

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ESCOLA TÉCNICA JOÃO ELIAS MARGUTTI

Técnico em Açúcar e Álcool

Amanda da Silva Nunes

Maicon Henrique Lino de Melo

Maria Clara Franco de Souza

Maria Eduarda Catarine de Souza

Rafael Augusto Sério Zanetti

Vinícius Muriel Mazzonetto

Welington Gomes Moreira

**PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL E O USO DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NO SETOR
INDUSTRIAL**

Santa Cruz das Palmeiras

2025

Amanda da Silva Nunes
Maicon Henrique Lino de Melo
Maria Clara Franco de Souza
Maria Eduarda Catarine de Souza
Rafael Augusto Sério Zanetti
Vinícius Muriel Mazzonetto
Welington Gomes Moreira

**PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL E O USO DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NO SETOR
INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em Açúcar e
Álcool da Etec João Elias Margutti, orientado
pela Profª. Bruna do A. Brogio Colli como
requisito parcial para obtenção do título de
técnico em Açúcar e Álcool.

Santa Cruz das Palmeiras
2025

Amanda da Silva Nunes

Maicon Henrique Lino de Melo

Maria Clara Franco de Souza

Maria Eduarda Catarine de Souza

Rafael Augusto Sério Zanetti

Vinícius Muriel Mazzonetto

Welington Gomes Moreira

**PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL E O USO DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NO SETOR
INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Açúcar e Álcool no Curso Técnico em Administração da Etec João Elias Margutti.

Aprovação em: ___/___/___

Banca Examinadora:

Prof.....

Orientador

Prof.

Avaliador

Prof.

Avaliador

Acima de tudo, agradecemos a Deus por mais esta realização.

Dedicamos esse trabalho a nossa família, amigos e aos nossos professores pela paciência e dedicação no decorrer desse curso.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca vence os obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL E O USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NO SETOR INDUSTRIAL

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo descrever e analisar as principais etapas do processo industrial de produção do açúcar cristal, desde a chegada da cana-de-açúcar até o armazenamento do produto final. A pesquisa aborda os processos de moagem, tratamento do caldo, evaporação, cozimento, centrifugação, secagem e armazenamento, identificando os pontos críticos onde ocorrem as maiores perdas e propondo estratégias para minimizá-las. Também é destacada a importância do uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) como ferramenta essencial para a segurança e a saúde dos trabalhadores no ambiente industrial. Além disso, ressalta-se o papel do trabalho em equipe e da comunicação eficaz como fatores que contribuem para a eficiência operacional, a prevenção de falhas e a melhoria contínua da produção. O trabalho foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica e observações em campo realizadas pelos autores em usinas do setor sucroalcooleiro.

Palavras-chave: Produção de Açúcar. Segurança do Trabalho. Eficiência Industrial.

CRYSTAL SUGAR PRODUCTION PROCESSES AND THE USE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT IN THE INDUSTRIAL SECTOR

ABSTRACT

This paper aims to describe and analyze the main stages of the industrial process of crystal sugar production, from the arrival of sugarcane to the final storage of the product. The study addresses the processes of milling, juice treatment, evaporation, cooking, centrifugation, drying, and storage, identifying the critical points where major losses occur and proposing strategies to minimize them. The importance of the proper use of Personal Protective Equipment (PPE) is highlighted as an essential tool for ensuring workers' health and safety in the industrial environment. Additionally, the work emphasizes the role of teamwork and effective communication as key factors that contribute to operational efficiency, failure prevention, and continuous process improvement. The research was developed through literature review and field observations conducted by the authors in sugarcane processing plants.

Keywords: Sugar Production. Occupational Safety. Industrial Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hilo de cana picada	13
Figura 2 – Picador de cana inteira	14
Figura 3 – Desfibrador de cana pós picador	15
Figura 4 – Espalhador de cana pós desfibrador	15
Figura 5 – Eletroímã para remoção de metais da cana	16
Figura 6 – Donnellys para distribuição dos ternos	16
Figura 7 – Tandem de Moenda	17
Figura 8 – Caldeira geração de vapor	17
Figura 9 – Fluxograma Tratamento do Caldo	19
Figura 10 – Evaporadores múltiplo efeito	21
Figura 11 – Condensador para transformar vapor em líquido	22
Figura 12 – Cozedor a vácuo	23
Figura 13 – Bomba de vácuo	24
Figura 14 – Agitador para cozedor a vácuo	24
Figura 15 – Centrifuga contínua de açúcar	27
Figura 16 – Tubulação centrífuga	27
Figura 17 – Cesto centrífuga	28
Figura 18 – Secador de tambor rotativo	29
Figura 19 – Secador resfriador de leito fluidizado	30
Figura 20 – Interior e exterior armazém de estocagem de açúcar	32
Figura 21 – Aparelhos de proteção auditiva	40
Figura 22 – Tipos de máscaras	41
Figura 23 – Tipos de proteção facial	41
Figura 24 – Tipos de protetores para cabeça	42
Figura 25 – Tipos de proteção mão e braço	42
Figura 26 – Tipos de proteção das pernas	43
Figura 27 – Tipos de proteção do tronco	43
Figura 28 – Tipos de proteção contra quedas	44

Sumário

1. INTRODUÇÃO -----	10
1.1 Questão Orientadora -----	10
1.2 Hipótese-----	10
1.3 Objetivos -----	11
1.3.1 Objetivo Geral-----	11
1.3.2 Objetivos Específicos -----	11
1.4 Justificativa -----	11
1.5 Metodologia -----	11
2. DESENVOLVIMENTO -----	12
2.1 Processos na fabricação do açúcar -----	12
2.1.1 Chegada da cana -----	12
2.1.2 Moagem -----	13
2.1.3 Tratamento do caldo -----	17
2.1.4 Evaporação -----	18
2.1.5 Cozimento-----	21
2.1.6 Centrifugação -----	23
2.1.6.1 Importância da centrifugação para a qualidade do açúcar -----	24
2.1.7 Secagem -----	27
2.1.8 Armazenamento do açúcar -----	29
2.1.8.1 Armazenamento de Açúcar em Silos Verticais -----	29
2.1.8.2 Considerações Complementares sobre o Armazenamento-----	29
2.2 Perdas durante o processo de produção de açúcar -----	30
2.2.1 Perdas na Colheita -----	30
2.2.2 Perdas Industriais -----	32
2.3 Importância do trabalho em equipe e comunicação na qualidade da produção do açúcar -----	34
2.3.1 Importância do Trabalho em Equipe no Setor Sucroalcooleiro -----	34
2.3.2 Benefícios do Trabalho em Equipe-----	34
3. Conceito e importância dos EPIs -----	35
3.1 Responsabilidades legais: empresa e trabalhador -----	35
3.2 Tipos de EPI e suas aplicações -----	36

3.3 Benefícios do uso correto de EPIs-----	40
3.4 Dificuldades na implementação dos EPIs -----	41
3.5 Realidade da indústria no uso de EPIs -----	41
4. CONCLUSÃO -----	42
5. REFERENCIAS-----	43

1. INTRODUÇÃO

A produção de açúcar cristal representa uma atividade de grande importância para o setor industrial brasileiro, tanto pelo seu impacto econômico quanto pelas questões ambientais envolvidas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de açúcar, e a eficiência nas etapas de produção é essencial para manter a competitividade do setor sucroalcooleiro.

Desde a colheita e chegada da cana-de-açúcar até o armazenamento do açúcar cristal, o processo envolve diversas etapas interligadas, como moagem, tratamento do caldo, evaporação, cozimento, centrifugação, secagem e armazenagem. Cada fase exige controle rigoroso de parâmetros operacionais e atenção à redução de perdas, que podem ocorrer tanto no campo quanto no ambiente industrial.

Além dos aspectos técnicos, este trabalho também destaca a importância da segurança do trabalho, com foco no uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), e o papel essencial do trabalho em equipe e da comunicação eficaz entre os setores da usina. Esses fatores contribuem diretamente para a melhoria contínua da produção, para a preservação da saúde dos colaboradores e para a obtenção de um produto final de alta qualidade.

1.1 Questão Orientadora

Este trabalho visou responder à seguinte questão orientadora: Como é o processo da produção industrial do açúcar?

1.2 Hipótese

A hipótese considerada é que primeiro, as canas-de-açúcar são colhidas e processadas para extrair o caldo. Em seguida, esse caldo é filtrado e purificado para remover impurezas. O líquido filtrado é então concentrado por meio da evaporação, formando um xarope espesso. Esse xarope é cristalizado para formar os cristais de açúcar, que são secos e depois refinados para obter o açúcar em tamanhos uniformes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Relatar os processos industriais na fabricação do açúcar.
- Destacar a importância do uso de EPIs para a segurança dos trabalhadores.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar o processo de produção de açúcar cristal usando a produção de qualidade.
- Conscientizar sobre as perdas durante o processo.
- Ressaltar a importância do trabalho em equipe e comunicação.

1.4 Justificativa

Este tema é relevante para entender o processo de produção de açúcar na indústria, pois explica a importância de cada etapa no processo. Pesquisadas e analisadas literaturas sobre o tema citado. Além disso, abordou-se a importância do uso de EPIs, sendo essencial para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores, prevenindo acidentes e doenças ocupacionais. A comunicação eficaz e o trabalho em equipe são fundamentais para aumentar a produtividade e garantir um ambiente de trabalho harmonioso. Conscientização sobre as perdas durante o processo de produção de açúcar é crucial para otimizar os recursos, aumentar a eficiência e reduzir dependências.

1.5 Metodologia

Este trabalho de conclusão de curso foi uma revisão bibliográfica, em que foram consultadas fontes como websites, artigos e trabalhos de conclusão de curso (TCCs). Além disso, foram realizadas pesquisas de campo em usinas sucroalcooleiras onde os integrantes do grupo exercem seus trabalhos.

2. DESENVOLVIMENTO

CAPÍTULO I – PROCESSOS NA FABRICAÇÃO INDUSTRIAL DO AÇÚCAR CRISTAL

2.1 Processos na fabricação do açúcar

2.1.1 Chegada da cana

A cana colhida é transportada para a indústria em caminhões, que logo ao chegar são direcionados para a sonda, onde é realizada a coleta da cana para análises. Após isso, o caminhão é enviado para o hilo (Figura 1) de cana picada, onde a cana é descarregada na esteira, seguindo para o processo de moagem. (Informação pessoal dos próprios autores)

Figura 1 – Hilo de cana picada



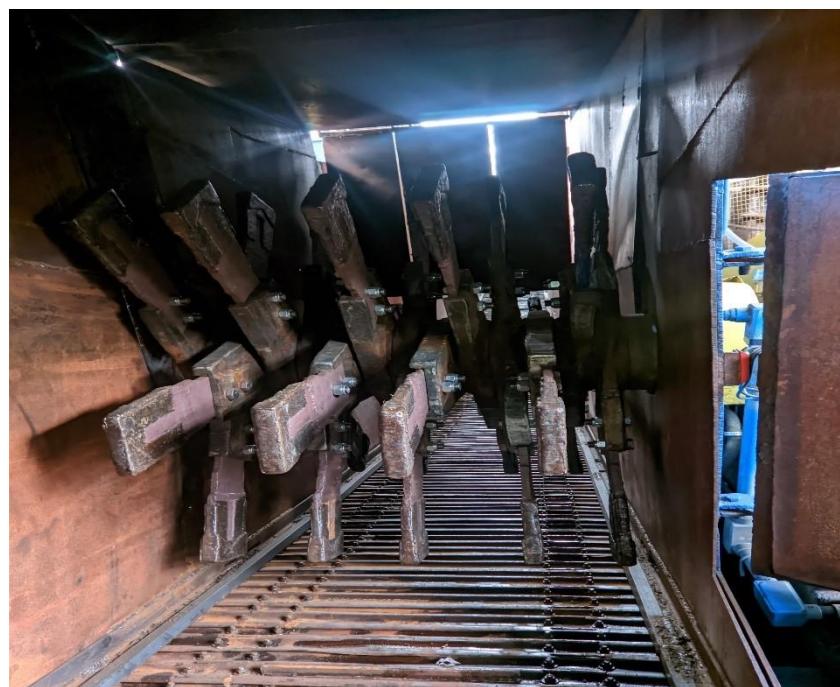
Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

2.1.2 Moagem

A cana descarregada passa primeiro pelo picador (Figura 2) e pelo desfibrador (Figura 3), com o objetivo de picar as canas inteiras e abrir as fibras da cana-de-açúcar para facilitar a extração da sacarose. Em seguida, ela passa por um espalhador (Figura 4) que uniformiza a distribuição da cana, e depois por um eletroímã (Figura 5) que retira metais presentes.

Após isso, a cana picada é derramada no nível de medição dos donnelllys (Figura 6) para ser distribuída nos ternos e enviada para um conjunto de rolos chamado tandem de moenda (Figura 7 e 8). Esses rolos aplicam pressão na cana, extraíndo o caldo e separando a parte líquida (caldo) da parte sólida (fibra). O bagaço resultante cai em uma esteira e segue para a caldeira (Figura 9), onde será queimado para gerar vapor e energia para a indústria. (Informação pessoal dos próprios autores)

Figura 2 – Picador de cana inteira



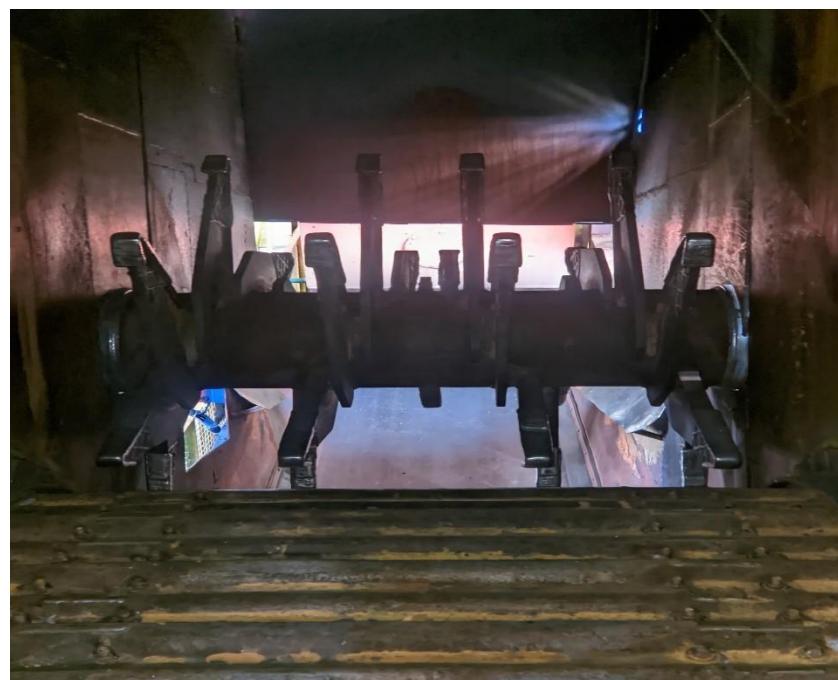
Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

Figura 3 – Desfibrador de cana pós picador



Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

Figura 4 – Espalhador de cana pós desfibrador



Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

Figura 5 - Eletroímã para remoção de metais da cana



Fonte: (PIMARTINS, 2025)

Figura 6 - Donnellys para distribuição dos ternos



Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores

Figura 7 – Tandem de Moenda



Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

Figura 8 – Caldeira geração de vapor



Fonte: Imagens pessoais dos próprios autores.

2.1.3 Tratamento do caldo

O caldo extraído na moenda passa por uma peneira rotativa para remover o excesso de bagaço e impurezas, caindo em seguida em um tanque de caldo misto. O caldo é enviado para o multijato para reduzir sua temperatura e velocidade. Em seguida enviado para a coluna de sulfitação onde seu pH será ajustado para 3,2 a 4,0. Isso ajuda a clarificar o caldo, removendo impurezas solúveis. Em seguida, o leito de cal é adicionado para neutralizar o pH do caldo para 7,0 a 7,2, o que prepara o caldo para as etapas seguintes e depois para os aquecedores, onde a temperatura é elevada entre 105 e 110°C (Figura 10). Esse aquecimento ajuda na coagulação de proteínas, reduz a viscosidade, elimina gases dissolvidos e melhora a eficiência da decantação.

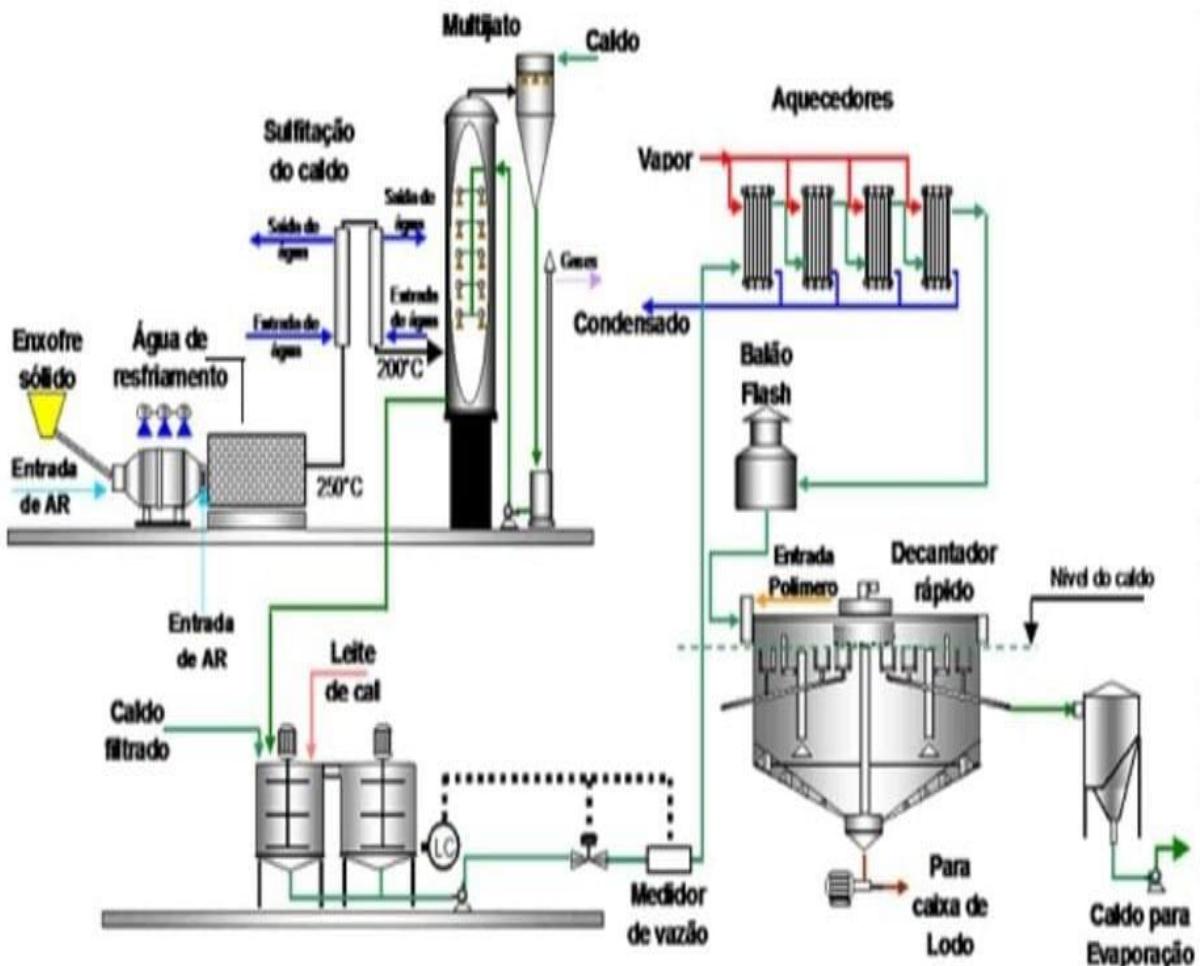
Depois, o caldo vai para o balão de flash, onde ocorre uma rápida redução de pressão, promovendo a ebulição e a eliminação de gases não condensáveis. Isso também ajuda a evitar bolhas que dificultariam a decantação.

No decantador, é adicionado um polímero (geralmente aniónico) para ajudar na separação das impurezas. O polímero, após ser diluído e preparado, é dosado em vários pontos para promover uma mistura homogênea, formando flocos que se depositam no fundo do decantador.

O caldo clarificado é então mandado para um tanque, depois para um regenerador e para um trocador de calor, seguindo para a fermentação.

O lodo acumulado no fundo do decantador é puxado e enviado ao filtro prensa para extrair o restante do caldo, que retorna ao tanque de caldo misto. A torta prensada vai para caminhões e é utilizada como fertilizante nas plantações. (Informação pessoal dos próprios autores)

Figura 9 – Fluxograma Tratamento do Caldo



Fonte: (FARIAS, 2019)

2.1.4 Evaporação

O processo de evaporação ou concentração do caldo é uma etapa fundamental na fabricação de açúcar, pois tem como objetivo principal a remoção parcial da água contida no caldo de cana-de-açúcar. Essa remoção da água resulta no aumento da concentração de sólidos solúveis, especialmente da sacarose, o que é essencial para que o caldo atinja as condições ideais para a cristalização do açúcar nas etapas seguintes do processo industrial.

Depois de passar pelas etapas de extração e clarificação, o caldo clarificado é encaminhado para os evaporadores (Figura 11). Nessa fase, ele é distribuído de forma uniforme no interior desses equipamentos, o que é importante para garantir que a troca de calor ocorra de maneira eficiente e homogênea. Qualquer distribuição

desigual pode comprometer a qualidade do processo, causando superaquecimento em algumas áreas ou baixa eficiência em outras.

O aquecimento do caldo é realizado por meio de vapor, geralmente proveniente das caldeiras da própria usina. Esse vapor, conhecido como vapor vivo, transfere calor ao caldo, elevando sua temperatura até que a água nele contida atinja o ponto de ebulição e comece a evaporar. À medida que o caldo vai sendo aquecido, a água presente se transforma em vapor, resultando em um caldo cada vez mais concentrado.

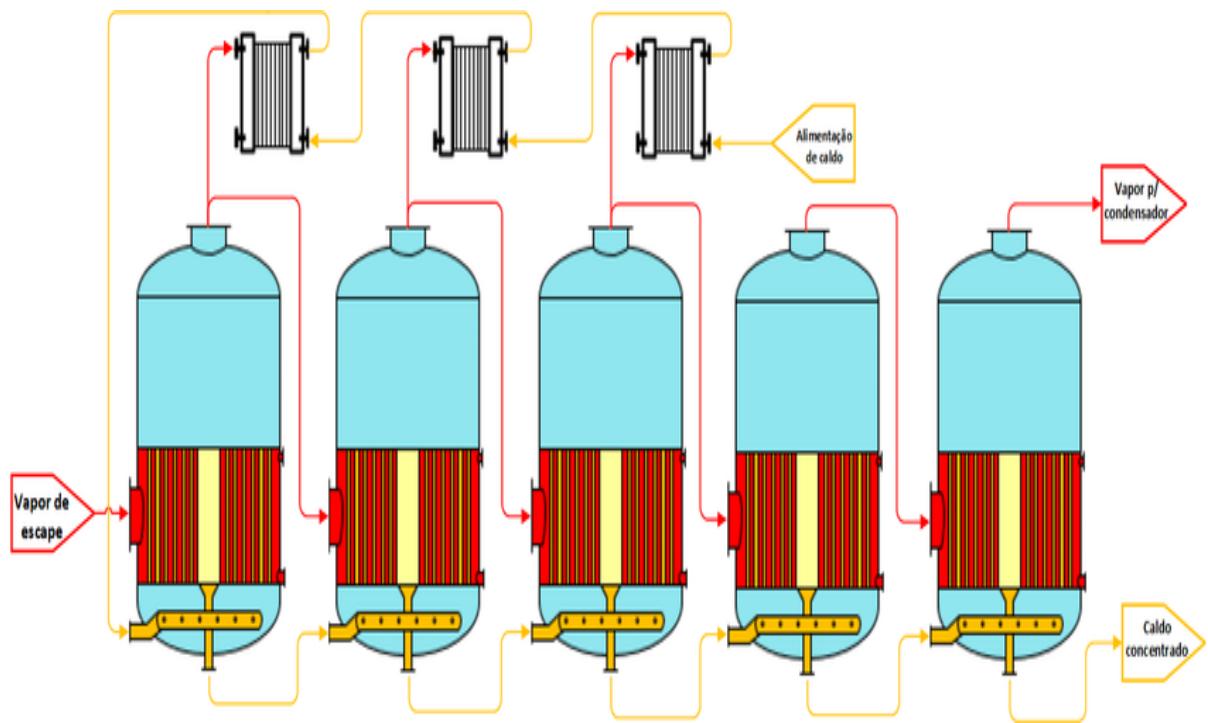
Durante esse processo de vaporização, o vapor gerado, chamado de vapor secundário, pode ser aproveitado para aquecer outros corpos de evaporação em um sistema conhecido como evaporação de múltiplo efeito (Figura 11). Essa técnica consiste no uso de vários evaporadores dispostos em série, onde o vapor de um estágio é aproveitado para aquecer o seguinte, reduzindo assim o consumo de energia térmica e aumentando a eficiência do processo.

O vapor gerado ao longo do processo de evaporação é conduzido a condensadores (Figura 12), onde é resfriado e transformado novamente em água. Essa água de condensação pode ser reaproveitada em diferentes etapas da produção, como na lavagem de equipamentos ou como água de alimentação das caldeiras, promovendo o uso sustentável dos recursos hídricos na indústria.

Durante toda a operação, é essencial o controle rigoroso da temperatura e da pressão dentro dos evaporadores (Figura 11). Esses parâmetros precisam ser ajustados cuidadosamente para evitar a caramelização da sacarose, que ocorre quando o caldo é aquecido excessivamente, além de prevenir o entupimento dos tubos dos evaporadores. Normalmente, a pressão é reduzida gradualmente de um corpo para outro, permitindo que a água evapore a temperaturas mais baixas nos últimos estágios do sistema.

Ao longo do processo, a concentração do caldo é constantemente monitorada, especialmente o teor de sólidos solúveis, conhecido como Brix. O objetivo é garantir que o caldo atinja a concentração ideal antes de ser encaminhado para a próxima etapa da fabricação do açúcar. Ao final da evaporação, o caldo concentrado passa a ser chamado de xarope e, dependendo do processo adotado pela usina, essa concentração pode variar entre 60 e 65 °Brix (MORELLI, 2021).

Figura 10 - Evaporadores múltiplo efeito



Fonte: (PAULA, 2023).

Figura 11 – Condensador para transformar vapor em líquido



Fonte: (JPX EQUIPAMENTOS, 2025).

2.1.5 Cozimento

O cozimento é uma das etapas fundamentais na fabricação do açúcar cristal, sendo responsável pela transformação do xarope concentrado em uma massa composta por cristais de sacarose e melaço. Essa transformação é obtida através da cristalização controlada, que ocorre em tachos a vácuo (Figura 13), com controle preciso de temperatura, pressão e concentração (OLIVEIRA; MADALENO, 2023).

Inicialmente, o xarope resultante da evaporação do caldo de cana é transferido para os tachos de cozimento (Figura 13). Nesses tachos, o xarope é aquecido sob vácuo até atingir o estado de supersaturação, condição essencial para a formação de cristais de açúcar (OLIVEIRA; MADALENO, 2023). A supersaturação é o ponto em que a solução contém mais sacarose do que pode permanecer dissolvida em equilíbrio, sendo, portanto, o momento ideal para se iniciar a cristalização.

A formação dos cristais é iniciada por meio de uma técnica chamada “semeadura” ou granagem, na qual são introduzidos cristais finos de sacarose ou utiliza-se a própria agitação (Figura 15) para induzir a nucleação. Esse processo determina o tamanho e a uniformidade dos cristais formados. Após essa etapa, o crescimento dos cristais é promovido com a alimentação controlada de mais xarope, permitindo o aumento de massa dos cristais até que alcancem o tamanho desejado (OLIVEIRA; MADALENO, 2023).

O bom controle dessa etapa é essencial, pois cristais com tamanho irregular ou crescimento inadequado podem prejudicar o rendimento e a qualidade do açúcar. Além disso, se a taxa de alimentação for mal regulada, podem surgir impurezas, o que compromete a eficiência da etapa de centrifugação posterior (USINA SANTA ADÉLIA, [s.d.]).

Portanto, o cozimento é uma fase estratégica que influencia diretamente o rendimento e a qualidade do açúcar cristal. O domínio técnico sobre variáveis como pressão, temperatura e tempo de residência é fundamental para se obter um produto com cristais uniformes, de alta pureza e baixo teor de umidade.

Figura 12 – Cozedor a vácuo



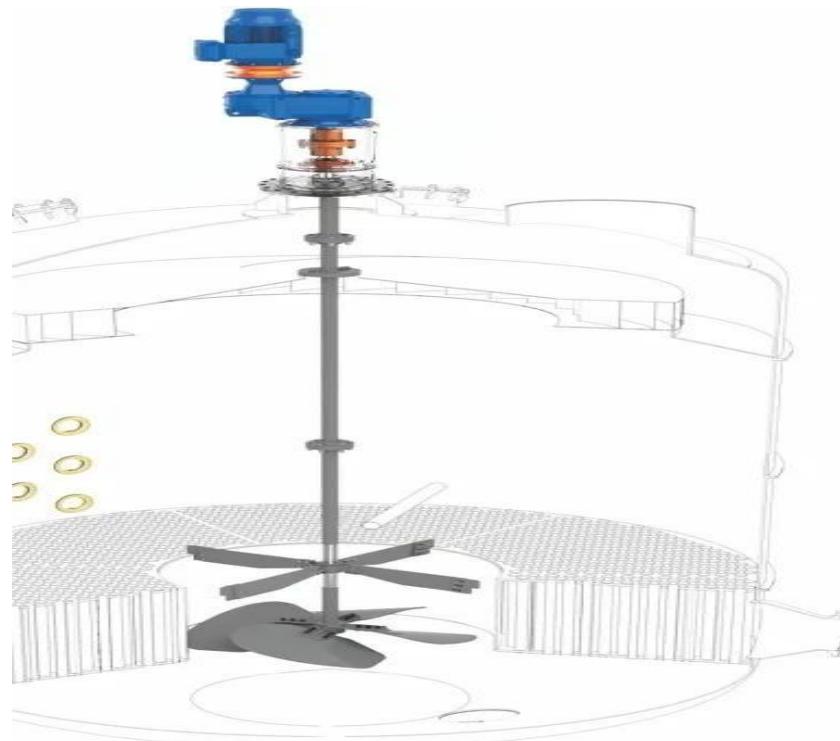
Fonte: (TRINITON, 2025).

Figura 13 – Bomba de vácuo



Fonte: (ND BOMBAS COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA., 2025)

Figura 14 – Agitador para cozedor a vácuo



Fonte: (I9TECH SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2025).

2.1.6 Centrifugação

A centrifugação é uma das etapas finais no processo de produção do açúcar cristal, sendo fundamental para a separação física entre os cristais de sacarose e o licor-mãe. Essa separação é essencial para garantir a pureza e a qualidade do açúcar cristalizado, maximizando o aproveitamento dos cristais formados durante a cristalização (GEMÜ GROUP, 2021).

A centrifugação tem como principal objetivo remover o licor-mãe residual que envolve os cristais de açúcar, permitindo que eles sejam secos posteriormente e comercializados na forma sólida. A eficiência dessa etapa tem impacto direto na qualidade e na pureza do açúcar, além de influenciar no aproveitamento do processo de cristalização (GEMÜ GROUP, 2021).

2.1.6.1 Importância da centrifugação para a qualidade do açúcar

Uma centrifugação bem executada é crucial para garantir que os cristais de açúcar estejam livres de impurezas e obtenham a qualidade necessária para a comercialização. O controle de parâmetros como temperatura, rotação da centrífuga, tempo de centrifugação e quantidade de água aplicada são fundamentais para produzir açúcar cristal com boa coloração, pureza e tamanho do grão adequado ao mercado (GEMÜ GROUP, 2021).

- Tipos de centrífugas utilizadas

São utilizadas centrífugas de operação contínua ou semicontínua (Figura 16), conforme a capacidade de produção e o tipo de açúcar desejado. O modelo mais comum de centrífuga é o de cesto perfurado rotativo (Figura 18), que opera em alta rotação (geralmente entre 1500 e 1800 rpm) para promover a separação dos cristais de sacarose do licor-mãe por meio da força centrífuga. Esse processo permite uma separação eficiente e rápida, essencial para garantir a qualidade do produto final (GEMÜ GROUP, 2021).

De acordo com informações da empresa GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG (2021), centrífugas contínuas, como as da BMA (Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG), são utilizadas nas usinas, permitindo o controle preciso da alimentação de massa, aplicação de água e vapor, e regulagem automática por válvulas pneumáticas e posicionadores eletrônicos. Isso resulta em uma operação altamente eficiente, com menor perda de açúcar e maior rendimento.

- Funcionamento do processo de centrifugação

A massa cozida, composta por cristais de sacarose e licor-mãe, é alimentada na centrífuga (Figura 16) por meio de um distribuidor central. A força centrífuga gerada pela alta rotação faz com que o líquido (licor-mãe) seja expulso, enquanto os cristais de açúcar ficam retidos nas paredes internas do tambor da centrífuga. Durante esse processo, pode ser aplicada uma pequena quantidade de água ou vapor para lavar os cristais, removendo os resíduos do licor-mãe remanescente.

É importante que a aplicação de água ou vapor seja controlada de forma rigorosa, para evitar a dissolução excessiva dos cristais, o que poderia comprometer o rendimento da produção. Segundo a GEMÜ GROUP (2021), “o controle preciso da quantidade de água é essencial para garantir a pureza do açúcar sem perda do produto sólido”.

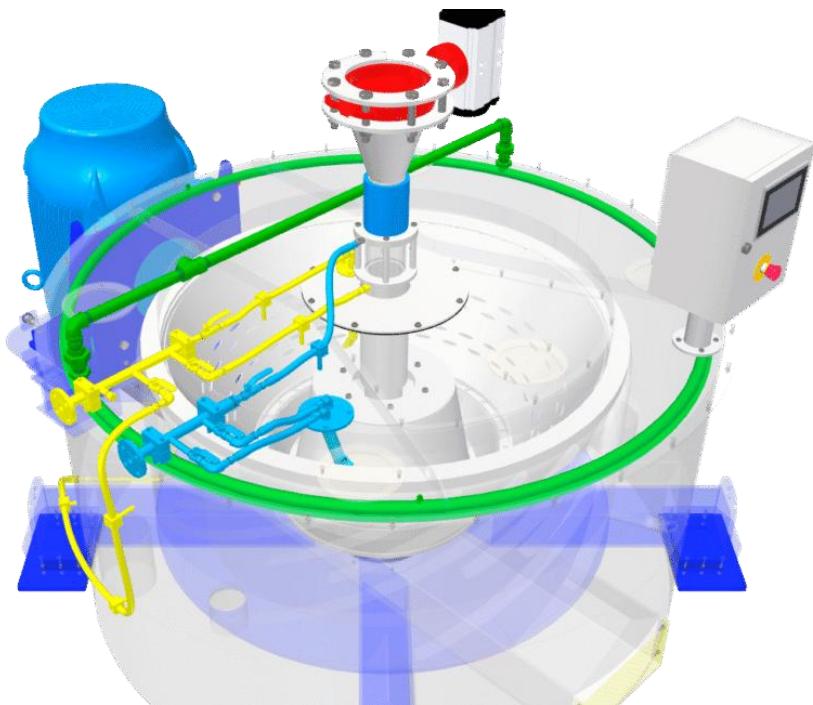
Ao final do processo de centrifugação, obtém-se dois produtos principais: o açúcar úmido, que segue para a etapa de secagem, e o licor-mãe, que pode ser reutilizado para novas cristalizações a fim de extrair mais açúcar ou ser destinado à produção de melaço e etanol, dependendo das estratégias da usina (GEMÜ GROUP, 2021).

Figura 15 – Centrifuga contínua de açúcar



Fonte: (SOLISTEEL SOLUÇÕES INDUSTRIAIS EM AÇO, 2025).

Figura 16 - Tubulação centrífuga



Fonte: (SOLISTEEL SOLUÇÕES INDUSTRIAIS EM AÇO, 2025).

Figura 17 – Cesto centrífuga



Fonte: (SOLISTEEL SOLUÇÕES INDUSTRIAIS EM AÇO, 2025).

2.1.7 Secagem

A secagem do açúcar é uma etapa crucial no processo de fabricação, sendo responsável por remover o excesso de umidade dos cristais após a centrifugação. Este processo deve ser realizado de forma eficiente para garantir a qualidade do produto final, prevenindo problemas como empedramento e formação de cor durante o armazenamento (PONTES, 2015). A secagem é realizada em secadores rotativos (Figura 19), nos quais o ar quente entra em contato com o açúcar úmido, permitindo que a água seja evaporada devido à diferença de temperatura e pressão parcial de vapor d'água entre o ar e o produto.

O processo de secagem pode ser dividido em três períodos: período de indução, onde a temperatura do produto sobe até atingir um regime operacional; período de taxa constante, no qual a água evapora da superfície do produto com uma taxa constante; e período de taxa decrescente, onde a taxa de evaporação diminui devido à migração interna de água. A eficiência da secagem é influenciada por fatores como a temperatura e a umidade do ar, a capacidade térmica do produto e as características físicas do açúcar (PONTES, 2015).

A umidade do açúcar pode ser dividida em três tipos: umidade livre, que é a água presente externamente nos cristais e pode ser facilmente removida; umidade interna, que está incorporada nos cristais e migra até atingir equilíbrio com o ambiente; e umidade oclusa, que é difícil de remover sem processos como moagem ou dissolução. Para garantir a qualidade do açúcar, é fundamental que a umidade final atinja valores entre 0,03% e 0,05%, como sugerido por Pontes (2015).

A utilização de secadores rotativos (Figura 19), como os modelos BSHCODISTIL e de leito fluidizado (Figura 20) da Usina Monte Alegre, é uma prática comum no setor, destacando-se pela sua simplicidade, baixo custo e alta eficiência. Além disso, o controle adequado das condições de secagem é essencial para preservar as características sensoriais e físicas do açúcar, como sabor, cor e fluidez, que são determinantes para a aceitação do produto no mercado (PONTES, 2015).

Figura 18 – Secador de tambor rotativo



Fonte: (PONTES, 2014).

Figura 19 – Secador resfriador de leito fluidizado



Fonte: (PONTES, 2014).

2.1.8 Armazenamento do açúcar

2.1.8.1 Armazenamento de Açúcar em Silos Verticais

A adoção do armazenamento de açúcar a granel em silos verticais (Figura 21) exige atenção a diversos fatores, especialmente quando a estocagem se dá por períodos prolongados. Para garantir a preservação da qualidade do produto, recomenda-se a observância de alguns critérios técnicos fundamentais.

Primeiramente, o açúcar destinado a esse tipo de armazenagem deve apresentar umidade relativa (UR) inferior a 0,01%, assegurando condições que minimizem a absorção de umidade do ambiente. Além disso, é essencial que o teor de umidade seja uniforme em todo o volume armazenado e mantenha uma umidade relativa de equilíbrio (URE) próxima de 40%, o que contribui para a estabilidade do produto ao longo do tempo (MORELLI, 2021). Outro ponto crítico é o controle da temperatura no momento do armazenamento. O açúcar deve ser encaminhado ao silo (Figura 21) com temperatura próxima à do ambiente, evitando a formação de gradientes térmicos no interior do silo (Figura 21), que podem favorecer a migração de umidade e o empedramento. A uniformidade granulométrica também é relevante: recomenda-se que o coeficiente de variação (CV) da granulometria seja inferior a 30%. Alguns autores, inclusive, sugerem o peneiramento prévio do produto para a remoção das frações mais finas, as quais tendem a reter mais umidade.

2.1.8.2 Considerações Complementares sobre o Armazenamento

Uma prática defendida por alguns especialistas é a maturação do açúcar antes do armazenamento definitivo. Nesse processo, o produto é mantido por um período de dois a três dias em armazenamento temporário, com o objetivo de permitir o equilíbrio térmico e hídrico com o ambiente externo.

Logo após a saída do secador, é comum que o açúcar apresente uma película superficial supersaturada de mel, resultante da rápida evaporação de água no equipamento. Esse estado de supersaturação tende a se equilibrar naturalmente entre 40 e 60 horas, seja pela absorção de umidade do ambiente, seja pela deposição

de sacarose da película sobre o cristal. O resultado final é uma redução da concentração da película superficial. Dentre esses mecanismos, a absorção de água é a via mais rápida e frequente. Por exemplo, o açúcar refinado granulado, ao sair do secador, apresenta uma umidade de aproximadamente 0,04%, que pode se elevar para cerca de 0,07% após alguns dias de armazenamento. Eventuais torrões formados durante esse processo costumam ser frágeis e se desfazem facilmente com a manipulação.

Figura 20 – Interior e exterior armazém de estocagem de açúcar



Fonte: (RPA CONSTRUTORA, 2025; TRINITON, 2025).

2.2 Perdas durante o processo de produção de açúcar

2.2.1 Perdas na Colheita

As perdas durante o processo de produção de açúcar se iniciam no campo, no preparo da matéria-prima. Uma das etapas que contribui é a colheita.

O setor canavieiro passou por transformações significativas, especialmente com a introdução da colheita mecanizada, substituindo a colheita manual. Embora tenha trazido avanços, esse processo também gerou novos desafios, como as perdas consideráveis de cana durante a colheita. A transição para a colheita crua, sem queima, aumentou as perdas de produção, que chegaram a até 15%, devido

principalmente à presença de impurezas minerais e vegetais (REVISTA CULTIVAR, 2021).

As impurezas vegetais incluem partes da cana que não são aproveitadas, como folhas, palhas e ponteiros. No caso da colheita crua, essas impurezas permanecem, ao contrário da colheita com queima, onde são eliminadas. Isso resulta em custos logísticos mais altos, maior risco de incêndios e danos aos sistemas de transporte devido ao volume extra de material (CHB AGRO, 2025).

Além das impurezas vegetais, as impurezas minerais, como terra e pedras, também acompanham a cana durante a colheita. Embora as colhedoras possuam sistemas de separação, ainda assim essas impurezas causam desgaste nos equipamentos, perdas de eficiência no processamento e custos elevados com manutenção (CHB AGRO, 2025).

As perdas de cana são classificadas em visíveis e invisíveis. As perdas que chamamos de visíveis são aquelas que podemos observar no campo, como pedaços de cana não cortados ou tocos que ficam no solo. Fatores como a qualidade do solo, o espaçamento entre as linhas de plantio e o desempenho das colhedoras influenciam essas perdas. Já as perdas invisíveis não são perceptíveis a olho nu, mas impactam diretamente o processo, como o caldo perdido e fragmentos de cana que se perdem durante o corte. O desgaste das ferramentas de corte, o modelo da colhedora e as características da cana também afetam essas perdas (CANAOESTE, 2025).

Diversos fatores influenciam as perdas durante a colheita, como a variedade de cana, a qualidade do solo e o tipo de colheita (crua ou queimada). A colheita crua, por exemplo, tende a gerar mais impurezas vegetais, enquanto a preparação inadequada do solo pode aumentar tanto as perdas visíveis quanto as invisíveis. Quantificar as perdas é um passo essencial para otimizar o processo de colheita. Ao identificar as falhas e ajustar o processo, é possível reduzir as perdas, o que contribui para a melhoria da eficiência, aumento da produtividade e rentabilidade do setor (CANAOESTE, 2025).

2.2.2 Perdas Industriais

As perdas no processo industrial podem ser classificadas de diversas formas, sendo de extrema importância para avaliar a eficiência da usina. Elas são divididas em determinadas e indeterminadas, cada uma com origens e impactos distintos (SCRIBD, 2025).

Perdas Químicas

As perdas químicas ocorrem principalmente pela degradação dos açúcares. Fatores como pH inadequado, tempo de retenção elevado e temperaturas excessivas favorecem a destruição química da sacarose, além da sua hidrólise por ação da invertase, resultando na formação de açúcares redutores (SCRIBD, 2025).

Perdas Físicas

Estão relacionadas à saída de matéria-prima e produtos intermediários ao longo do processo: bagaço, torta, vinhaça, águas residuais, além de perdas por vazamentos de caldos e méis. Pontos críticos como lavagem de cana, sistemas de evaporação e vácuo, esteiras, canaletas, filtros, pisos e equipamentos devem ser monitorados com coletas periódicas a cada turno (SCRIBD, 2025).

Perdas Microbiológicas

As perdas microbiológicas são causadas pela ação de microrganismos como bactérias e leveduras, que consomem os açúcares e reduzem o rendimento fermentativo. Essas perdas ocorrem comumente quando há falhas na higiene dos equipamentos ou no controle de temperatura e pH (FERMENTEC NEWS, 2020).

Perdas Econômicas

As perdas econômicas resultam diretamente da baixa qualidade dos produtos finais, como álcool fora de especificação ou açúcar com alto índice de impurezas, impactando o valor de venda e a competitividade do produto no mercado (FERMENTEC NEWS, 2020).

Perdas Determinadas

As perdas determinadas são quantificáveis e ocorrem em etapas específicas do processo. Entre os principais exemplos, destacam-se:

- **Bagaço final:** Podem ser reduzidas com boa regulagem dos pentes, ajustes de rolos, manutenção da embebição (pressão e temperatura a 70°C) e alimentação uniforme da moenda.
- **Fermentação:** A eficiência melhora com curva estável de alimentação, controle de temperatura, assepsia rigorosa, sensores de espuma e centrífugas bem ajustadas.
- **Torta de filtro:** A adição de bagacilho ajuda, mas em plantas modernas sem esse recurso, o controle de pH (ideal em torno de 8,0), temperatura, pressão e montagem correta da tela tornam-se extremamente importantes.
- **Destilação:** Requer estabilidade na alimentação e vapor, qualidade da água de resfriamento e limpeza periódica dos condensadores e trocadores de calor (SCRIBD, 2025).

Perdas Indeterminadas

As perdas indeterminadas são mais difíceis de determinar e podem incluir:

- Destrução térmica ou química dos açúcares;
- Perdas nos decantadores, evaporadores e sistemas a vácuo;
- Erros analíticos, imprecisões na amostragem e variações de volume;
- Pó de açúcar e falhas nos cálculos.

A fórmula utilizada para o cálculo das perdas indeterminadas é:

Perdas Indeterminadas = ART da Cana - ART dos Produtos - Perdas Determinadas

Estudos apontam valores em torno de 3% a 4%, sendo recomendado buscar sempre a redução contínua dessas perdas (SCRIBD, 2025).

2.3 Importância do trabalho em equipe e comunicação na qualidade da produção do açúcar

O trabalho em equipe é essencial para o sucesso de projetos, pois envolve colaboração, confiança e comunicação. A união de diferentes conhecimentos e experiências fortalece a capacidade de enfrentar desafios e enriquece os resultados.

A cooperação mútua na equipe fortalece o alinhamento, o engajamento e o incentivo, promovendo melhores resultados e decisões mais colaborativas.

2.3.1 Importância do Trabalho em Equipe no Setor Sucroalcooleiro

A importância do trabalho em equipe no setor industrial influencia diretamente na qualidade do produto sucroalcooleiro. A parceria entre os colegas de equipe é fundamental no setor sucroalcooleiro, pois envolve a colaboração de profissionais de diferentes áreas, como agricultura, engenharia, química e logística. É fundamental que esses profissionais trabalhem juntos para garantir que o produto final seja de alta qualidade, desde o cultivo da cana-de-açúcar até a produção de etanol e outros produtos derivados. Além disso, o trabalho em equipe permite a identificação e resolução de problemas de forma mais eficiente, reduzindo custos e melhorando a produtividade (ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO, s.d.).

2.3.2 Benefícios do Trabalho em Equipe

O trabalho em equipe no setor sucroalcooleiro traz vários benefícios, incluindo a melhoria da qualidade do produto, redução de custos e aumento da produtividade. Além disso, a colaboração entre os profissionais permite a troca de conhecimentos e experiências, o que pode levar a inovações e melhorias nos processos produtivos. Conforme destaca Marques (2018), o trabalho em equipe potencializa a produtividade e melhora o clima organizacional.

Quando a equipe trabalha junto e de forma eficaz, a usina de açúcar e etanol consegue entregar um produto de alta qualidade, que agrada os clientes e ajuda a empresa a se manter competitiva no mercado. O trabalho em equipe é essencial para

o sucesso de projetos, pois envolve colaboração, confiança e comunicação. A união de diferentes conhecimentos e experiências fortalece a capacidade de enfrentar desafios e enriquece os resultados. A cooperação mútua na equipe fortalece o alinhamento, o engajamento e o incentivo, promovendo melhores resultados e decisões mais colaborativas (ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO, s.d.).

CAPÍTULO II – USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NO SETOR INDUSTRIAL

3. Conceito e importância dos EPIs

O uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é essencial para a segurança dos trabalhadores, especialmente considerando que o Brasil ocupa posições preocupantes nos rankings mundiais de acidentes de trabalho. Conforme a Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6), EPI é todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar sua saúde e segurança no ambiente de trabalho.

Dessa forma, a utilização correta dos EPIs tem como principal objetivo preservar a integridade física e a saúde do trabalhador. A prevenção de acidentes e doenças ocupacionais torna o ambiente mais seguro e contribui para a valorização da mão de obra e a promoção da qualidade de vida no trabalho. (BRASIL, 2022).

3.1 Responsabilidades legais: empresa e trabalhador

Segundo o item 6.5 da NR-6, é responsabilidade da organização fornecer gratuitamente os EPIs adequados aos riscos presentes nas atividades exercidas pelos seus colaboradores. Além disso, cabe à empresa garantir a higienização, a manutenção periódica e a substituição desses equipamentos, sempre que necessário. Também é obrigatória a formalização do fornecimento dos EPIs por meio de registros adequados. Por outro lado, o item 6.6 da mesma norma destaca que o trabalhador tem o dever de utilizar corretamente os EPIs recebidos, zelando por sua

conservação e comunicando qualquer irregularidade à empresa. É fundamental que o colaborador participe de treinamentos e capacitações oferecidas pela organização, visando garantir a eficácia da proteção e a criação de um ambiente de trabalho mais seguro e consciente. (BRASIL, 2022).

3.2 Tipos de EPI e suas aplicações

Os EPIs são desenvolvidos para proteger diferentes partes do corpo humano e são adaptados aos riscos específicos de cada função profissional. Os principais tipos de EPIs incluem:

- **Proteção auditiva:** abafadores de ruídos e protetores auriculares.

Figura 21 – Aparelhos de proteção auditiva: A - Abafador de Ruídos Tipo Concha Vonder, B - Protetor Auricular de Silicone



Fonte: (ACAL HOME CENTER, 2025; CENTER MEDICAL, 2025).

- **Proteção respiratória:** máscaras, filtros e respiradores.

Figura 22 – Tipos de máscaras: A - Máscara Respiradora, B - Máscara de Proteção com Válvula



Fonte: (PLAZA VEA, 2025; EIMA SOLUÇÕES ELÉTRICAS, 2025).

- **Proteção visual e facial:** óculos de segurança, viseiras e máscaras de solda.

Figura 23 - Tipos de proteção facial: A - Óculos de Proteção de Ampla Visão, B - Viseira Mesh Metálica Com Arnês, C - Máscara de Solda Automática



Fonte: (SETON, 2025; SIR SAFETY SYSTEM, 2025; BRASOLDA, 2025).

- **Proteção da cabeça:** capacetes, capuzes e bala clavas.

Figura 24 – Tipos de protetores para cabeça: A - Capacete, B – Capuz Soldador, C - Bala clava Antiestética

Bala clava Antiestética



Fonte: (PREVEOESTE, 2025; MWM EPI, 2025; TEXFIRE, 2025).

- **Proteção das mãos e braços:** luvas, mangas e braçadeiras.

Figura 25 – Tipos de proteção mão e braço: A - Luva De Proteção Anti-corte, B - Manda de Aramida, C – Braçadeira de Identificação



Fonte: (SUPER EPIS, 2025; (SUPREMALUVAS, 2025; CONEXÃO UNIFORMES, 2025).

- **Proteção das pernas e pés:** sapatilhas, botas de PVC, sapatos e botinas.

Figura 26 – Tipos de proteção das pernas: A – Botina, B – Botina Elástico



Fonte: (MARLUVAS, 2025; AMERICANA EPI, 2025).

- **Proteção do tronco e membros superiores:** aventais cirúrgicos, impermeáveis e laminados.

Figura 27 – Tipos de proteção do tronco: A – Aventais, B – Colete Refletivo.



Fonte: (BERTELLI SHOP, 2025; RIO EPI, 2025).

- **Proteção contra quedas:** cintos de segurança e cinturões.

Figura 28 – Tipos de proteção contra quedas: A e B – Cinturões de Segurança



Fonte: (CONQUISTA, 2025; VICSA, 2025).

Cada equipamento deve ser utilizado de acordo com o risco presente na atividade, visando a prevenção de acidentes e a promoção da saúde ocupacional. (DEXCAR, 2025).

3.3 Benefícios do uso correto de EPIs

A correta utilização dos EPIs traz benefícios tanto para os trabalhadores quanto para as empresas. Um dos principais impactos é o aumento da produtividade, já que o trabalhador, ao se sentir seguro, consegue focar melhor em suas tarefas, sem se preocupar excessivamente com os riscos ao seu redor. Isso melhora significativamente o desempenho individual e coletivo.

Além disso, o uso adequado dos EPIs proporciona um ambiente de trabalho mais saudável, promovendo o bem-estar, a confiança e a valorização dos colaboradores. Essa valorização reflete-se em maior satisfação profissional, redução de afastamentos por acidentes e diminuição de reclamações trabalhistas.

Outro benefício relevante é o cumprimento da legislação vigente. As empresas que seguem as normas da NR-6 evitam sanções e penalidades por parte dos órgãos fiscalizadores, garantindo conformidade legal e fortalecendo a imagem institucional da organização. (DEXCAR, 2025).

3.4 Dificuldades na implementação dos EPIs

Apesar dos benefícios, a implementação eficaz dos EPIs apresenta desafios importantes. Um deles é a necessidade de treinamentos constantes e bem estruturados, especialmente para trabalhadores que não estão habituados ao uso dos equipamentos. É necessário explicar detalhadamente a importância do uso, como utilizar corretamente, e em quais situações aplicá-los.

Outro desafio é manter a atualização contínua, visto que as normas de segurança do trabalho são frequentemente atualizadas. Isso exige que as empresas acompanhem as mudanças na legislação e invistam na aquisição de equipamentos mais modernos e eficientes.

A substituição e manutenção dos EPIs também representa uma dificuldade, sendo fundamental garantir que todos os equipamentos estejam sempre em boas condições de uso. A falha nesse aspecto pode comprometer seriamente a segurança dos trabalhadores, além de gerar prejuízos legais e operacionais para a empresa. (ELASTA, 2024).

3.5 Realidade da indústria no uso de EPIs

Apesar da obrigatoriedade legal e da disponibilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) nas usinas sucroalcooleiras, diversos estudos apontam que, na prática, o uso efetivo desses equipamentos enfrenta desafios significativos. Gonzaga (2004) destaca que trabalhadores frequentemente relatam desconforto e inadequação dos EPIs fornecidos, como luvas que causam ferimentos e perneiras que machucam os joelhos. Faccioli (2009) observa que muitos equipamentos apresentam problemas de design e funcionalidade, levando os trabalhadores a improvisarem soluções para minimizar o desconforto. Além disso, Rosa e Navarro (2008) ressaltam que o risco de exposição a agentes e situações de perigo não é completamente eliminado pelo uso de EPIs, devido à sua baixa eficiência e à possibilidade de exposição durante o processo de vestir e retirar as vestimentas. Esses fatores evidenciam a necessidade de melhorias na qualidade dos EPIs e na conscientização dos trabalhadores sobre sua importância para a segurança no ambiente de trabalho.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal descrever e analisar as etapas do processo industrial de produção do açúcar cristal, desde a chegada da cana-de-açúcar até o armazenamento do produto final. Foi possível constatar que a eficiência de cada fase (moagem, tratamento do caldo, evaporação, cozimento, centrifugação, secagem e armazenamento) é fundamental para garantir a qualidade do açúcar, reduzir perdas e assegurar um processo produtivo eficiente e sustentável.

Além disso, a pesquisa destacou a importância do controle de perdas, tanto na colheita quanto nas etapas industriais, e como elas afetam diretamente a produtividade e a rentabilidade do setor sucroalcooleiro. Também foi evidenciado que o uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é indispensável para a segurança dos trabalhadores, contribuindo para a prevenção de acidentes e a conformidade com as normas legais vigentes.

Outro aspecto essencial discutido foi a relevância do trabalho em equipe e da comunicação entre os setores da usina, fatores que colaboram significativamente para a melhoria contínua dos processos e a obtenção de melhores resultados operacionais.

Dessa forma, conclui-se que a produção de açúcar cristal exige não apenas domínio técnico sobre os processos industriais, mas também um ambiente de trabalho seguro, organizado e colaborativo, que valorize a saúde ocupacional, a eficiência produtiva e o uso consciente dos recursos disponíveis.

REFERENCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI). Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/>. Acesso em: abr. 2025.

CANAOESTE. Colheita mecânica: operação eficiente, mas exige cuidados. Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo – Canaoeste. Disponível em: <https://www.canaoeste.com.br/artigos/colheita-mecanica-operacao-eficiente-mas-exige-cuidados/>. Acesso em: 29 maio 2025.

CHAGAS, M. Perdas indeterminadas: por que elas são o desafio oculto na indústria bioenergética. JornalCana, 2025. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/industria/perdas-indeterminadas-por-que-elas-sao-o-desafio-oculto-na-industria-bioenergetica/>. Acesso em: 16 maio 2025.

CHBAGRO. Ações para reduzir impurezas na colheita mecanizada da cana. 2020. Disponível em: <https://chbagro.com.br/blog/acoes-para-reduzir-impurezas-na-colheita-mecanizada-da-cana>. Acesso em: 16 maio 2025.

CHB. Qualidade na colheita: como reduzir impurezas e o pisoteio da cana. Disponível em: <https://chb.com.br/agro/blog/qualidade-na-colheita-como-reduzir-impurezas-e-o-pisoteio-da-cana>. Acesso em: 16 maio 2025.

CONTADORES. Apesar de legislação robusta, Brasil ocupa 4º lugar no ranking de acidentes de trabalho no mundo. Contadores.cnt.br, 26 jul. 2024. Disponível em: <https://www.contadores.cnt.br/>. Acesso em: abr. 2025.

DEXCAR. EPIs – Conheça os principais tipos e aplicações. 2023. Disponível em: <https://dexcar.com.br/epi/>. Acesso em: abr. 2025.

ELASTA. Descubra quais são as principais dificuldades na hora de promover a segurança do trabalho. 2023. Disponível em: <https://www.elasta.com.br/>. Acesso em: abr. 2025.

FACCIOLI, M. Dificuldades e limitações das luvas de proteção usadas no corte manual da cana-de-açúcar. *Laboreal*, Porto, v. 5, n. 1, p. 15–24, 2009. Disponível em: <https://laboreal.up.pt/revistas/artigo/140>. Acesso em: 29 maio 2025.

FERMENTEC NEWS. Controle bacteriano na fermentação alcoólica influencia diretamente na redução dos custos operacionais e perdas dos açúcares. Disponível em: <https://fermentecnews.com.br/2020/09/04/controle-bacteriano-na-fermentacao-alcoolica-influencia-diretamente-na-reducao-dos-custos-operacionais-e-perdas-dos-acucares/>. Acesso em: 29 maio 2025.

GEMÜ GEBR. MÜLLER APPARATEBAU GMBH & CO. KG. Zentrifugieren der Füllmasse – Zentrifugation von Zucker. Ingelfingen-Criesbach: GEMÜ, 2023. Disponível em: <https://www.gemu-group.com>. Acesso em: 21 abr. 2025.

GONZAGA, M. C. O uso de luvas de proteção no corte manual de cana-de-açúcar. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/259377>. Acesso em: 29 maio 2025.

LIRA, E. S. Perdas na cadeia produtiva do setor da destilaria. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25010>. Acesso em: 16 maio 2025.

MARQUES, José Roberto. Conheça os benefícios do trabalho em equipe. *IBC Coaching*, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://www.ibccoaching.com.br/portal/rh-gestao-pessoas/conheca-os-beneficios-do-trabalho-em-equipe/>. Acesso em: 30 mai. 2025.

MORELLI, S. Produção de açúcar com alta performance. *Revista Opiniões*, setor sucroenergético, 2021. Disponível em:

<https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/8-producao-de-acucar-com-alta-performance>. Acesso em: 28 maio 2025.

OLIVEIRA, M. P.; MADALENO, L. L. **Controle do processo de cozimento na produção de açúcar**. *Ciência & Tecnologia*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2023. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/370738821_CONTROLE DO PROCESSO DE COZIMENTO NA PRODUCAO DE ACUCAR. Acesso em: 08 maio 2025.

HERRERA, Carmen Aparecida. **ORGANIZAÇÃO do trabalho no setor sucroalcooleiro**. Disponível em: <https://1library.org/document/zkklijx8z-organizacao-do-trabalho-no-setor-sucroalcooleiro.html>. Acesso em: 30 mai. 2025.

PONTES, T. **Avaliação do sistema de secagem do açúcar da Usina Monte Alegre. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015.** Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/911>. Acesso em: 21 abr. 2025.

PROMETAL EPIs. **A importância do uso do EPI. 2023.** Disponível em: <https://prometalepis.com.br/>. Acesso em: abr. 2025.

REDAÇÃO. **Problemas de qualidade do açúcar na armazenagem**. *JornalCana*, 3 jul. 2002. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/mercado/problemas-de-qualidade-do-acucar-na-armazenagem/>. Acesso em: 09 maio 2025.

REVISTA CULTIVAR. **Como evitar impurezas na colheita de cana. 2020.** Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/como-evitar-impurezas-na-colheita-de-cana>. Acesso em: 16 maio 2025.

REVISTA CULTIVAR. **Como evitar impurezas na colheita de cana. Cultivar Máquinas, 01 jul. 2021.** Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/como-evitar-impurezas-na-colheita-de-cana>. Acesso em: 29 maio 2025.

ROSA, A. R.; NAVARRO, V. L. **Condições de trabalho no cultivo da cana-de-açúcar: uma análise a partir da literatura científica**. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 33, n. 117, p. 79–88, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbsc/a/fT7cvN7KHyVm7D5jBDSpVN>. Acesso em: 29 maio 2025.

SCRIBD. **Balanço de massa na indústria sucroenergética.** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/522774107/Balanco-de-massa>. Acesso em: 29 maio 2025.

SILVA, D. R. da; SILVA, A. M. M. **Perdas no processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar.** Universidade de Rio Verde – UniRV, 2017. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/PERDAS%20NO%20PROCESSO%20DE%20COLHEITA%20MECANIZADA%20DE%20CANA-DE-A%C3%87UCAR.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.

SISDELLI NETO, J. **Perdas indeterminadas são desafios na indústria da cana.** *JornalCana*, 2010. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/mercado/perdas-indeterminadas-sao-desafios-na-industria-da-cana>. Acesso em: 16 maio 2025.

USINA SANTA ADÉLIA. **Fabricação de açúcar.** [S. I.], [s.d.]. Disponível em: <https://site.usinasantaadelia.com.br/negocios/processos/fabricacao-de-acucar/>. Acesso em: 08 maio 2025.