquidos. Esse processo é baseado na diferença da temperatura de ebulição. Quando a mistura é aquecida, o líquido que possui menor ponto de ebulição evapora primeiro, ou seja, muda do estado líquido para o gasoso, passando por uma coluna e chegando até o condensador, onde retorna ao estado líquido e é coletado separadamente.

O uso do álcool anidro está relacionado aos combustíveis, portanto, é mais adequado ser chamado de etanol anidro. Comumente ele é misturado à gasolina (figura 75).

Existem outros sistemas, além da desidratação por adição de solvente, chamados peneiração molecular e pervaporação; ambos utilizam tipos especiais de peneiras que retêm apenas as moléculas da água, mas pouco utilizados industrialmente.

#### 4. ARMAZENAMENTO

Nesta etapa, o etanol anidro e o etanol hidratado são armazenados em enormes tanques, até serem levados por caminhões que os transportam até as distribuidoras.

O álcool utilizado para outros produtos, como as bebidas, cosméticos, solventes, produtos de limpeza, etc, são obtidos da mesma maneira que o álcool combustível, passando, posteriormente, por outros processos que o transformam no produto final.

O álcool gel, por exemplo, possui 70 % de etanol, concentração mais adequada para ação como desinfetante, e é menos inflamável que o álcool etílico, líquido vendido de forma convencional com concentração de 96%. No caso do etanol, é de 96° GL (Gay-Lussac).

### **Você sabia que existe uma medida própria para mensurar o teor alcoólico de um líquido?**

O grau GL, ou grau Gay-Lussac, é a porcentagem em volume de um dos componentes da mistura. Uma amostra de álcool com 96 °GL tem 96% em volume de álcool e 4% em volume de

#### Reações orgânicas de eliminação

São aquelas em que átomos ou grupos de átomos de uma molécula são retirados ou eliminados dela, criando-se um **novo** composto orgânico, além de um composto inorgânico, que é formado pela parte que foi eliminada.



Figura 75 – Álcool anidro misturado a gasolina.  
Fonte: <https://educacao.uncomo.com.br/artigo/qual-a-diferenca-entre-alcool-anidro-e-hidratado-20472.html>

água. Existe também outra medida, o grau INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) que é a porcentagem em massa de uma das substâncias presentes numa mistura.

Agora que você já sabe que, quando se trata da massa do álcool, a referência é o °INPM e, quando se trata do volume, a referência é °GL, vamos falar das bebidas alcoólicas.

A produção do álcool combustível e da cachaça é praticamente igual. Na hora de fazer a pinga, entretanto, o caldo de cana purificado fermenta por vários dias e não horas. Além disso, como a cachaça tem um teor alcoólico de, no máximo, 50 °GL, ou seja, 50% de álcool e 50% da mistura com outros componentes, ela não precisa ser destilada tantas vezes.

### QUAL A DIFERENÇA ENTRE CACHAÇA E AGUARDENTE?

A **cachaça** é uma aguardente de cana-de-açúcar com graduação alcoólica de 38% a 48%, a 20 graus Celsius, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo. Caso não se enquadre nessa definição, a bebida não pode ser comercializada como cachaça e receberá a denominação de **aguardente de cana**. Por exemplo, um destilado de cana, com graduação alcoólica de 50% só pode ser chamado de aguardente de cana-de-açúcar. Ou seja, toda cachaça é uma aguardente, mas nem toda aguardente é cachaça.

Não podemos também chamar de cachaça outros destilados não providos da cana. Um destilado de caju é uma aguardente de caju e, não, uma cachaça de caju. E, ao adicionarmos ervas e/ou especiarias na cachaça, não é possível comercializá-la, como cachaça, mas, sim, como uma aguardente composta.

Vale lembrar também que a cachaça pode ser chamada popularmente por diversos apelidos carinhosos, como água-que-passarinho-não-bebe, bafo-de-tigre, danadinha, marvada, talagada, e muitos outros sinônimos.

*Fonte: Mapa da Cachaça, categorias: Artigos, Você Sabia. 5 de setembro de 2011.*

A cachaça (figura 76) e a cultura caipira são galhos da mesma árvore plantada no coração do Brasil. Não se pode negar a relação histórica e cultural entre o brasileiro e a cachaça.

É uma bebida genuinamente brasileira, matéria-prima para a caipirinha, um dos drinques mais consumidos e preferidos em todo o mundo.

A cachaça apresenta teor de etanol entre 38% e 54% em volume (°GL), na temperatura de 20 °C, obtida pela destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado.

Com a cana é possível produzir outros tipos de bebidas alcoólicas, além da cachaça:

- O **rum** é uma bebida produzida a partir da cana-de-açúcar. Ele é fermentado de melaço ou qualquer sumo de cana-de-açúcar, destilado a 95% em volume de álcool, e, em seguida, engarrafado em 40%. Alguns rums são engarrafados frescos, mas a maioria é envelhecida em barris de carvalho por, pelo menos, um ano, e algumas marcas premium por até 30 anos. Como qualquer destilado, o rum para de envelhecer, quando é engarrafado.
- O **guaro** é originário da Costa Rica, e destilado, a partir de suco de cana-de-açúcar, em vez de melaço. É uma bebida clara, destilada até um grau de pureza, elevado antes do engarrafamento.
- O Uísque mekong é um destilado de marca incomum, produzido na Tailândia, desde 1941. Ele é pouco conhecido nas Américas, exceto por aqueles que viajaram ou serviram no sudeste asiático. Apesar do nome, a bebida tem mais em comum com o rum ou guaro do que com o uísque verdadeiro. Ela é fermentada a partir de uma mistura de 95% de sumo de cana-de-açúcar e 5% de arroz, com a adição de uma mistura de ervas locais.



Figura 76 - Cachaça.

Fonte: <http://www.sabedoriaglobal.com.br/wp-content/uploads/2012/09/copo-4.jpg>

## CAPÍTULO 7 - PLÁSTICO VERDE, UM ÁLCOOL EVOLUÍDO

Há quem diga que a humanidade, que já vivenciou as idades da Pedra Lascada, da Pedra Polida e dos Metais, encontra-se, atualmente, na era dos plásticos.

Leves e resistentes, práticos e versáteis, duráveis e relativamente baratos, eles são uma das expressões máximas da ideia de tecnologia a serviço do homem. Contudo, em virtude da sua não degradabilidade e também da redução progressiva dos estoques naturais de matérias-primas, eles podem representar uma séria ameaça ao meio ambiente.

É sensato utilizar o petróleo, fonte de combustível e de matéria-prima que está em vias de esgotamento, para fabricar plásticos, cujo destino final é o lixão municipal? Mas, por outro lado, seria uma decisão inteligente proibir a fabricação desse tipo de material e viver sem o conforto que ele traz? Quanto disso tudo é verdade e quanto é invenção?

Enfim, existe um meio termo conciliador para todas essas e tantas outras questões polêmicas relativas aos plásticos, o plástico verde (figura 77) ou também conhecido como polietileno verde.



Figura 77 - O que é o plástico verde?

Fonte: <http://www.unicos.cc/de-vilao-a-mocinho-a-importancia-do-plastico-a-sociedade/#.XFH1SFxKhPY>

Isso mesmo, pode-se fabricar plástico, a partir da cana-de-açúcar! Uma das principais vantagens do polietileno verde é que, além de ser de origem renovável, ele é 100% reciclável e não contribui para o acréscimo de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Esse gás é o principal causador do aquecimento global e é produzido pelos combustíveis fósseis. Já no caso do plástico verde, ele pode contribuir para a redução do aquecimento global, tendo em vista que as plantações de cana-de-açúcar realizam fotossíntese, absorvendo o CO<sub>2</sub> da atmosfera.

É importante ressaltar que, mesmo quando incinerado, o polietileno do etanol da cana-de-açúcar é praticamente neutro em relação ao CO<sub>2</sub>. Assim, depois de usados e descartados, esses plásticos podem ser incinerados para geração de energia, economizando no uso de combustíveis fósseis.

## CURIOSIDADES

Com 3 kg de açúcar e 17,1 kg de bagaço, pode-se obter, por exemplo, 1 kg de plástico biodegradável derivado da cana, utilizando-se como solventes outros subprodutos da usina.

Infelizmente, o polietileno verde não é biodegradável. Mas pode ser classificado como um bioplástico, pois, de acordo com a definição da *European Bioplastics Association*, plásticos produzidos a partir de fontes renováveis e/ou plásticos biodegradáveis são classificados como bioplásticos ou biopolímeros.

A palavra plástico deriva do grego *plastikós*, que significa “relativo às dobras do barro”. Em latim, transformou-se em *plasticu*, assumindo o significado de “que pode ser modelado”.

Ele pode assumir a forma de garrafas, vasos, pratos, caixas, sacos, fios etc. Alguns plásticos são maleáveis apenas no momento da fabricação do objeto e precisam ser moldados nesse momento e recebem o nome de *termorrígidos* ou *termofixos*. Por outro lado, a grande maioria dos plásticos é facilmente remodelável, quando elevamos a temperatura. Nessas condições, ocorre o amolecimento, ou, até mesmo, a sua completa transformação em fluido. Materiais desse tipo são chamados *termoplásticos*, ou seja, podem ser modelados, quando aquecidos.

Quimicamente falando, o plástico mais conhecido e utilizado no Brasil é o polietileno. Esse plástico é obtido pela polimerização do etileno (matéria-prima proveniente do petróleo ou do etanol de cana-de-açúcar), processo que pode ser assim representado:



Nessa polimerização, tomam parte muitas moléculas do reagente, que se unem, sucessivamente, formando uma macromolécula. No esquema apresentado, “n” é um número muito grande, que vai, em geral, de 500 a 100.000 moléculas de monômeros.

O polietileno verde é um plástico produzido, a partir do etanol de cana-de-açúcar, uma matéria-prima renovável, portanto, pode ser considerado um álcool evoluído, ao passo que os polietilenos tradicionais utilizam matérias-primas de fonte fóssil, como petróleo ou gás natural.

Por essa razão, o polietileno verde captura e fixa gás carbônico da atmosfera, durante a sua produção, colaborando para a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa (figura 78).



Figura 78 – Infográfico representando a colaboração da cana-de-açúcar para a redução de gases do efeito estufa.  
Fonte: <http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/PE-Verde-Produtos-e-Inovacao>

A constituição do polietileno verde é exatamente igual à do polietileno comum; mantém as propriedades, desempenho e versatilidade de aplicações dos polietilenos de origem fóssil - o que facilita seu uso imediato na cadeia produtiva do plástico. Por esse mesmo motivo, também é reciclável dentro da mesma cadeia de reciclagem do polietileno tradicional. A única diferença é a matéria-prima utilizada na sua produção (figura 79).



Figura 79 – Comparativo do polietileno de origem verde e o fóssil.

Fonte: <https://betaeq.com.br/index.php/2015/10/12/plastico-biodegradavel-x-plastico-verde/>

Portanto, para se fabricar um plástico do tipo polietileno, é preciso obter-se, primeiramente, o eteno, este que, por sua vez, pode ser de origem verde (no caso, proveniente da cana-de-açúcar) ou petroquímico, obtido do petróleo, ao final, resultando em um polímero de iguais propriedades físicas e químicas, se comparados.

Diante do exposto, muito provavelmente, você teve uma boa impressão do plástico verde. Pois se o plástico é verde, presume-se que ele tem características benéficas, ou menos nocivas ao meio ambiente. No entanto, será que é isso mesmo que acontece na prática? O plástico verde é produzido com matérias-primas provenientes de fontes renováveis, porém, não necessariamente biodegradáveis; ele foi criado, com o intuito de diminuir os impactos causados pela indústria petroquímica na produção e comercialização do plástico. Mas polui igualmente ao plástico produzido com polietileno comum.

Assim, direcionar o uso dos plásticos, de forma consciente, preocupando-se em optar pelos que são fabricados com matérias-primas renováveis e reciclar os resíduos que são gerados pelo nosso consumo refletirá uma mudança de hábitos, melhorando a qualidade de vida individual e coletiva.

## O PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO PLÁSTICO VERDE

O processo de produção do plástico verde, resumidamente, segue os seguintes passos:

A cana-de-açúcar é plantada, colhida e levada para as usinas. Lá ela é preparada e moída para a extração do caldo (conforme apresentado no capítulo 4).



Figura 80 – Plantação de cana-de-açúcar.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/plastico-verde.htm>

- 1- Então, passa pelo processo comum de produção de álcool (etanol -  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH}$ ). (Esse processo pode ser visto em detalhes no capítulo 6).
- 2- O álcool produzido passa por um processo de desidratação para que se obtenha o eteno; (Essa reação é explicada também no capítulo 6)



- 3- O eteno é polimerizado em unidades de produção do polietileno.

- 4- O polietileno verde é transformado nos produtos desejados, tais como filmes para fraldas descartáveis, brinquedos, tanques de combustível para veículos e recipientes para iogurtes, leite, xampu e detergentes.

Porém, um problema apontado por alguns é que, para produzir esse plástico verde, seria necessário expandir a agricultura da cana-de-açúcar, o que poderia ocupar terras que seriam utilizadas para outras culturas, além do fato de que a cana-de-açúcar já é bastante utilizada para a produção de álcool e açúcar. Estimativas apontam que um hectare de cana-de-açúcar gera três toneladas de plástico verde.

A primeira empresa produtora desse plástico foi a Braskem, do grupo Odebrecht. Com seus parceiros patenteou a marca e, juntos, conquistaram prêmios de conceituados laboratórios e instituições pela contribuição do polietileno verde I'm green<sup>TM</sup> ao desenvolvimento do mercado de produtos renováveis, à inovação e à preservação do meio ambiente. Atualmente, a Braskem fornece polietileno de fonte renovável I'm green<sup>TM</sup> para diversos parceiros, no Brasil e no mundo, que atuam nos mais variados segmentos da indústria.

Segundo os produtores e estudiosos do caso, o cenário para a produção de matéria-prima do plástico verde é favorável e não afetaria a produção de açúcar ou etanol combustível. Além disso, acredita-se que o desenvolvimento de novas tecnologias auxilie esse processo de produção.

E, por fim, cabe a reflexão quanto à utilização de áreas de cultivo para a produção de matérias-primas, em detrimento de seu uso na produção de alimentos. Trata-se de questão polêmica, que apresenta contra-argumentação relacionada à alta de eficiência produtiva da cana-de-açúcar e à baixa participação das terras cultiváveis para a produção do etanol, em relação às outras culturas, podendo seu cultivo se expandir, ainda, sobre extensa área de pastagens degradadas, sem necessária concorrência com o plantio de alimentos.

## CAPÍTULO 8 – SUBPRODUTOS DA CANA, ALIADOS OU PROBLEMAS?

O título do capítulo foi um dos temas do Fórum de Produtores de AgroEnergia (Farmers Forum AgriEnergy), evento internacional realizado pela Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA) e pela Datagro Consultoria, em agosto de 2017, em São Paulo.

O processamento da cana-de-açúcar para obtenção de álcool gera diversos subprodutos ou resíduos. Apesar de o aproveitamento desses resíduos não atuar diretamente na redução do custo do produto final, certamente representa um importante passo no sentido de incrementar a eficiência global da Indústria Alcooleira e, principalmente, para o impacto ambiental causado pelo processamento de alguns produtos derivados da cana-de-açúcar.

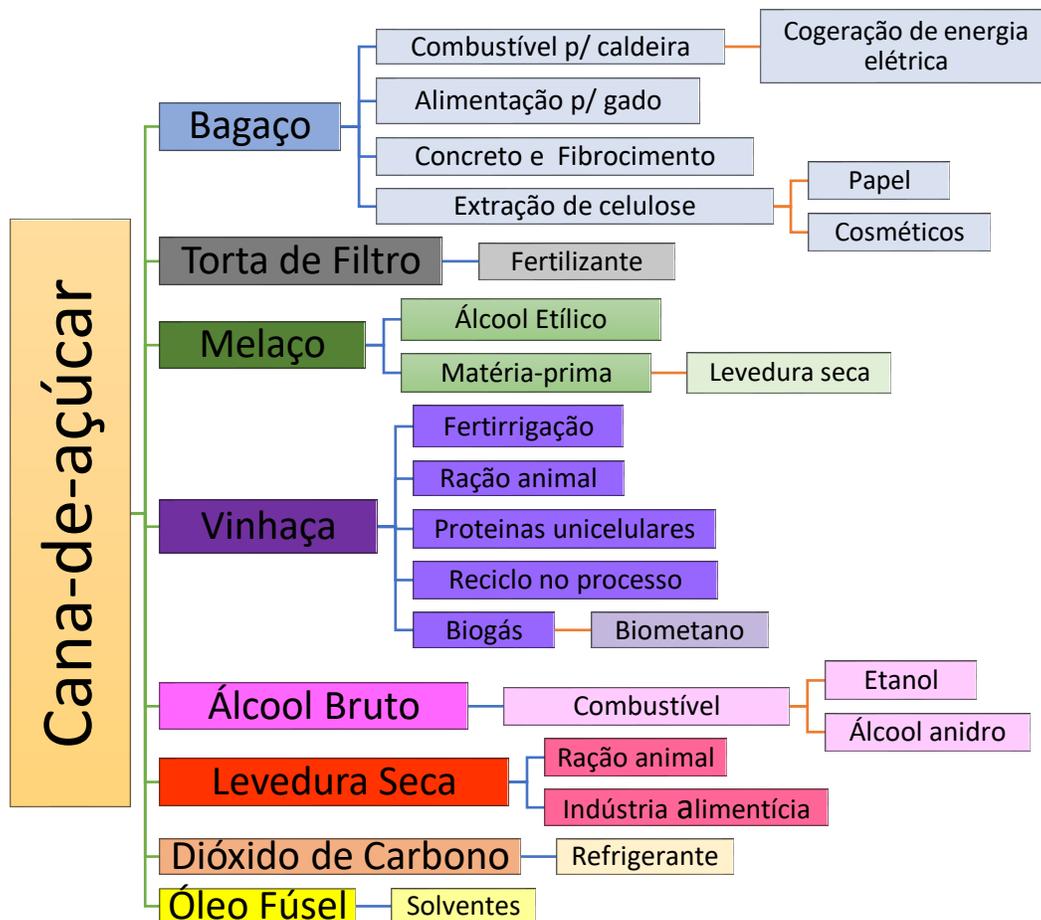


Figura 81 – Esquema com alguns resíduos e subprodutos do processamento da cana-de-açúcar e suas principais aplicações.

Fonte :as autoras.

Grande parte dos resíduos gerados no cultivo da cana e na produção de açúcar e de álcool é reutilizada no processo produtivo. O esquema apresentado na figura 81, elenca oito dos principais tipos de resíduos agroindustriais que podem ser aplicados no próprio processo de produção, ou, ainda, em outros segmentos industriais para fabricação de novos gêneros e subprodutos. Explicaremos, a seguir, cada um deles, mais detalhadamente:

## **BAGAÇO**

É um resíduo fibroso resultante da extração do caldo pelas moendas, constituindo-se em um dos mais importantes subprodutos para a indústria sucroalcooleira.

A queima do bagaço nas caldeiras é a principal fonte de energia térmica necessária para a produção de açúcar e etanol. Uma excelente forma de se aproveitar resíduos no próprio processo.

Por outro lado, a queima do bagaço de cana nas caldeiras, tem seu aspecto desfavorável, por causar impacto ambiental, que ocorre pela emissão de material particulado, monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O material particulado precipita nas residências, que, atualmente, ficam muito próximas das usinas, provocando dificuldades respiratórias, ao ser inalado. Os óxidos nitrogenados, em presença de compostos orgânicos voláteis e intensa radiação, geram o gás de ozônio, que, em altas concentrações, é tóxico.

O bagaço da cana-de-açúcar é hoje uma grande fonte de energia elétrica alternativa. Em 2010, esse tipo de bioeletricidade, também conhecido como cogeração de energia elétrica, compôs cerca de 5% do abastecimento elétrico do país, sendo a segunda maior fonte de energia renovável, atrás apenas das hidrelétricas. Atualmente, a energia do bagaço da cana já produz a média anual do que produziria Belo Monte (cerca de 4500 MW), com projeções de que, até 2021, o aproveitamento seja 3 vezes maior.

No setor da construção civil, a queima de bagaço de cana poderá transformar o resíduo das cinzas geradas em mais um subproduto: o concreto. As fibras do bagaço da cana também são utilizadas como reforço na produção de fibrocimento.

Além disso, o bagaço de cana-de-açúcar é um dos subprodutos mais utilizados, como fonte de alimento para os ruminantes, pois, além da grande quantidade produzida, sua disponibilidade ocorre exatamente no período de escassez de forragem.

É possível também produzir papel de cana, produto que começou a ganhar espaço nas prateleiras das lojas especializadas, e muitas indústrias brasileiras do setor de papéis já estão se especializando na fabricação de um produto de alta qualidade. Estudos preliminares apontaram que o bagaço de cana possui grande quantidade de fibras de alta qualidade, pureza elevada e biodegradabilidade, o que está tornando o papel 100% reciclável. O ciclo de produção de papel de celulose gira em torno de 6 a 7 anos, pois este é o ciclo da madeira de reflorestamento, geralmente, o eucalipto. Já o do papel de cana apresenta um ciclo que leva, em média, 18 meses, e exige menos produtos químicos nos processos de transformação e branqueamento das fibras (Revista Globo Rural, 2011).

Os derivados da celulose extraída do bagaço da cana são utilizados na indústria farmacêutica e de cosméticos para produção de géis hidrofílicos, que são de fácil espalhabilidade e não são gordurosos. Desde meados do ano de 2013, é possível nutrir e hidratar a pele com sabonete esfoliante, em barra, com base glicerizada, fabricado com bagaço e extrato vegetal de cana-de-açúcar. Os outros cosméticos feitos com o extrato vegetal são o sabonete líquido e a loção hidratante. O bagaço, que é usado exclusivamente no sabonete em barra, tem ação esfoliante.

### **Bagaço de cana leva curitibana às melhores universidades do mundo**

Há dois anos, uma “menina da cidade” criou um produto inovador para o agronegócio: uma bandeja biodegradável, criada a partir do bagaço de cana-de-açúcar. O que ela não esperava é que a invenção valeria tanto reconhecimento Brasil afora.

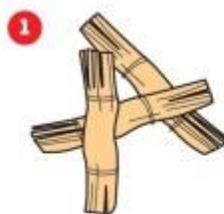
“A quantidade de bandejas de isopor sempre me incomodou. Pesquisando os impactos ambientais, vi que demorava 150 anos para decompor e que impedia a ação de decomposição de outros resíduos orgânicos, sendo muito difícil também de ser reciclado, já que as indústrias não têm interesse”, resume a inventora de Curitiba, Sayuri Miyamoto Magnabosco.

Um dia veio a “luz”. Em uma aula de Geografia, no 2º ano do ensino médio, ela teve que estudar as plantações de cana e a quantidade de resíduos gerados. Ela teve a ideia, então, de ir além da produção do combustível etanol, tradicional uso do bagaço. “Como esse material é natural e 100% biodegradável, pensei que seria uma solução para embalagens”, comenta.

### Bandeja de bagaço de cana premiada

#### BANDEJA BIODEGRADÁVEL

Entenda como é feita a bandeja biodegradável, que pode substituir o isopor.



1 Separar uma porção de bagaço de cana-de-açúcar. Tratar com uma substância básica, para evitar a fermentação da cana



2 Triturar, utilizando um liquidificador. A cana vai tornar-se um pó.



3 Misturar o pó da cana com cola caseira (água e farinha de trigo levados ao forno)



4 Moldar usando outra bandeja como forma e deixa no sol, para secar. Pronto!

Fonte: Redação. Infografia: Gazeta do Povo.

Fonte: <http://www.ceisebr.com/conteudo/bagaco-de-cana-leva-curitiba-as-melhores-universidades-do-mundo-.html>

Com bagaços coletados com vendedores de caldo de cana, em Curitiba, ela começou os testes. Deu certo. “Participei de feiras de ciências internacionais, uma em Nova York e outra, em Foz do Iguaçu. Também ganhei mais de 15 prêmios, e representei o Brasil no Youth Science Meeting, uma conferência científica em Portugal”, conta.

Ela também já foi destaque na Gazeta do Povo, venceu o prêmio “Jovens Inventores” do Caldeirão do Huck e foi uma das cinco selecionadas de um projeto internacional para passar uma semana na Universidade de Harvard (EUA), onde apresentou seu trabalho

para mais de 600 pessoas. “Foi quando tive a certeza que queria estudar fora e trazer a tecnologia de lá para o Brasil”, diz.

Ao final do ensino médio, Sayuri buscou o apoio da Fundação Estudar para se candidatar a universidades norte-americanas. Da primeira vez, não deu certo. Agora em 2017, com notas melhores nos testes de inglês e o processo de mentoria com a fundação, ela chegou ao objetivo e foi selecionada em 12 cursos.

“As notas e currículo contam bastante, mas assim como eu era primeiro lugar da sala, outros candidatos de todo o mundo também eram. Então tive que correr atrás, e tenho a certeza que foi a apresentação do meu projeto de bandeja a partir do bagaço de cana que fez a diferença”, certifica-se.

Resultado: além de estar na lista de espera das gigantes Stanford, Duke e Columbia e na Amherst College, ela foi aprovada com 100% de bolsa na Dartmouth College, onde irá estudar Engenharia Biomédica. “Se possível vou encaixar no currículo Economia para entender a dinâmica do mercado e colocar a invenção em escala industrial”, complementa. A garota também foi aprovada nas universidades: Pensilvania, Barnard College, Notre Dame, Carleton College, Washington and Lee University, Connecticut College e Haverford College.

Quando terminar, a faculdade, ela garante: “Pretendo retornar ao Brasil para aplicar meu conhecimento no Ministério da Ciência e Tecnologia e lutar para tornar nosso país uma referência mundial em desenvolvimento científico”. Um sonho perfeitamente factível.

Fonte: CEISE Centro Nacional de Indústrias do Setor. Disponível em: <http://www.ceisebr.com/conteudo/bagaco-de-cana-leva-curitibana-as-melhores-universidades-do-mundo-.html>

## TORTA DE FILTRO

A torta de filtro, conhecida também como torta de filtros de borra, borra ou lodo, é resultado da filtração da mistura de lodo dos decantadores, com bagacilho, no processo de produção de açúcar. As destilarias autônomas que introduziram o sistema de clarificação de caldo estão também gerando este subproduto. Seu aspecto é de um material amorfo, macio e leve, com coloração variando do marrom escuro ao preto. Apresenta uma quantidade significativa de matéria orgânica (fibras, sacarose e coloides coagulados), é rica em cálcio e ferro e apresenta uma boa quantidade de fósforo e nitrogênio, mas é carente de potássio e magnésio. Várias utilizações têm sido sugeridas para a torta de filtro: aglutinante, auxiliar de filtração, matéria-prima para a produção de proteína, fertilizante, etc. Apesar dessas utilizações se mostrarem interessantes, do ponto de vista teórico, na prática, a torta vem sendo utilizada apenas como fertilizante.

## VINHAÇA

A **vinhaça** ou **vinhoto** é considerado o principal subproduto líquido produzido pelas destilarias, ou seja, é um resíduo da destilação do álcool. Durante muito tempo foi contaminante dos cursos d'água, ocasionando mortandade dos peixes, devido à alta carga orgânica. Apresenta temperatura elevada, pH ácido, tem alto teor de potássio, além de certas quantidades significativas de nitrogênio, fósforo, sulfatos, cloretos, ferro, entre outros. A vinhaça pode ser considerada uma suspensão aquosa de sólidos orgânicos e minerais, contendo os componentes do vinho não arrastados pela destilação, além de quantidades residuais de açúcar, álcool e compostos voláteis mais pesados.

Até 1970, era descartado, por meio de grandes tanques, onde o vinhoto ficava armazenado até o momento do descarte, resultando na exalação de fortes odores durante a safra e a entressafra. Havia a proliferação de moscas devido à matéria orgânica e, quando lançado no solo, causava grandes alagados e, posteriormente, esse solo sofria erosão.

A grande preocupação com a vinhaça é decorrente de dois fatores básicos: a composição química e o grande volume gerado no processo de obtenção de álcool, em média, à proporção de 13 litros de vinhaça para cada litro de álcool produzido.

Desde que o controle ambiental se tornou mais rigoroso e as opções de utilização deste subproduto se ampliaram, o seu aproveitamento vem crescendo. Hoje observa-se, em algumas usinas, a incorporação dos efluentes líquidos ao vinhoto, para a disposição do solo por meio da fertirrigação. Entre as soluções técnicas que se apresentam, destacam-se:

- utilização agrícola *in natura*, como adubo complementado ou não;
- concentração para utilização como componente de ração;
- fermentação aeróbica para produção de proteínas unicelulares;
- fermentação anaeróbica para produção de metano;
- reciclo no processo de obtenção de álcool, a partir do melaço (substituição em até 30% do volume de água empregada no preparo de mostos de fermentação alcoólica).

Também existem normas para o descarte desses efluentes em cursos hídricos, tendo como limite a quantidade de matéria orgânica entre 15 e 60 mg/L de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

A vinhaça pode também servir como uma excelente matéria-prima para a fabricação de biogás, como resultado do processo de fermentação anaeróbica. Com processamento, esse biogás gera biometano. Esses renováveis podem ser utilizados como biocombustíveis e/ou eletricidade, sem perder a sua eficiência na adubagem de canaviais (fertirrigação).

### **MELAÇO**

Também chamado de mel final, o melaço é o principal subproduto da indústria do açúcar, sendo produzido na proporção de 40 a 60 quilos por tonelada de cana processada. No Brasil, devido ao elevado teor de açúcares totais e demais componentes, o melaço é utilizado, principalmente, na fabricação de álcool etílico, no processo de fermentação, sendo aproveitado, também, em outros processos biotecnológicos, como matéria-prima para obtenção de levedura seca, por exemplo.

### **ÁLCOOL BRUTO**

O álcool bruto é constituído por uma mistura impura de água e álcool e é produzido na proporção de um a cinco litros por 100 litros de álcool, em função da natureza da matéria-prima, da qualidade do álcool a ser produzido e das condições operacionais do aparelho de destilação. O álcool bruto encontra aplicação na produção de álcoois extrafinos e neutro, sendo também empregado como combustível.

### **LEVEDURA SECA**

A Levedura Seca é obtida da secagem no processo de fermentação. O cheiro não é bom e a aparência ajuda menos ainda: uma suspensão de cor escura e viscosa. Assim, fica a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*), depois de usada nas usinas como fermento utilizado nos tanques com o mosto para, então, desencadear, nas destilarias, o início da operação do processamento do álcool da cana-de-açúcar. E o tamanho desse resíduo não é pequeno. Sua produção estimada, no Brasil é

de, aproximadamente, 450 mil toneladas por ano, na proporção de 2,5 quilos para cada 100 litros de etanol.

Mas o próprio processo multiplica a produção de levedura, a cada ciclo de destilação, e sua retirada dos caldeirões, além de aumentar a produtividade na produção do álcool, pode resultar em subprodutos valiosos apresentados em um estudo<sup>4</sup> realizado pela Fapesp, em parceria com uma usina em São Paulo. Essa usina se prepara para produzir os subprodutos da levedura seca.

Normalmente, parte da levedura é retirada em cada novo ciclo, num processo conhecido como sangria, no jargão industrial. Essa biomassa é lavada para retirada de impurezas e é secada num equipamento chamado *spray dryer* que faz a secagem igual à utilizada na produção do leite em pó.

Sendo natural, é aplicada na composição de alimentos para consumo animal, especialmente rações. Entretanto, será comum o uso dos subprodutos da levedura em vários segmentos da indústria alimentícia<sup>5</sup> que terá, em breve, aditivos extraídos de uma biomassa antes desprezada e de pouco valor.

## DIÓXIDO DE CARBONO

O dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos resíduos produzidos durante a fabricação do etanol que também pode ser aproveitado por outras indústrias. Ele é derivado do processo de fermentação e pode ser recuperado, quando acontece dentro de dornas fechadas, para ser utilizado na produção de refrigerantes, por exemplo. Quando a fermentação é realizada em dornas abertas, ele, simplesmente, escapa para a atmosfera.

---

<sup>4</sup> O Projeto intitula-se: Desenvolvimento de Tecnologia Visando o Aproveitamento de Derivados de Levedura em Alimentação Humana e Animal (nº 98/04173-5); Modalidade Parceria para a Inovação Tecnológica (PITE); **Coordenador** Valdemiro Carlos Sgarbieri – Itai;

<sup>5</sup> O projeto, resultou na formulação de quatro substâncias derivadas da levedura: autolisado, extrato, parede celular e concentrado proteico. O extrato e o autolisado foram testados na fabricação de salsichas substituindo a proteína de soja, nos biscoitos salgados e macarrão. O extrato também foi testado, com bons resultados, na formulação de temperos para saladas e maioneses.

## **OLEO FÚSEL**

Esse óleo é constituído de álcoois (álcool etílico e superiores), furfural, aldeídos, ácidos graxos etc; é produzido na proporção de 0,05 a 0,2 litros para 100 litros de álcool, apresentando uma composição variável, em função da natureza e da qualidade da matéria-prima, bem como da qualidade do álcool produzido. É matéria-prima para processamento de refinação, de onde se extraem álcoois com diversos graus de pureza e para obtenção de outras substâncias químicas, como, por exemplo, solventes.

Enfim, pode-se observar que os resíduos gerados na indústria alcooleira, quando não tratados, tornam-se um impasse ambiental. Mas, quando se tem um tratamento adequado, tais resíduos podem ser transformados em novos produtos que irão diminuir os problemas ambientais e gerar economia e lucro para a indústria.

## CAPÍTULO 9 – ENERGIA QUE TRANSFORMA

Veja bem, entender os processos de transformações são extremamente vantajosos!

Com um olhar histórico e social é possível perceber que houve muitas mudanças na maneira de se processar a cana-de-açúcar. Por exemplo, as necessidades de energia das usinas de cana, no passado, eram supridas por terceiros. Utilizavam, principalmente, a madeira das florestas nativas como lenha para queimar nas fornalhas. Mais tarde, esta indústria passou a consumir também óleo combustível e comprar energia elétrica das concessionárias.

Economicamente falando, o objetivo sempre foi baratear os custos e otimizar a produção, de forma que a indústria deve se adaptar ao mercado e aos acontecimentos históricos.

A partir de 1999, com a privatização do setor de energia elétrica, criou-se a figura do Produtor Independente de Energia, abrindo um novo mercado para as usinas. Esta nova condição foi o incentivo para que as usinas modificassem o seu sistema de geração de vapor e energia, e, agora, têm como fonte energética o próprio bagaço da cana, passando de uma configuração de baixa eficiência, que tinha por finalidade apenas consumir um subproduto gerado no processo, para uma nova concepção sob a qual se procura utilizar o bagaço excedente para a geração de **energia elétrica**.

Utilizando de uma outra lente de interpretação do processo, a Química, também é possível entender e explicar as transformações envolvidas nessa tecnologia de conversão, capaz de gerar energia elétrica a partir da cana-de-açúcar...

---

A **energia térmica** é o calor liberado, quando há a queima da biomassa, nas caldeiras, processo esse necessário para a produção de açúcar e etanol.

Esse jato de vapor transforma-se em **energia mecânica**, ao girar uma turbina, que, por estar interligada ao eixo de um gerador, faz com que ele entre em movimento, acionando a geração de **energia elétrica**.

---

O bagaço da cana-de-açúcar, subproduto da fabricação de açúcar e etanol, é hoje uma grande fonte de energia elétrica alternativa. Em 2019, segundo a União dos Produtores de Bioenergia (UNOP), esse tipo de bioeletricidade, também conhecido como cogeração de energia elétrica,

compôs cerca de 9% do abastecimento elétrico do país, sendo a segunda maior fonte de energia renovável, atrás apenas das hidrelétricas.

### MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA - POTÊNCIA

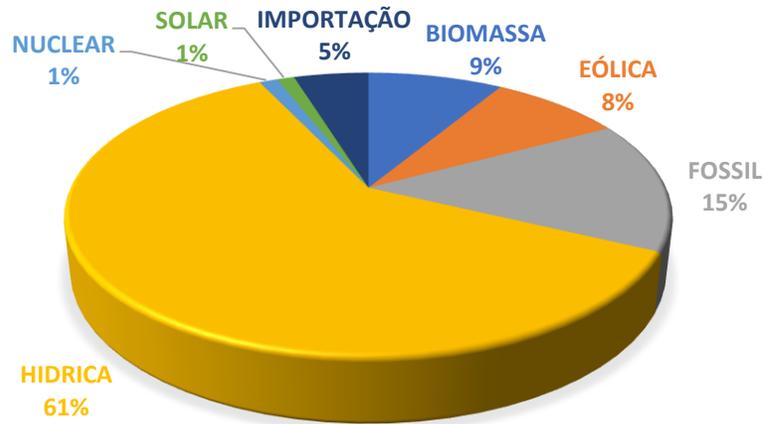


Figura 82 – Matriz energética Brasileira (Potência)  
Fonte: Anel – Big – Banco Informação geração. Atualização em 31/01/2019.

Atualmente, a energia do bagaço da cana já produz a média anual do que produziria Belo Monte (cerca de 4500 MW), com projeções de que até 2021 o aproveitamento seja 3 vezes maior.

Aproximadamente, 60% das usinas brasileiras de biomassa estão instaladas no Estado de São Paulo, na área de atuação da CPFL Energia S/A (Companhia Paulista de Força e Luz), sendo esta companhia a maior compradora da energia gerada nas usinas.

Ao se falar em biomassa, incluem-se, mesmo que em pouca quantidade, os resíduos sólidos urbanos (carvão e biogás), resíduos animais (biogás), resíduos florestais (lenha, carvão, licor negro, gás de alto forno), biocombustíveis (etanol e óleos vegetais) e os agroindustriais (capim, casca de arroz, biogás e o bagaço de cana-de-açúcar). Vale lembrar que, dentre todos esses tipos, o bagaço da cana resulta em mais da metade da geração de energia elétrica por biomassa.

A cadeia de transformações e de usos da cana-de-açúcar apresenta relevantes oportunidades de aumento da sua eficiência energética com agregação de valor, custos decrescentes e forte desenvolvimento econômico. Em contraste, nas cadeias do petróleo e na energia hidrelétrica os aproveitamentos de menor custo já foram realizados. Seus desafios tecnológicos e riscos

ambientais tendem a aumentar, enquanto suas cadeias de produção, transformação e uso já operam com eficiência elevada.

## CURIOSIDADES

Uma bateria é formada por um conjunto de pilhas ligadas, em série; elas possuem a propriedade de converter energia química em energia elétrica. Essa transformação ocorre, quando, em uma reação química, um elemento perde elétrons (aqui, neste experimento, é o pedaço de clip que representa o zinco) e o outro ganha elétrons (aqui, neste experimento é o cobre representado pelo fio elétrico).

Já fizemos diversas pilhas caseiras com os mais variados tipos de fontes energéticas e dessa vez estamos trazendo mais uma novidade, trata-se da bateria de cana-de-açúcar que é capaz de fornecer até 12 volts (figura 83). A duração dessas baterias vai de uma a duas semanas e esse tipo de bateria fornece corrente muito baixa, por isso, dá para alimentar apenas pequenos aparelhos eletrônicos, como calculadoras, relógios, LEDs, etc.

As reações em que os elementos ganham ou perdem elétrons são chamadas de reações de óxido-redução. Essas reações são capazes de gerar corrente elétrica e com ela poderemos acender LEDs, por exemplo. A reação de oxidação acontece quando houver perda de elétrons; neste experimento, o cobre é o elemento oxidante, pois sofre uma redução. A reação de redução acontece, quando houver ganho de elétrons e, no experimento, o zinco, que é representado pelo clip, é o elemento redutor e que sofre a oxidação. Convém lembrar que o clip é um objeto galvanizado com zinco.



Figura 83 – Bateria de cana-de-açúcar.

Fonte: <http://www.aartedeaprenderbrincando.com/2014/11/excelente-bateria-caseira-feita-com.html>

Para saber todos os detalhes da construção dessa excelente bateria de cana-de-açúcar, assista ao vídeo pelo link: <https://www.youtube.com/evandroveras>.

## CAPÍTULO 10 – UMA PLANTA DE FUTURO

O momento, no setor sucroenergético, é do etanol combustível, em detrimento do açúcar, mas ainda fica aquém do potencial que pode atingir.

Projeções indicam que a cana-de-açúcar continuará a crescer no país durante os próximos anos (figura 84), junto com a demanda dos principais produtos derivados, o açúcar e o etanol.

Projeções do agronegócio 2027/2028, feitas, em 2018, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontam um crescimento de 2,3% ao ano, em média, na próxima década. O cultivo da planta deverá ser ampliado, de forma especial, em estados do Centro-Oeste, que ganham no quesito custo da terra, mas perdem para a região líder em produção, São Paulo, por sediar a maior estrutura industrial.

### Cenário provável da produção agrícola em 2022



Figura 84 – Comparativo da produção agrícola brasileira entre 2009 e 2022.  
Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/26/biorrefinarias-do-futuro/>

Há energia para alavancar a produção de biocombustíveis, que, segundo organismos mundiais, poderá aumentar, em torno de 14%, na próxima década, impulsionada por políticas públicas, “embora sujeitas a incertezas”. Espera-se que 50% desse aumento seja originado no

Brasil, segundo maior produtor, para atender à demanda doméstica, enquanto o líder, Estados Unidos, tenderá a manter sua produção nos primeiros anos de projeção, até diminuir nos seguintes, por várias razões.

Entretanto, a expansão da produção de etanol e a implantação de novas destilarias exigem que elas sejam projetadas para atingir alta eficiência de conversão dos açúcares redutores totais extraíveis da cana. Também é necessário que as unidades não apresentem deficiências em equipamentos e na incorporação de tecnologia de ponta. Além disso, deve ser dada ênfase à correção ou redução de práticas inadequadas, do ponto de vista ambiental. Assim, essa transição de aumento da produção deve ser acompanhada de uma reformulação das unidades, focadas, também, na redução de emissão de efluentes, sólidos, líquidos e gasosos, e no uso racional e sustentável dos recursos naturais, em particular, terra e água.

## Cenário provável da produção agrícola em 2022

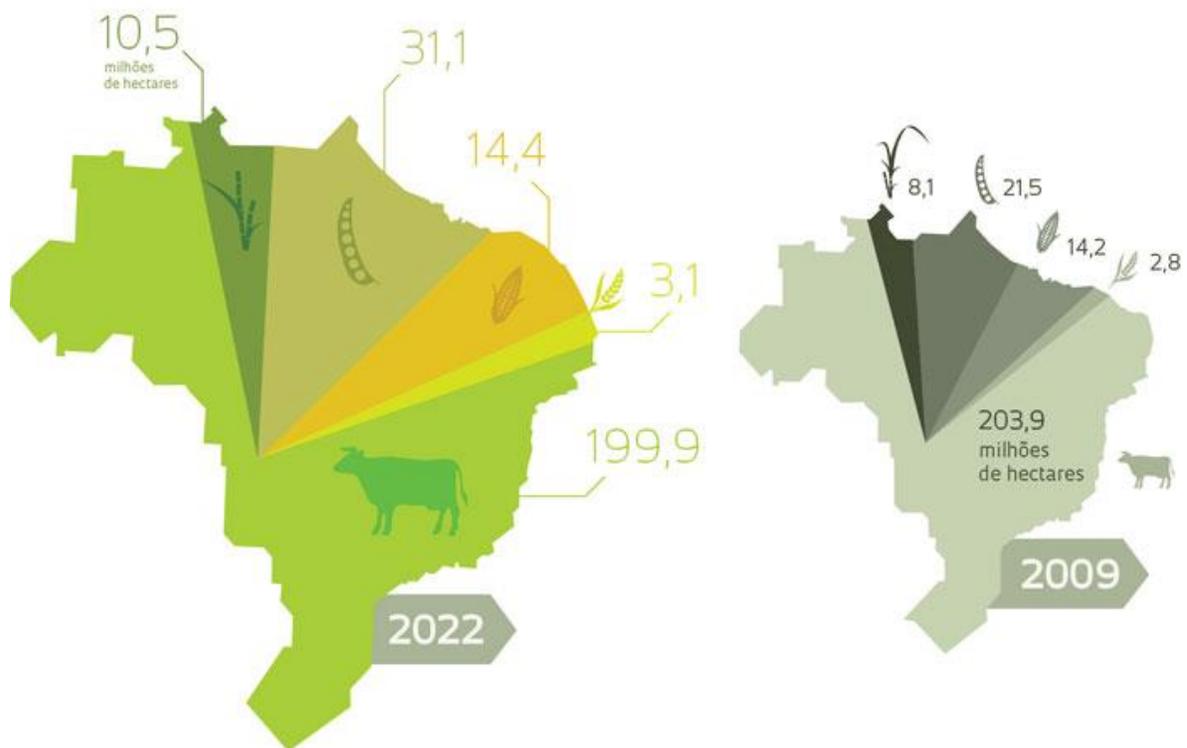


Figura 85 – Projeção do agronegócio brasileiro para 2022.  
Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/26/biorrefinarias-do-futuro/>

Confirmando as projeções apontadas pelo MAPA (figura 85) do crescimento mundial da produção canavieira e no cenário nacional, especialmente na região Centro-Oeste, nosso estado

vem ganhando espaço cada vez maior no comércio sucroalcooleiro, conforme apresenta o slogan da reportagem exibida nos últimos dias do ano de 2018 (figura 86), no site Globo.com, com excelentes resultados para a safra e produção de etanol e açúcar no estado de Mato Grosso.



The image shows a screenshot of a news article on the website Globo.com. The page has a red header with the 'G1' logo and 'MATO GROSSO' text. The main headline is 'MT aumenta produção de cana-de-açúcar e de etanol nesta safra'. Below the headline, there is a sub-headline: 'Produção de cana-de-açúcar no estado cresce enquanto a nacional teve redução de 2,8% se comparada à safra passada. Maior parte é destinada à produção de etanol.' The author is 'Por Lidiane Moraes, G1 MT' and the date is '21/12/2018 12h34 · Atualizado há um dia'. There are social media sharing icons for Facebook, Twitter, WhatsApp, LinkedIn, and Pinterest.

## MT aumenta produção de cana-de-açúcar e de etanol nesta safra

Produção de cana-de-açúcar no estado cresce enquanto a nacional teve redução de 2,8% se comparada à safra passada. Maior parte é destinada à produção de etanol.

Por Lidiane Moraes, G1 MT

21/12/2018 12h34 · Atualizado há um dia



*Figura 86 - Reportagem retratando os resultados da safra matogrossense 2018.*

*Fonte: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2018/12/21/mt-aumenta-producao-de-cana-de-acucar-e-de-etanol-nesta-safra.ghtml>*

Produzindo mais e com mais máquinas, a colheita mato-grossense reflete uma recuperação do índice na região, devido às mudanças ocorridas no sistema de colheita da cultura, por conta das novas exigências socioambientais e à necessidade de redução de custos de produção.

A cachaça brasileira conquista novos mercados e cativa os clientes, marcando presença crescente e cada vez mais efetiva em diversas nações. Essa bebida virou símbolo do Brasil mundo afora. A cachaça brasileira seguiu para 54 países, em 2016. Os maiores importadores da bebida foram Alemanha e Estados Unidos.

## CAPÍTULO 11 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Açúcar, etanol, energia, cachaça e inúmeros outros produtos ressaltam a importância dessa atividade produtiva e industrial. O seu ciclo se retroalimenta, de tal forma, entre os diversos elos do setor, que esse negócio não para nunca. O plantio e a colheita prosseguem simultaneamente, e, assim, o processamento e o atendimento às demandas do mercado. Não é sem razão, portanto, que na cadeia produtiva da cana-de-açúcar não tem tempo ruim. Um dos elos desse setor sempre estará em ascensão!

Pelas vantagens listadas, trata-se de uma evolução bem-vinda! Hoje o processo é mais complexo. Estamos falando de indústria alimentícia também! Antigamente não se atuava com esse conceito. A qualidade do açúcar vai depender não apenas da cana, mas da variedade de plantas, do trato da lavoura, das condições climáticas, do corte no momento adequado. Um conjunto de operações coordenadas.

O plástico verde e a cogeração de energia elétrica, por exemplo, é uma boa alternativa, ao longo do processo de desenvolvimento, rumo a uma economia mais limpa. Parte da solução. Apostamos no desenvolvimento tecnológico, como agente importante nas transformações de que nossa sociedade necessita para um estilo de vida sustentável. Antes da técnica, no entanto, parece fundamental o resgate pelos indivíduos de sua capacidade de pensar a vida, em grupo, em conjunto, na cidade.

Podemos concluir que existem pontos positivos e negativos para qualquer ação, ao se pensar na monocultura de cana-de-açúcar, portanto, é imprescindível que as consequências sejam discutidas e avaliadas, antes da tomada de decisões.

A busca por regras mais seguras e estáveis são condições frequentemente lembradas no segmento sucroenergético; oferece inúmeros benefícios econômicos, sociais e ambientais, porém é nossa responsabilidade medir impactos, antes da realização de qualquer atividade, buscando-a com o mínimo de prejuízo possível para a população e para o ambiente.

**Ter lucros à base de bagaço de gente ou caldo de sangue não convém!**

## SUGESTÕES PARA LEITURA

Não existem muitos livros complementares aos estudos da cana-de-açúcar. Para obter mais informações sobre aspectos históricos ou científicos da química, os seguintes textos podem ser consultados:

- **ALCARDE, A. R. Cachaça - Ciência, Tecnologia e Arte.** 2017- 2ª edição. Blucher. 96 p.

O objetivo deste livro é oferecer, de forma integrada, uma visão teórica e prática do processo de produção de cachaça, resultado do conhecimento adquirido nos estudos e pesquisas desenvolvidas na ESALQ/USP. O foco desta obra é a ciência aplicada na tecnologia envolvida no processo de produção, visando à qualidade química e sensorial da cachaça. Assim, *Cachaça* apresenta por completo o processo de criação da bebida, também com uma apresentação histórica, descrevendo e ilustrando sua produção química que condiciona sua qualidade sensorial.

- **CANTO, E. L. Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?** São Paulo: Moderna, 1995. 88 p.

Este livro faz uma discussão sobre a utilização do plástico e os danos que ele pode causar ao meio ambiente. O autor explica sua função na sociedade, e o quanto é possível substituí-lo e seus vários usos, entre outros temas.

- **TEIXEIRA, L. A. Engenho Colonial - O Cotidiano da História.** Editora: Ática. Temas: História do Brasil Colonial, 1983. 40 p.

É um livro paradigmático de História do Brasil que narra o contraste interno de um engenho típico do Brasil colonial. Nele, os proprietários vivem suntuosamente, consumindo produtos europeus, enquanto os escravos, tocados a chicote, trabalham cortando cana-de-açúcar para produzir aquele que seria o principal produto exportado pelo Brasil no século XVII.

- **PUNTEL, L. Açúcar amargo.** 2002 - 16ª edição. São Paulo: Editora Ática. 112p.

Trabalhar e estudar não é fácil. Principalmente quando se trata do difícil trabalho dos boias-frias nas lavouras de cana. Pelo ponto de vista de uma jovem decidida, você vai conhecer um pouco da vida dos trabalhadores sem-terra do interior paulista.

- **MARAFANTE, L. J. Tecnologia da fabricação do açúcar e do álcool.** São Paulo: Ícone, 1993. 148 p.

Esta obra traz elevado teor prático e científico abrangendo as técnicas utilizadas na fabricação do álcool e do açúcar. Voltado aos estudantes e professores do curso técnico, é um importante instrumento de pesquisa dentro do mercado literário.

- **BICALHO, R. S. et al. A cana-de-açúcar como tema para o ensino das ciências humanas e da natureza.** Belo Horizonte, MG: RHJ, 2012. 166 p.

O texto apresenta uma discussão sobre a cana-de-açúcar envolvendo diferentes áreas do conhecimento, o que favorece um melhor entendimento sobre o tema. Apresenta aos leitores a experiência dos autores adquirida no âmbito da Educação de Jovens e Adultos.

**BIBLIOGRAFIA**

BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; FERNANDES, R. A. T. Cana-de-açúcar: quando e como cortar para o consumo animal. **Revista Balde Branco**, São Paulo, n. 421, p. 19-13, 1999.

BRAIBANTE, M. E. F; PAZINATO, M. S.; ROCHA, T. R.; FRIEDRICH, L. S.; NARDY, F. C. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química nova na escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.

BRAUNBECK, O. A; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Engenharia Agrícola**, 2006.

BICALHO, R. S.; FREITAS, E. S. M.; BATISTA, F. A.; OLIVEIRA, P. **A cana-de-açúcar como tema para o ensino das ciências humanas e da natureza**. Belo Horizonte, MG: RHJ, 2012. 166 p.

BNDES E CGEE. (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316 p. DC, 2007.

CANTO, E. L. **Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?** São Paulo: Moderna, 1995.

CARDOSO, M.G. (Org.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras. Editora UFLA, 2001.

CARVALHO, C. **Anuário brasileiro de cana-de-açúcar de 2018**. Editora Gazeta Santa cruz, 2018. 56 p.

CESNIK, R. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2004.

DAL PUPO, D. **Sua nova majestade a soja: um paradidático como estratégia pedagógica para o ensino de química em Mato Grosso**. 2015. 183 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Ciências Naturais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2015.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da cana-de-açúcar**. 2ª.ed. Piracicaba, STAB, Cap.1, 2003.

FERREIRA, E.C.; MONTES, R. A química da produção de bebidas alcoólicas. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 50-51, 1999.

LEAL, M. C.; DE ARAÚJO, D. A.; PINHEIRO, P. C. Alcoolismo e educação química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 58-66, 2012.

MARAFANTE, L. J. **Tecnologia da fabricação do açúcar e do álcool**. São Paulo: Ícone, 1993. 148 p.

MANOCHIO, C. **Produção de bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos**. 2014. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) Universidade Federal de Alfenas- Campus Poços de Caldas, Poços de Caldas/MG, 2014.

MENDES, M. A. **História e geografia de Mato Grosso**. Cuiabá: Cafarnaum, 2012.

MORAIS, L.; CURSI, D.; SANTOS, J.; CARNEIRO, M.; CÂMARA, T.; SILVA, P.; BARBOSA, G.; HOFFMANN, H.; CHAPOLA, R.; RIBEIRO, A.; GAZAFFI, R. **Melhoramento genético de cana-de-açúcar**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 38 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN1678-1953; 200). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/304579035\\_Melhoramento\\_Genetico\\_da\\_Cana-de-Acucar](https://www.researchgate.net/publication/304579035_Melhoramento_Genetico_da_Cana-de-Acucar). Acessado em: 03 jul. 2019.

RAMOS, R. S. **Conservação e viabilidade de pólen em cana-de-açúcar**. 2016. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RIBEIRO, D. **O povo Brasileiro**. Companhia das Letras, São Paulo, 1997, p. 242.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Unesp, 1995. 75p.

SCHWARTZ, S.B. **Segredos internos: engenhos e escravos na sociedade colonial**. Trad. L. T. Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.

SILVA, I. J.; OLIVEIRA, J. H. C.; OLIVEIRA, L. L. **Do café à cana-de-açúcar: o impacto das transformações econômicas nas relações de trabalho na microrregião de Ribeirão Preto (SP), entre 1945 e 1985**. História econômica & história de empresas vol. 20 n° 2 (2017), p 361-374.

TEIXEIRA, L. A. **Engenho Colonial - O Cotidiano da História**. Editora: Ática. Temas: História do Brasil Colonial, 1983. 40 p.

ÚNICA. **Manual de rendimentos - Relatório final da safra 2017/2018**. Região Centro-Sul. Disponível em: <http://www.unica.com.br> Acessado em: 12 de jan. de 2019.

<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/12/o-cultivo-minimo.html>. Acessado em: 03 de dezembro de 2018.

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_98\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html) Acessado em: 08 de dezembro de 2018.

<https://docslide.com.br/documents/como-uma-usina-de-acucar-e-alcool-funciona.html> Acessado em: 07 de dezembro de 2018.

[http://www.sindalcool-mt.com.br/quem\\_somos.php](http://www.sindalcool-mt.com.br/quem_somos.php) Acessado em: 26 de novembro de 2018.

<http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-cana-de-acucar-2018/> Acessado em: 04 de janeiro de 2019.

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod\\_resource/content/1/a7\\_%20A%C3%A7%C3%BAcar\\_concentracao%202016.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2114270/mod_resource/content/1/a7_%20A%C3%A7%C3%BAcar_concentracao%202016.pdf) Acessado em: 10 de janeiro de 2019.

<http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/03/fases-de-crescimento-da-cana-de-acucar.html> Acessado em: 20 de janeiro de 2019.

<file:///C:/Users/user/Documents/mestrado%20ECN/disserta%C3%A7ao/material%20cana-de-acu%C3%A7ar/Frederico%20Araujo.pdf>

<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840855/LOQ4023/Apostila2IndustriaAlcooleira-2013.pdf> Acessado em: 22 de janeiro de 2019.

<http://www.ceisebr.com/conteudo/bagaco-de-cana-leva-curitibana-as-melhores-universidades-do-mundo-.html> Acessado em: 22 de janeiro de 2019.

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_108\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html) Acessado em: 22 de janeiro de 2019.

<http://udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1152560> Acessado em: 22 de janeiro de 2019.

<http://minutodacana.blogspot.com/2011/05/classificacao-botanica-da-cana-de.html> Acessado em: 20 de janeiro de 2019.

<http://www.mapadacachaca.com.br/artigos/qual-a-diferenca-entre-cachaca-e-aguardente/> Acessado em: 10 de janeiro de 2019.