



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO SUBSEQUENTE EM QUÍMICA**

ALANY DA SILVA PEREIRA

**PRODUÇÃO DO AÇÚCAR VHP
NA USINA CAETÉ S/A - UNIDADE MARITUBA**

**PENEDO, AL
2023**

ALANY DA SILVA PEREIRA

PRODUÇÃO DO AÇÚCAR VHP
NA USINA CAETÉ S/A - UNIDADE MARITUBA

Relatório de estágio supervisionado, apresentado à coordenação de Química como requisito parcial para conclusão do curso Técnico Subsequente em Química do Instituto Federal de Alagoas Ifal - *Campus Penedo*.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Simonise
Figueiredo Amarante Cunha

PENEDO, AL
2023



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

P436p

Pereira, Alany da Silva.

Produção do açúcar VHP na usina Caeté S/A – Unidade Marituba/ Alany da Silva Pereira. – 2023.
39f.: il.

Orientação: Prof.^a Simonise Figueiredo Amarante Cunha.
Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas, Campus Penedo, Penedo, 2023.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Açúcar VHP. 2. Açúcar - Fabricação. 3. Indústria sucroalcooleira. I. Cunha, Simonise Figueiredo Amarante. II. Título.

CDD: 664.1

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159

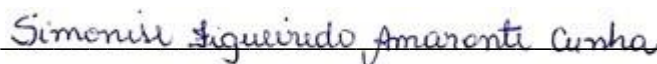
ALANY DA SILVA PEREIRA

PROCESSO DA PRODUÇÃO DO AÇÚCAR VHP
NA USINA CAETÉ S/A - UNIDADE MARITUBA


Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Curso Técnico
subsequente em Química do
Instituto Federal de Alagoas,
campus Penedo, como requisito
parcial para a obtenção do grau
de Técnico em Química.

APROVADO(A) EM: 15/08/2023.

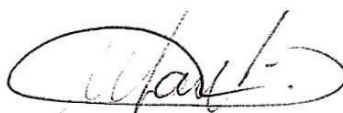
BANCA EXAMINADORA



Prof. Simonise Figueiredo Amarante Cunha
Instituto Federal de Alagoas - Ifal



Prof. Felipe Thiago Caldeira de Souza
Instituto Federal de Alagoas - Ifal



Prof. Wellington Santos
Instituto Federal de Alagoas – Ifal

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grata a Deus por conceder o dom da minha vida e por me proporcionar essa experiência incrível que foi fazer parte do IFAL (Instituto Federal de Alagoas), e conseguir me manter firme até o período final do curso.

Agradeço a minha família, meus amigos e meu namorado por todo apoio e incentivo para a conclusão do meu curso e não me deixarem desistir, por me incentivarem até o último momento de toda essa jornada.

Toda minha gratidão a minha orientadora, professora Simonise Figueiredo Amarante Cunha, por toda dedicação, paciência e desempenho para essa etapa tão importante. E aos demais professores que fizeram parte toda essa trajetória durante o período do curso, e tiveram toda dedicação e deram o seu melhor para nos transferir seus conhecimentos.

Aos meus colegas do Ifal em especial às minhas amigas, que estavam comigo. Sou grata por todo apoio uns aos outros, por cada momento que vivenciamos nas práticas. Só nós sabemos que não foi fácil, mas seguimos firme.

Agradeço à Usina Caeté S/A – Unidade Marituba, pela oportunidade de vivenciar o aprendizado e pôr em prática todo o conhecimento visto em sala de aula. Agradeço a toda equipe laboratorial e aos funcionários da área de produção (técnicos, operadores e auxiliares), que se dispuseram ao longo do período de estágio todo o suporte diário, para me passar seus conhecimentos e ensinamentos.

Em geral, meus sinceros agradecimentos a todos que colaboraram para a conclusão deste trabalho, sendo de forma direta ou indireta, todo apoio neste momento muito importante na minha vida.

RESUMO

A fabricação de açúcar se caracteriza em várias etapas, tendo início com a chegada da cana na usina. Nessa primeira etapa, é feita a pesagem da matéria-prima, amostragem, análises, descarregamento e lavagem. Em seguida a empresa traz técnicas eficientes para a extração e todo preparo do caldo, envolvendo o picotamento, desfibramento e separação magnética. Posteriormente, segue para moenda, extraíndo o caldo de cana, usando a técnica de embebição para melhorar a extração. Logo após, o caldo de cana extraído segue para a etapa de tratamento, faz-se a concentração do caldo com a evaporação, finalizando no cozimento, cristalização e centrifugação, fazendo a separação dos cristais e os méis. O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas na fabricação de açúcar VHP, refinaria e destilaria no período de estágio na Usina Caeté S/A – Unidade Marituba.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Fabricação. Açúcar.

ABSTRACT

The manufacture of sugar is characterized by several stages, starting with the arrival of the cane at the mill. In this first stage, the raw material is weighed, sampled, analyzed, unloaded and washed. Next, the company brings efficient techniques for the extraction and preparation of the juice, involving shredding, shredding and magnetic separation. Subsequently, it goes to milling, extracting the sugarcane juice, using the imbibition technique to improve the extraction. Soon after, the extracted sugarcane juice goes to the treatment stage, where the juice is concentrated with evaporation, ending with cooking, crystallization and centrifugation, separating the crystals and honey. This report aims to describe the activities carried out in the manufacture of VHP sugar, refinery and distiller during the internship period at Usina Caeté S/A – Marituba Unit.

Keywords: Sugarcane. Manufacturing. Sugar.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Usina Caeté S/A – Unidade Marituba.....	13
Figura 2: Fluxograma da fabricação de açúcar – Unidade Marituba	14
Figura 3: Caminhão na balança.	15
Figura 4: Sonda oblíqua.	16
Figura 5: Forrageira e betoneira.....	17
Figura 6: Prensa hidráulica.....	17
Figura 7: Clarificação do caldo.	18
Figura 8: Descarregamento com o auxílio do tombador.....	19
Figura 9: Lavagem de cana na mesa alimentadora.	19
Figura 10: Esteira transportando a cana colhida mecanicamente.....	20
Figura 11: Eletroímã.....	21
Figura 12: Moenda extração do caldo.	22
Figura 13: Peneira rotativa.	24
Figura 14: Enxofreiras.	25
Figura 15: Tanque de preparo da cal.	26
Figura 16: Aquecedores de caldo caledado.	26
Figura 17: Balão <i>flash</i>	27
Figura 18: Tanque de preparo de floculante (polímero).	28
Figura 19: Decantador.....	29
Figura 20: Peneiras estáticas (DSM).....	31
Figura 21: Filtro rotativo.....	32
Figura 22: Evaporador.....	33
Figura 23: Tacho de cozimento.	35
Figura 24: Cristalizadores.	36
Figura 25: Centrífuga em batelada e descontínua.	37
Figura 26: Centrífuga contínua.....	37
Figura 27: Gafanhoto e elevador.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	12
3.1 Usina Caeté – Unidade Marituba	12
4. PROCESSO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR VHP / USINA CAETÉ S/A – UNIDADE MARITUBA.....	13
4.1 Recepção da cana-de-açúcar	14
4.2 Preparo da cana-de-açúcar.....	20
4.3 Extração do caldo – moagem.....	22
4.4 Peneiramento.....	23
4.5 Sulfitação	24
4.6 Caleação	25
4.7 Aquecimento	26
4.8 Flasheamento	27
4.9 Adição de floculante.....	27
4.10 Decantação	28
4.11 Peneiramento do caldo clarificado	30
4.12 Filtração	31
4.13 Evaporação	32
4.14 Cozimento	34
4.15 Cristalizadores	35
4.16 Centrifugação.....	36
4.17 Transporte.....	38
5. CONCLUSÃO.....	39

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta que pertence ao gênero *Saccharum*. É a matéria-prima na fabricação de açúcar e etanol, tornando-se uma das principais bases da economia no nordeste brasileiro. A planta chegou ao Brasil durante o início do século XVI (AGROBYTE).

As primeiras mudas foram trazidas da ilha Madeira por Martim Afonso de Souza, após aproximadamente 30 anos da chegada dos portugueses em solo brasileiro. Iniciou o cultivo na capitania de São Vicente, no estado de São Paulo, onde foi feita a instalação do primeiro engenho, o "Engenho do Governador". Mas foi no Nordeste, principalmente nas capitanias de Pernambuco e da Bahia, que os engenhos de açúcar se multiplicaram. Duarte Coelho Pereira, o primeiro donatário da capitania de Pernambuco declarou: "Aqui no litoral do Novo Mundo, somos obrigados a conquistar por polegadas as terras que vossa majestade nos fez mercê por léguas", ao prestar contas ao rei de Portugal Dom João III através de cartas digitadas.

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a indústria sucroalcooleira brasileira. A agroindústria da cana envolve etapas, como: produção e abastecimento da indústria com matéria-prima; gerenciamento dos insumos, resíduos, subprodutos e da versatilidade da produção - de açúcar ou etanol; armazenamento e comercialização dos produtos finais. Essas etapas devem ser executadas com o emprego de técnicas eficientes de gerenciamento (EMBRAPA, 2022).

Nos dias atuais, o Brasil é o maior produtor mundial, maior exportador de açúcar e segundo maior exportador de etanol no mundo; porém, verifica-se a necessidade crescente da indústria açucareira brasileira no desenvolvimento ou aperfeiçoamento de processos que levem à obtenção de produtos com melhor qualidade, tornando-os competitivos, de forma a satisfazer as exigências do mercado interno e externo (ALBUQUERQUE, 2011).

O tipo de açúcar mais exportado pelo Brasil é o açúcar VHP (*Very High Polarization*), um tipo bruto de açúcar, que é utilizado para refinamento, que possui alta polarização e geralmente é comercializado em *big bags* ou à granel, porém esse açúcar ainda não é comercializado para o consumo interno (MACEDO, 2015).

A cana colhida é processada com a retirada do colmo (caule), que é esmagado, liberando o caldo que é concentrado por fervura, resultado do xarope, a partir do qual o açúcar é cristalizado, tendo como subproduto o melaço ou o mel final.

O Grupo Carlos Lyra hoje é composto por três indústrias produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, estando situado nos estados de Alagoas e São Paulo, gerando aproximadamente 8.500 empregos diretos. A Usina Caeté S/A – Unidade Marituba, na safra 2022/2023, bateu um novo recorde de moagem, com resultados bastante expressivos, traduzindo efetivo ganho na produtividade e superação diante das instabilidades climáticas. A Unidade Marituba processou 1.461.489 de toneladas de cana, superando em 19% a moagem passada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo relatar o funcionamento das atividades da indústria sucroenergética Usina Caeté S/A – Unidade Marituba, ao decorrer da experiência vivida através do estágio supervisionado, procurando entender e acompanhar o desenvolvimento para a produção industrial de açúcar, desde a chegada da matéria-prima até o produto final.

2.2 Objetivos específicos

- Compreender e adquirir conhecimento do processo da fabricação de açúcar;
- Desenvolver atividades práticas dentro dos limites padrão da empresa, sendo observados os setores estudados no Curso Técnico Subsequente em Química.
- Adquirir conhecimentos técnicos e analíticos para a determinação de qualidade da matéria-prima;
- Realizar trabalhos na área de produção de açúcar e manutenção dos equipamentos da empresa dentro dos limites do estagiário.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O estágio foi realizado nos setores de fabricação de açúcar, fabricação de etanol e laboratório industrial. Neste relatório, serão relatadas as atividades desenvolvidas relacionadas à produção de açúcar da Usina Caeté S/A - Unidade Marituba.

3.1 Usina Caeté – Unidade Marituba

Em 1951, deu-se início a história do grupo Carlos Lyra, quando o empresário Carlos Benigno Pereira de Lyra Neto assumiu a Algodoeira Lagense S/A. sede da empresa se localizava no município alagoano de São José da Lage (AL), que atuava no ramo de compra, processamento e comercialização de algodão, milho, mamona e café (GRUPO CARLOS LYRA 2023).

O Grupo Carlos Lyra hoje é composto por três indústrias produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, estando situado nos estados de Alagoas e São Paulo, gerando aproximadamente 8.500 empregos direto para os países (GRUPO CARLOS LYRA 2023).

A Unidade Marituba (Figura 1), que se localiza na cidade de Igreja Nova – Alagoas, foi idealizada e projetada em 1979 pelo Grupo Carlos Lyra, beneficiando 07 municípios. Na década de 90, com a construção da barragem Salvador Lyra, uma das maiores do Nordeste, a Unidade Marituba viabilizou a implantação de modernas técnicas de irrigação, utilizando sistemas lineares, o que se refletiu num ganho de produtividade para a unidade industrial (GRUPO CARLOS LYRA, 2023).

Tem como sua política produzir com qualidade e de modo sustentável açúcar, etanol, eletricidade e outros derivados da cana-de-açúcar dentro das especificações exigidas pelo mercado, satisfazendo o cliente, aprimorando os processos, produtos e colaboradores, buscando a melhoria contínua na eficácia no sistema de gestão de qualidade (GRUPO CARLOS LYRA, 2023).

Figura 1: Usina Caeté S/A – Unidade Marituba

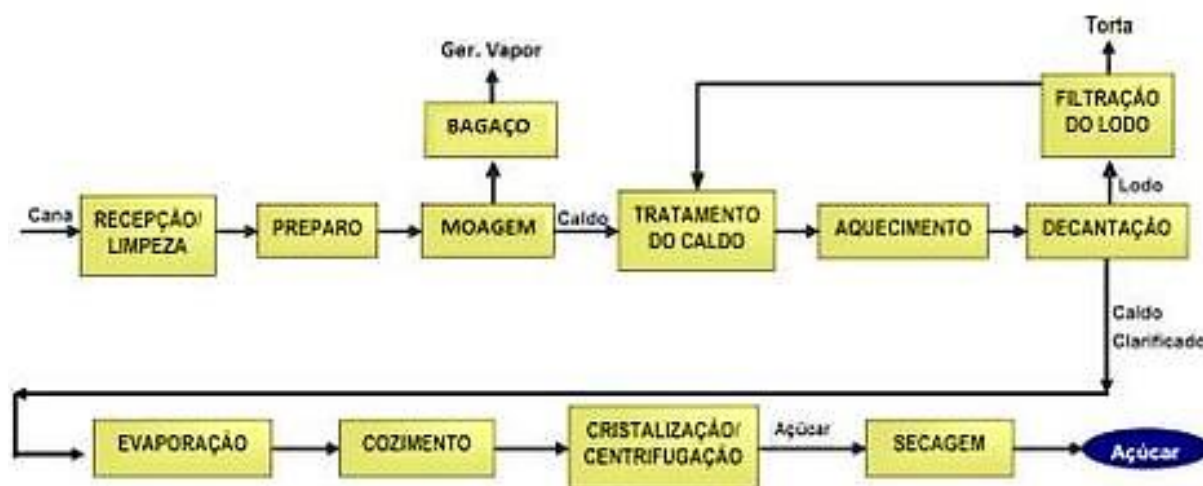


Fonte: autora,2023.

4. PROCESSO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR VHP / USINA CAETÉ S/A – UNIDADE MARITUBA

A colheita, carregamento, transporte, pesagem, pagamento da cana pela qualidade, descarregamento e lavagem são operações determinantes para um bom desempenho industrial, análises laboratorial como cor, polarização, umidade e cinzar auxilia na aprimoração do produto final. Na Figura 2, é apresentado um fluxograma com as etapas do processo de fabricação do açúcar aplicado pela Usina Caeté S/A – Unidade Marituba.

Figura 2: Fluxograma da fabricação de açúcar – Unidade Marituba



Fonte: FERNANDES & ALMEIDA, 2011.

4.1 Recepção da cana-de-açúcar

Na recepção, iniciam-se as etapas que controlam toda cana que entra na usina, sendo a matéria-prima classificada em fornecedor (FF), própria (PP) ou parceria própria (PA). Na etapa de recepção, estão contidas as operações de pesagem, amostragem, descarregamento e lavagem, visando à qualidade da matéria-prima para determinar o valor que será pago ao fornecedor pela cana recepcionada.

4.1.1. Pesagem

A cana-de-açúcar chega à usina através de caminhões, bimeinhões ou treminhões, e estes veículos, ao chegarem, devem ser pesados com o uso de uma balança rodoviária (Figura 3), gerando um boletim para indicação de perfuração para coleta e análise da matéria-prima e identificação do reboque.

Após a pesagem, amostragem e descarregamento, o caminhão retorna e passa novamente sobre a balança rodoviária para mais uma pesagem; nesse momento é possível quantificar a cana que o caminhão descarregou, através da subtração do peso inicial.

Figura 3: Caminhão na balança.



Fonte: autora,2023.

4.1.2. Amostragem da cana-de-açúcar

Após a pesagem, os caminhões são conduzidos para a sonda de amostragem. A Usina Marituba possui dois tipos de sondas de amostragem: a sonda oblíqua e a horizontal. A sonda oblíqua (Figura 4) é a mais utilizada atualmente, e a horizontal é utilizada como reserva, caso haja impossibilidade de uso da sonda oblíqua.

A coleta da amostra, pela sonda oblíqua, inicia-se com a introdução de um cilindro hidráulico, que perfura a zona da matéria-prima por onde ela passa. São feitas duas perfurações automáticas em cada carga de matéria-prima, conforme foi determinado pelo boletim gerado na etapa de pesagem. As amostras coletadas são destinadas para análises na bancada de sacarose no laboratório da usina.

No laboratório de sacarose, as análises têm como objetivo determinar o teor de sacarose contido na cana, açúcares redutores totais e teor de sólidos solúveis, e esses dados são utilizados para calcular o rendimento do processo, lucros e determinar o pagamento de fornecedores.

Figura 4: Sonda oblíqua.



Fonte: autora, 2023.

4.1.3. Laboratório de sacarose

A cana que chega ao laboratório de sacarose é picotada e desfibrada por uma forrageira e betoneira (Figura 5), respectivamente; esse conjunto de equipamentos simulam os picotadores e desfibradores da moenda da usina.

Figura 5: Forrageira e betoneira.



Fonte: autora, 2023.

Desta cana, que é enviada para o laboratório de sacarose, são pesados 500g, em uma balança de precisão. Esta amostra é prensada em uma prensa hidráulica (Figura 6), sob pressão de 250 kgf/cm² durante 1 minuto, simulando o 1º terço da moenda, onde ocorre a extração da maior quantidade de caldo possível.

Figura 6: Prensa hidráulica.



Fonte: autora, 2023.

Após a prensagem, o caldo obtido e o bolo-úmido (material fibroso residual da prensagem). O bolo úmido é pesado obtendo seu peso (PBU), e através de equações matemáticas determinar o percentual de fibra na cana. No caldo obtido, são analisados a quantidade de sólidos solúveis de uma solução (BRIX), utilizando um refratômetro de brix, e a quantidade aproximada de

sacarose contida em uma solução (POL), através de um sacarímetro. É importante salientar que para a análise da POL, o caldo passa por um tratamento de clarificação (Figura 7) com o uso de acetato de chumbo, com o intuito de facilitar a leitura no sacarímetro.

Figura 7: Clarificação do caldo.



Fonte: autora, 2023.

4.1.4. Descarregamento e lavagem

Ao chegar à usina e passar pela estação de pesagem, os caminhões são direcionados para o pátio de descarregamento. Na usina Marituba, há dois tipos de descarregamentos: um para cana colhida manualmente (queimada) e outro para a cana colhida mecanicamente (mecanizada), ambos são realizados com o auxílio do tombador (Figura 8), que possui acionamento elétrico e cabos de aço.

Figura 8: Descarregamento com o auxílio do tombador.



Fonte: autora, 2023.

O descarregamento da cana inteira é realizado sobre a mesa alimentadora, que tem uma inclinação de 15° , que encaminha a cana para a etapa de lavagem (Figura 9), para a retirada de impurezas.

Figura 9: Lavagem de cana na mesa alimentadora.



Fonte: autora, 2023.

Já a cana colhida mecanicamente é descarregada sobre uma esteira metálica (Figura 10), que a direciona para juntar-se com a cana colhida manualmente (já picada, pelo 1º e 2º picadores, e desfibrada).

Figura 10: Esteira transportando a cana colhida mecanicamente.



Fonte: autora, 2023.

4.2 Preparo da cana-de-açúcar

Após a lavagem, a cana segue para a esteira metálica e direciona-se passando pelo rolo nivelador, que tem como função manter o controle das cargas, fazendo um colchão de cana para serem picadas através de facas e desfibradas por martelos. O objetivo básico do preparo da cana é aumentar sua densidade e, conseqüentemente, a capacidade de moagem, bem como realizar o máximo rompimento das células para liberação do caldo nelas contidos e obtendo-se uma maior extração (ANDRADE E CASTRO, 2006).

A cana, ao ser preparada passando na pesagem, análise e lavagem, segue para o início da extração do caldo direcionada para o desfibramento e picotamento.

4.2.1. Picotamento

Esta etapa é realizada apenas para a cana que foi colhida manualmente e tem o objetivo de reduzir as dimensões. São utilizados dois picadores: o primeiro possui 60 navalhas oscilantes; e o segundo, 34 navalhas fixas. Essas navalhas são metálicas e têm peso de 19 kg e a capacidade de cortar a cana formando um colchão compacto, facilitando o desfibramento.

4.2.2. Desfibramento

O colchão de cana é direcionado por uma esteira metálica para o desfibrador, composto de um rotor com 112 martelos oscilantes de 20 kg cada e uma placa desfibradora, deixando a cana em pedaços menores e finos facilitando a extração na moenda.

4.2.3. Separação magnética

A cana desfibrada é direcionada, através de uma esteira de borracha, a passar sob um eletroímã, para a separação magnética. Esta etapa tem como objetivo remover materiais metálicos da cana desfibrada, evitando danos nos equipamentos (Figura 11).

Figura 11: Eletroímã



Fonte: autora, 2023.

4.3 Extração do caldo – moagem

Após a preparação da cana, esta é encaminhada para a etapa de extração do caldo. Esta operação ocorre em um conjunto de ternos de moenda e, para obter melhores resultados, a cana é moída várias vezes. A moagem, na usina Marituba, é composta por 5 ternos de moenda (Figura 12) e cada moenda contém 4 rolos: um rolo menor denominado de “*press roller*” (que ajuda na entrada da cana no terno), um rolo superior (que é responsável pela pressão exercida na cana), um rolo de entrada e um rolo de saída. Cada rolo da moenda possui diâmetro de 30”, comprimento de 54” e rotação de 6 voltas por minuto, esses rolos são suportados por uma estrutura chamada castelo e apoiada sobre os mancais.

Figura 12: Moenda extração do caldo.



Fonte: autora, 2023.

O acionamento dos ternos é feito através de turbina a vapor, que recebe vapor a 30 kgf/cm² de pressão e temperatura de 325 °C oriundo da caldeira. Esse vapor aciona as turbinas dos respectivos ternos, e sai como vapor servido a 1,5 kgf/cm² e é utilizado na fabricação de açúcar e destilaria. Na parte inferior

do terno, é recolhido o caldo, enquanto o bagaço segue para esmagamento nos próximos ternos, utilizando a operação de embebição.

O objetivo da embebição é facilitar a extração do caldo e assim recuperar uma maior quantidade de açúcar. Na Usina Caeté - Unidade Marituba S/A é realizada a embebição do tipo composta, onde se utiliza água condensada do vapor vegetal, com uma temperatura de 60 °C. A água é adicionada no 5° terno, utilizando na embebição do terno anterior e assim sucessivamente até o 2° terno. No primeiro terno, é retirado o caldo mais rico em açúcar (caldo primário); e nos demais é retirado o restante do caldo contido na fibra, através da embebição (caldo misto). A Usina Marituba trabalha com uma moagem aproximadamente de 300 t de cana/h.

Além do caldo, na etapa de moagem, é obtida a fibra da cana ou bagaço, que apresenta umidade de no mínimo 43% (m/v) e máximo 56% (m/v). Esse bagaço é direcionado para as caldeiras, para gerar vapor e produzir energia que alimenta todo o parque industrial da usina.

4.4 Peneiramento

Os caldos, obtidos na etapa de moagem, são transportados por meio de bombeamento para a peneira rotativa (Figura 13). A abertura na malha (0,50mm), ajuda a remover os materiais grosseiros contidos no caldo, e estes materiais retornam para o primeiro terno da moenda. A assepsia da peneira é feita com água quente de duas em duas horas.

Após o peneiramento, o caldo segue para o tratamento, tendo como maior finalidade eliminar a maior parte de impurezas contidas, para não haver interferência na qualidade desejada do açúcar.

As etapas de tratamento do caldo são: sulfitação, caleação, fosfatação, aquecimento, *flasheamento*, aplicação de floculante, decantação, peneiramento, filtração do lodo.

Figura 13: Peneira rotativa.



Fonte: autora, 2023.

4.5 Sulfitação

O tratamento do caldo se inicia na etapa de sulfitação, que tem como consequência a redução de pH, diminuição da viscosidade do caldo, formação de complexos com açúcares redutores, preservação do caldo contra alguns microrganismos, prevenção do amarelamento do açúcar.

Nesta operação, utiliza-se um forno fixo (enxofreiras) (Figura 14) para a combustão do enxofre granulado. Inicia-se a combustão com uma temperatura de 150 a 450°C, deve-se manter a temperatura adequada para evitar o entupimento das tubulações, ao se elevar a temperatura o enxofre ira petrificar na tubulação.

Figura 14: Enxofreiras.



Fonte: autora, 2023.

4.6 Caleação

Na etapa de caleação, ocorre a reação com o sulfito e com o ácido fosfórico (P_2O_5), formando sulfito e fosfato de cálcio, que são insolúveis em pH neutro. Ao adicionar o leite cal (hidróxido de cálcio), as impurezas do caldo formam uma borra, que é separada através da decantação. Conforme os parâmetros laboratoriais, esse caldo atinge a faixa de pH 7,3 a 8,0.

A cal (óxido de cálcio) é adicionada em um tanque de alvenaria (Figura 15) para hidratação e pré-diluição; logo após, é transferido para um classificador helicoidal inclinado, próprio para separação de impurezas grosseiras (areia, calcário, sujidades, etc.) até atingir o leite de cal baumé de 10 a 14 e armazenado em tanques, para posterior uso no processo. A caleação tem como principal objetivo auxiliar na purificação do caldo.

Figura 15: Tanque de preparo da cal.



Fonte: autora, 2023.

4.7 Aquecimento

Ao passar pelo tanque de caldo caleado nas mexedeiras para a correção do pH, caldo é transportado para os aquecedores (Figura 16).

Figura 16: Aquecedores de caldo caleado.



Fonte: autora 2023.

Na Usina Marituba, são usados trocadores de calor do tipo horizontal. Nesses trocadores, o caldo passa na parte interna do tubo e na parte externa

(calandra) passa vapor, que é gerado da sangria das caixas de evaporação. Sua temperatura pode atingir limites de 108°C. Esse processo tem como objetivo acelerar as reações químicas, provocar as coagulações da proteína, diminuir a viscosidade e densidade, provocar a floculação e eliminar/ impedir o desenvolvimento de bactérias.

4.8 Flasheamento

Ao passar pelo aquecimento, o caldo é enviado para o balão *flash* (Figura 17), que tem a finalidade de eliminar bolhas de ar existentes no caldo e diminuir a velocidade do fluxo de entrada de caldo nos decantadores, fatores estes que prejudicam uma boa decantação.

Figura 17: Balão *flash*.



Fonte: autora, 2023.

4.9 Adição de floculante

Após a etapa de *flasheamento*, o caldo, antes do processo de decantação, recebe o polímero, que atua como floculante (Figura 18). Sua função é promover

a aglomeração dos flocos, aumentar a velocidade de sedimentação, a compactação e redução de volume do lodo, a diminuir a turbidez do caldo clarificado, e diminuir a perda de sacarose na torta.

Através de análises realizadas em laboratório, é possível determinar a quantidade de polímero que será dosada no caldo, podendo ser reajustada de acordo com a necessidade observada. O mesmo é aplicado na entrada do decantador e controlado automaticamente através do medidor de vazão do caldo.

Figura 18: Tanque de preparo de floculante (polímero).



Fonte: autora, 2023.

4.10 Decantação

A decantação consiste na remoção de impurezas do caldo. O decantador (Figura 19) possui cinco bandejas cônicas em chapa de aço carbono fixadas nas paredes e uma serpentina na parte superior de cada bandeja. No decantador, existem os braços onde são fixadas as raspas, sendo cada compartimento formado por dois ou quatro braços. As raspas são chapas de aço carbono com borracha em um dos lados, formando um tipo de rodo, e tem por finalidade raspar

as impurezas depositadas no fundo de cada bandeja, conduzindo para o tubo central e posteriormente para o fundo do decantador.

Figura 19: Decantador.



Fonte: autora, 2023.

O lodo sai na parte inferior e segue para a filtração; já o caldo clarificado sai na parte superior, passa pela peneira estática e segue para evaporação.

Nos decantadores, ocorre apenas a separação física entre o caldo e as impurezas, visto que a qualidade do caldo clarificado depende mais dos tratamentos químicos e térmicos efetuados antes do que da própria decantação.

Segundo Andrade & Vecchia (2009), o sucesso do trabalho dos decantadores, além daqueles relativos às operações de preparação do caldo, depende de uma série de fatores, da qual podemos destacar os seguintes:

- Alimentação – deve ser constante e uniforme, evitando-se as altas velocidades;
- Controle da floculação – os flocos devem ser grandes e bem formados, e devem ter alta velocidade de decantação;
- Temperatura de alimentação – após o *flash*, a temperatura do caldo deve estar ao redor de 106 °C. Temperaturas menores podem causar

floculação incompleta, flocos com menor velocidade de decantação, bagacilho e flocos saindo com o caldo clarificado;

- pH do caldo de alimentação – o caldo a decantar deve apresentar um pH de cerca de 7,2, que permite uma boa floculação, sem destruição de açúcar;
- Tempo de residência adequado de 8 horas;
- Extração de gases do caldo antes da entrada no decantador.

O decantador deve ser acompanhado atentamente, a fim de que não apresente bandeja com caldo sujo. A concentração e a retirada do lodo devem ser monitoradas. E, para se ter uma boa decantação, é de fundamental importância acompanhar os seguintes parâmetros: adição de polímero, temperatura, vazão e pH do caldo.

4.11 Peneiramento do caldo clarificado

O caldo, ao sair do decantador, ainda pode conter uma pequena quantidade de bagacilho. Estas impurezas são removidas através da passagem do caldo clarificado por peneiras estáticas inclinada (Figura 20) com tela de malha. Após o peneiramento, o caldo segue para o tanque de estocagem, onde já se tem o nome de caldo decantado.

Figura 20: Peneiras estáticas (DSM).



Fonte: autora, 2023.

4.12 Filtração

As impurezas retiradas do decantador são chamadas de lodo. O lodo, que contém uma quantidade significativa de caldo contendo açúcar, é transportado para o filtro rotativo a vácuo (Figura 21), com a finalidade de recuperar o açúcar e evitar perdas.

O caldo, ao passar pelo filtro rotativo, retorna para o processo de fabricação, continua recebendo o tratamento devido e a torta é utilizada como adubo. O filtro rotativo funciona com uma pressão negativa, o vácuo aspira a água que atravessa a torta, extraindo o caldo e açúcar do lodo; para a lavagem da torta, utiliza-se água com uma temperatura aproximadamente de 85°C. A eficiência da lavagem é mais importante que a quantidade de água utilizada, pois evita perdas de Pol. Quando se tem uma baixa retenção, uma grande quantidade de matéria suspensa é recirculada, sobrecarregando todo o processo de clarificação. Para o aumento da retenção do filtro, devem-se observar cuidadosamente todos os parâmetros estabelecidos, em especial a redução da rotação do tambor do filtro.

Figura 21: Filtro rotativo.



Fonte: autora, 2023.

4.13 Evaporação

O principal objetivo da evaporação é separar a água do açúcar, utilizando como fonte de aquecimento o vapor de água, resultando na concentração do caldo. O caldo que recebeu todo o tratamento e foi estocado no tanque de caldo decantado é encaminhado para os evaporadores (Figura 22), removendo cerca de 75% da água contida para que consiga concentrar o caldo.

Figura 22: Evaporador.



Fonte: autora, 2023.

A Usina Marituba utiliza 6 evaporadores (caixas de evaporação), trabalhando simultaneamente com 5, pois uma das caixas sempre fica parada para limpeza. As caixas de evaporação são constituídas por calandra, corpo, tubos e abafador. Na calandra, é injetado o vapor de aquecimento, no corpo ocorre a ebulição da água contida no caldo. A altura do corpo acima da calandra é 2 vezes a altura dos tubos; nos tubos, ocorre a passagem do caldo e no abafador ocorre a recuperação do caldo arrastado pelo vapor. O funcionamento do processo é simples: o caldo entra na parte inferior da caixa, passando por dentro dos tubos, no sentido de baixo para cima; quando o vapor entra no interior da calandra, aquece a parte externa dos tubos, a água evapora e o caldo concentrado (xarope) desce pelo tubo central. A água condensada é extraída do interior da calandra, não havendo contato com o caldo.

Existem 6 caixas, porém funcionam somente 5, formando o quádruplo efeito. Trabalha-se com uma caixa parada, caso outra pare por incrustação, que

são impurezas que ficam grudadas por dentro dos feixes tubulares e, podendo assim, facilitar ordem de limpeza.

4.14 Cozimento

O xarope, resultante dos evaporadores, passa então para os cozedores, também chamados de vácuos ou tachos de cozimento, vasos muito semelhantes aos evaporadores de simples efeito, ou seja, cada vaso recebe independentemente uma carga de vapor, através de um distribuidor de vapor, levando o xarope até a supersaturação, tomando consistência de mel. Ao começar a se formar os cristais de açúcar, que, após crescerem em tamanho e aumentarem o volume da massa cozida, são descarregados nos cristalizadores, onde se completa a cristalização do açúcar. O principal objetivo do cozimento é produzir a maior porcentagem possível de cristais e produzir um açúcar uniforme com cristais do tamanho desejado.

O xarope ao sair das caixas de evaporação, possui brix entre 15° e 17° e é concentrado no cozimento até atingir entre 60° - 65° brix, formando a massa cozida.

Na Usina Caeté Unidade Marituba S/A, esse processo é realizado em quatro tachos de cozimento (Figura 23), operando em batelada. Como os evaporadores, os cozedores também são construídos em aço carbono, e o feixe tubular em aço inox e/ou aço carbono. Utilizam o vapor vegetal vindo dos evaporadores para o aquecimento, não havendo contato direto com o açúcar. A água utilizada nesta etapa é oriunda do condensado do vapor vegetal e é aplicada na diluição dos méis, magma e limpeza dos cozedores.

Para iniciar o cozimento, gera-se um vázio, retira-se todo ar do cozedor, ou seja, a pressão é reduzida, para evitar caramelização, fazendo o cozimento em temperatura mais baixa. A seguir, abre-se a válvula de corte para receber o pé de semente e coloca-se vapor e inicia-se o cozimento. Quando se dá início a moagem, a cristalização adiciona apenas o xarope bruto; já depois que a moagem tem início, usa-se xarope e mel para a cristalização.

No vácuo 4, ao adicionar 70% de xarope e 30% de semente (açúcar e etanol anidro) para a cristalização, aproximadamente 1h e 30 min ao alcançar uma pureza de 72 a 76, alimenta com mel rico e arreja essa massa.

Após alimentar e atingir o limite do cozedor, a massa é arriada para os cristalizadores, de onde segue para as turbinas contínuas onde se faz a separação dos cristais, chamados de magma, e do mel final. Como já foi dito, é introduzido para a destilaria. Após a formação do magma, é introduzido um pé de magma por sucção em um outro cozedor chamando de massa de 1° ou “A”, assim como a massa de 2° ou “C”.

Semente - Coloca-se 2kg de açúcar e 4L de álcool, mistura bem e deixa em repouso durante 12 horas.

Figura 23: Tacho de cozimento.



Fonte: autora, 2023.

4.15 Cristalizadores

Após o processo de cozimento, as massas são enviadas para os cristalizadores (Figura 24). São equipamentos em formato de “U”, que recebem o açúcar que é arreado dos cozedores a vácuo, providos de um elemento que gira lentamente uma espécie de parafuso, que movimenta a massa e faz, com

que o açúcar dissolvido no mel entre continuamente em contato com os cristais, aumentando o volume, enquanto também se processa o resfriamento.

Figura 24: Cristalizadores.



Fonte: autora, 2023.

4.16 Centrifugação

Ao sair dos cristalizadores, o açúcar passa por um processo de centrifugação. As centrífugas, têm como objetivo separar os cristais de açúcar dos méis ricos e pobres, fazendo a separação de sólidos e líquidos.

As centrifugas podem ser classificadas como descontínua ou batelada (Figura 25) e contínua (Figura 26). Quando a massa é turbinada, separa o açúcar que segue no processo, o mel rico obtido durante a segunda lavagem do açúcar e o mel pobre, obtido na primeira lavagem do açúcar na centrifugação, que serão destinados aos seus tanques e utilizados no novo processo de cozimento.

Em batelada: é normalmente utilizada na produção de açúcar cristal, demerara e VHP. Nesse processo, ocorre primeiramente a remoção do mel em excesso, depois a expulsão adicional do mel e, por último, a redução do mel ao redor dos cristais.

Contínuas: É geralmente utilizada para açúcares intermediários que são refundidos. Possui a desvantagem de quebrar os cristais de açúcar, produzindo poeiras que passam com o melaço através da tela.

Nas centrífugas, encontra-se um cesto rodeado de telas com furos em mm, por onde o mel passa e os cristais ficam retidos no cesto. Depois de fazer o ciclo, descarrega em um gafanhoto transportador de açúcar, que fica abaixo das turbinas.

Figura 25: Centrífuga em batelada e descontínua.



Fonte: autora, 2023.

Figura 26: Centrífuga contínua.



Fonte: autora, 2023.

4.17 Transporte

Após a centrifugação, o açúcar cai em uma espécie de esteira (gafanhoto), onde é feito o seu impulsionamento, direcionando-o ao elevador (figura 27). Através do elevador, o açúcar VHP é enviado para a refinaria, onde será feita a diluição para dar início ao açúcar refinado-cristal. Através dessa diluição o açúcar produzido é passado por análises, secagem e mantido armazenado no armazém.

Figura 27: Gafanhoto e elevador.



Fonte: autora, 2023.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o estágio desenvolvido na Usina Marituba proporcionou conhecimento sobre os processos de fabricação de açúcar, que é o ponto principal desse relatório, colocando em prática coisas vistas em teorias no Curso Técnico Subsequente em Química como coletas no processo de toda produção, análises laboratorial e todo acesso possível nas produções. A realização e observação das práticas foi importante para adquirir conhecimentos na parte industrial, laboratorial, com coletas e análises e acompanhamento em todas as etapas de produção, e para a formação profissional na vida acadêmica.

Durante o estágio, foi possível ter uma visão geral da agroindústria, podendo exercitar e aprender, tendo a oportunidade de visualizar diferentes operações unitárias e seus processos físicos, químicos e biológicos.

REFERÊNCIAS.

ALBUQUERQUE, F. M. **Processo de Fabricação do Açúcar**. 3a ed. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2011.

ANDRADE, A. R. P. De; VECCHIA, T. M. D. **Curso de especialização em gestão e tecnologia industrial no setor sucroalcooleiro: Tratamento de Caldo**. Reunion, 2009.

BEZERRA, Juliana. Ciclo da Cana-de-Açúcar. **Toda Matéria**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/ciclo-da-cana-de-acucar/>. Acesso em: 11 jul. 2023

BRASIL. **Histórico do Grupo**. Disponível em:

< <http://www.carloslyra.com.br/conteudo/?id=M2082002104432&idioma=PT> >

BRASIL. **Histórico do Agrobyte**. Disponível em:

<<http://www.agrobyte.com.br/cana.htm> >..... Disponível em: <<http://www.usinacaete.com/segmento/acucar-e-bioenergia>>.

BRASIL. **Historico de Usinas de Pernambuco**. Disponível em:

<https://usinasdepernambuco.blogspot.com>

Disponível: <https://www.usinacaete.com/2023/05/caete-e-marituba-esmagam-mais-de-36-toneladas/>

DOHERTY, W. O. S.; RACKEMANN, D. W. Stability of sugarcane juice – a preliminary assessment of the colorimetric method used for phosphate analysis. *Zuckerindustrie*, v. 133, n. 1, p. 24-30, 2008.

Embrapa, **Processamento da cana-de-açúcar**. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar>. Acesso em 12 de jun. 2023.

FERNANDES, K. G.; ALMEIDA, Z. Z. S. **Processo de Fabricação do Açúcar Cristal**. Trabalho da disciplina de Processos Químicos Industriais, Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, 2011.

MACEDO, M.A. **Potencial do mercado doméstico para o açúcar VHP**. Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão do Setor Sucroenergético – MTA. 2015. Disponível em:
<https://www.mta.ufscar.br/arquivos/publicacoes/catanduva-iv/tcc-mtamayraalexandra-macedo.pdf>

Udop. **Brasil, a doce terra**. Disponível em:
<https://www.udop.com.br/noticia/2006/08/10/brasil-a-doce-terra.html>. Acesso em 11 de jun. de 2023.