Sistemas e operações do processo de produção de açúcar VHP

VHP SUGAR PRODUCTION PROCESS SYSTEMS AND OPERATIONS

Higor Mendes de Luna¹

Fernando Gabriel Eguía Pereira

Soares²

RESUMO

O presente trabalho aborda os sistemas e operações do processo de produção de açúcar e que tem como objetivo explicar, detalhadamente, todos os sistemas, equipamentos, e como, e de que forma, é produzido o açúcar VHP. As siglas VHP significam - Very High Polarization, um açúcar menos úmido, “ainda bruto”.

Na elaboração desse projeto, foram explicadas diversas formas de operações e de trabalhos relacionados ao processamento do açúcar VHP, desde a entrada da cana na indústria até o produto final, que é o açúcar VHP.

Palavras-Chave: Produção de açúcar VHP, Açúcar VHP

ABSTRACT

The present work addresses the systems and operations of the sugar production process and aims to explain in detail all the systems, equipment and how and how VHP (Very High Polarization) sugar is produced, which is still a “raw” sugar and less humid. In the preparation of this project, various forms of operations and work were explained on how VHP sugar is produced, from the entry of sugarcane into the industry to the final product, which is VHP sugar.

Keywords: VHP Sugar Production, VHP sugar

-
1. Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba
 2. Engenheiro, mestre e professor no curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba e orientador do presente trabalho de conclusão de curso

Introdução

Devido ao aumento de serviço e o destaque que está tendo o agronegócio, a cada dia que passa, como no caso das usinas sucroenergéticas, serão explicadas neste trabalho, com o máximo de detalhe possível, as maneiras de execução e equipamentos utilizados para ter um bom rendimento e qualidade do produto final nos processos do tratamento do caldo e fábrica de açúcar VHP.

Nas operações, os elementos fundamentais são os parâmetros que devem ser seguidos, rigorosamente, para que não tenha nenhum problema no produto final, além de evitar perdas e desperdícios de insumos ou de produtos utilizados nos processos que possam gerar retrabalho, gastos excessivos e até mesmo uma grande diminuição na produção do açúcar.

O presente trabalho aborda sobre como é um processo de produção de açúcar VHP, de uma forma correta e eficaz. Será explicado sobre cada setor e sua importância no processo, porém, será explorado mais o setor do tratamento do caldo e cozimento. Todos setores são operados tanto em campo quanto em supervisórios, que ficam numa sala chamada de COI (Centro de Operações Industriais). Os tópicos do trabalho serão divididos em setores e sequências de sistema dos processos.

A sequência será a seguinte: caldeiras (geração de vapor e energia), moendas (extração), tratamento do caldo e fábrica de açúcar (cozimento).

Caldeiras

O primeiro setor a ser iniciado é composto pelas caldeiras, que geram vapor (vapor “direto”, como é chamado) para alimentar o gerador de energia e as turbinas dos ternos das moendas. No processo, utiliza-se três caldeiras, que são alimentadas com bagacilhos, sendo duas de baixa pressão, de 21kgf/cm² e uma de alta pressão, de 63kgf/cm². É importante saber que, dependendo do processo, consegue-se manter apenas as duas caldeiras de baixa pressão ou apenas a de alta pressão. A caldeira se inicia da seguinte forma, com o bagacilho estocado da safra anterior ou comprado por outras empresas, que é utilizado para alimentação da mesma. O excesso desse bagacilho retorna por meio de uma esteira de borracha e é lançado no monte de bagaço. Esse bagaço estocado no monte pode ser utilizado para iniciar as caldeiras e também manter as caldeiras em funcionamento, mesmo com as moendas paradas. Após uma temperatura alta, na fornalha, é gerado o vapor “direto”, que é distribuído por tubulações para os equipamentos que dependem disso para funcionar.

Como necessita da caldeira para iniciar o gerador de energia, então, na partida das caldeiras, os equipamentos elétricos, como motores de bombas, por exemplo, são alimentados com a energia da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) da cidade, até que se consiga estabilizar a pressão do vapor e iniciar o gerador de energia. Com a pressão do vapor “direto” estável, é iniciado o gerador de energia que, quando estabilizado, automaticamente, na subestação de energia elétrica da empresa, é desligado as redes da CPFL. Esse gerador, além de gerar energia o suficiente para própria planta industrial, consegue-se ainda vender a energia excedida pelo mesmo.

Moendas

Com as caldeiras e gerador em linha, gerando vapor e energia, já é possível iniciar o setor da moenda (extração). São disponibilizadas duas moendas para o processo, uma com capacidade máxima de moagem de 8.000Ton/dia, e outra de 12.000Ton/dia. Ou seja, com as duas moendas em operação, sem nenhum problema de parada, e trabalhando no máximo, tem-se uma moagem de 20.000Ton/dia.

Cada uma das moendas contém seis ternos, e cada terno é composto por quatro rolos, sendo dois rolos superiores e dois rolos inferiores para extração da cana-de-açúcar, além de um pente para retirar o bagaço, que fica entre os dentes dos rolos na extração, e um castelo que possui uma esteira transportadora por taliscas, que transporta as canas moídas de um terno anterior para o terno seguinte. No último terno, onde já foi feita toda a extração da cana-de-açúcar, ficam só os bagacilhos, que são transportados para uma esteira de borracha, seguindo para a alimentação das caldeiras.

Os rolos dos ternos são acoplados em engrenagens ligadas nas turbinas. Na moenda de menor capacidade, cada turbina roda dois conjuntos de ternos; já na outra, é uma turbina para cada terno. Ou seja, na moenda de menor capacidade há apenas três turbinas, enquanto a outra tem seis. As turbinas se iniciam com a pressão do vapor “direto” gerado da caldeira, com uma pressão de 21Kgf/cm². Se essa pressão de vapor cair para menos de 19 Kgf/cm² pode ter problema nas rotações das turbinas ou até mesmo o desarme geral da mesma. O vapor excedente é utilizado em equipamentos do tratamento do caldo que será abordado adiante. Esse vapor, chamado de vapor “escape”, tem uma pressão de 1,5 Kgf/cm² à 1,7 Kgf/cm².

O início da moenda é da seguinte forma: já com as carretas dos caminhões carregadas de cana-de-açúcar, na planta industrial, começam a ser alimentadas as moendas, através de hilos, esteiras de borracha, e mesa de 45° transportadora. Para que

seja dividida a quantidade de cana correta para as duas moendas, existe um carrinho móvel que faz essa separação de cana para as duas moendas, para que não falte carga para nenhuma delas. Além desse carrinho, a moenda de menor capacidade pode ser alimentada também por uma mesa 45° transportadora, então, em conjunto com o carrinho móvel, se acaso faltar carga para alimentação dessa moenda, a mesa automaticamente irá rodar para suprir essa alimentação de carga que está em falta.

Antes das canas chegarem aos ternos, passam por um processo de preparação para moagem, que consiste no picador e desfibrador, onde ocorre o rompimento das estruturas da cana-de-açúcar, desagregando os tecidos fibrosos; rompimento das células que armazenam o caldo; obtenção da granulometria adequada para os tecidos fibrosos; aumento da densidade da cana e homogeneização da matéria. Tudo isso tem por objetivo uma melhor extração nos ternos.

No primeiro terno, é feita apenas a extração da cana-de-açúcar sem adição de água condensada de embebição; já nos outros ternos, é adicionada essa embebição de água condensada para ajudar na extração. Portanto, o caldo extraído do primeiro terno é mais rico em sacarose, chamado de caldo primário. Já dos outros ternos, é chamado de caldo secundário. Todo esse caldo é passado por uma peneira giratória para retirar os bagacilhos e impurezas contidas na moagem, depois bombeado para o setor do tratamento.

Tratamento do caldo

Princípios gerais:

- ✓ Remoção do máximo de impurezas solúveis e insolúveis em suspensão;
- ✓ Clarificação do caldo através de coagulação, floculação e decantação para redução da cor do açúcar;
- ✓ Evitar perdas por inversão e degradação;
- ✓ Controle de contaminação.

O caldo extraído e bombeado pelas moendas vai para um tanque deitado, chamado de tanque de caldo misto. Esse tanque é dividido em duas partes não iguais, sendo a menor parte com o caldo misto do álcool, que vai para a destilaria, e a parte maior com o caldo misto do açúcar, que vai para a fábrica de açúcar. Para controle de nível nesses tanques, são utilizados transmissores de níveis um em cada canto inferior de cada tanque. Existem várias manobras que são feitas nesse tanque, e o que vai definir a forma de trabalho é o processo. Por exemplo, se a produção de álcool for mais lucrativa, então, se mantem mais quantidade de caldo para o misto do álcool e menos para o misto do

açúcar, e vice-versa. Porém, normalmente, o caldo primário vai todo para o misto do açúcar, independente da produção, pois é um caldo mais rico em sacarose e não muito utilizado na produção de etanol. Portanto, o que vai mudar é a quantidade de caldo secundário nos tanques, que necessita de um controle, através de uma válvula automática. Conforme a vazão estabelecida, ela age de forma que mantenha essa vazão para o processo da produção de açúcar, e o restante, para o processo da destilaria. Além dessa válvula automática de controle, há também válvulas manuais para outras eventuais manobras, como desviar caldo primário para o misto do álcool. É importante frisar que, se a matéria-prima para produção de açúcar estiver com uma quantidade de ácido fosfórico insuficiente, fazendo com que tenha formação de flósculos, deve-se adicionar clarificante de P_2O_5 para complementar e não deixar o açúcar escuro no processo final.

O caldo do misto do açúcar pode ser bombeado por até três bombas, que são controladas, individualmente, por inversores de frequência e atuam em conjunto com o controle de nível do tanque. Cada uma dessas bombas possui uma capacidade de $400\text{ m}^3/\text{h}$ de vazão, e a quantidade de bombas a ser utilizada vai depender da vazão estipulada pelo supervisor. Para o processo da destilaria, trabalha com uma vazão de $100\text{ m}^3/\text{h}$ até $250\text{ m}^3/\text{h}$, sendo que o restante é utilizado todo para o processo do açúcar. O caldo do misto do álcool é bombeado por até duas bombas, também com inversores de frequência individuais, e que também atuam em conjunto com o controle de nível do tanque.

No processo para produção de açúcar, o caldo que é bombeado do tanque de caldo misto é passado por até dois trocadores de calor, de placas com fluxo cruzado, antes de ir para o processo de aquecimento. Isso porque a vazão para o processo do açúcar é bem maior do que para o processo do álcool e, para que o caldo já vá pré-aquecido com economia de vapor utilizado nos aquecedores. Esses trocadores de calor possuem um sistema de back flush, que é feito automático de 3 em 3 horas - isso para que evite uma incrustação precoce nas placas. A cada uma semana, também é preparada uma soda caustica líquida e feita uma recirculação nesses trocadores para que seja feita uma limpeza das incrustações das placas. O trocador trabalha da seguinte forma: em um dos lados, o fluido que passa é água condensada gerada por alguns equipamentos que consomem vapor e, na outra parte, passa o caldo bombeado do tanque de caldo misto do açúcar. Portanto, o caldo que é mais frio troca calor com a água condensada, fazendo, assim, um pré-aquecimento no caldo. Essa água condensada mais fria vai para um tanque de embebição, que distribui água para embebição das moendas, entre outros processos; e o caldo que sai

com uma temperatura de aproximadamente 80°C; vai para um processo de calagem simples; onde é utilizado leite de cal para ajustar o pH desse caldo. O pH (Potencial Hidrogeniônico) é uma escala numérica adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa, devendo se manter entre 6,9 a 7,4 para a produção de açúcar VHP. O leite de cal, também conhecido como cal hidratada, é uma suspensão de hidróxido de cálcio em água que pode conter até 40% de sólidos em suspensão. É produzido através de um processo que chamamos de queima de cal. O sistema da queima de cal é automático, composto por uma tramonha onde é despejada a cal virgem, armazenado em bags. Na parte debaixo dessa tramonha, há uma rosca sem fim que transporta essa cal virgem para um hidratador automático, onde é injetada água para fazer a queima da cal. Dessa mistura, surge o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) - um leite de cal, que deve se manter a uma concentração de 15 a 22° Baumé. Esse leite de cal deve ter um tempo de retenção de, pelo menos, 2 horas no mínimo e, no máximo, 12 horas. Então, da saída do hidratador é bombeado para um tanque pulmão de cal que, por ser um tanque grande, consegue ter esse tempo de retenção. Do tanque pulmão é bombeado para um outro tanque menor, seguindo para o processo de calagem para que seja ajustado o pH do caldo. O caldo extraído da cana tem um pH numa faixa de 5 a 6, então, é adicionado esse leite de cal para chegar até um valor de 7,2 a 7,5. Essa dosagem é feita em duas etapas, pois é muito importante manter esse valor de pH constante. Se esse pH ficar abaixo de 6,9, acelera a inversão da sacarose em açúcares redutores, contribuindo para uma maior degradação de açúcares no processo de evaporação e cozimento, fazendo com que reduza a eficiência da fábrica. E, se ficar acima de 7,5, acelera a formação de compostos coloridos no caldo, precipitação de sais em excesso, aumento de incrustações nos feixes tubulares dos equipamentos de aquecimento e evaporação, ocorrendo a degradação dos açúcares redutores. Então, é feita uma dosagem de ajuste grosso e outra dosagem de ajuste fino, sendo que o bombeamento do leite de cal para ajuste grosso é feito na tubulação junto ao caldo que está saindo do trocador de calor, bombeado pelo tanque de caldo misto. Quando esse caldo vai para o primeiro tanque de dosagem, que possui uma sonda com um eletrodo que faz a leitura do pH, e um ponto de coleta para que sejam feitas análises do caldo para saber se está coerente o valor que o eletrodo está marcando, quando esse tanque enche na parte de cima, tem-se uma tubulação ligada a um outro tanque ao lado, onde é feito o ajuste fino. Esse segundo tanque também possui uma sonda com eletrodo e um ponto de coleta para comparar os resultados indicados pelo eletrodo. Esses eletrodos devem fazer

uma limpeza de 4 em 4 horas para que se tenha uma maior precisão. Essa dosagem é feita através de bombas com inversores de frequência, que agem conforme o valor estabelecido no supervisório, ou seja, se o pH estiver baixo, a rotação dessas bombas irá aumentar para que se dose mais leite de cal e vice-versa. Para o processo do álcool, não é necessária essa correção de pH, já que, na destilaria, é utilizado um caldo mais ácido.

Aquecimento do caldo

- ✓ Objetivo através de temperatura:
- ✓ Destruir bactérias: $>65^{\circ}\text{C}$
- ✓ Degradar amido: $>75^{\circ}\text{C}$
- ✓ Destruir proteínas: $65^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$
- ✓ Reações químicas: $75^{\circ}\text{C} - 95^{\circ}\text{C}$
- ✓ Remover ar do caldo: $104 - 110^{\circ}\text{C}$

Como o processo de produção de álcool não tem a necessidade de um pré-aquecimento, o caldo do tanque de caldo misto é bombeado diretamente para os aquecedores. Já o caldo para produção de açúcar, como dito anteriormente, passa por trocadores de calor para uma pré-aquecida. Após passar por um processo de calagem, segue para o aquecimento. Para cada um dos processos, açúcar e álcool, são seis aquecedores disponíveis e essa quantidade é ajustada conforme a temperatura, que se deve manter entre 104°C a 110°C . Esses aquecedores são do tipo casco e tubo vertical, com uma capacidade de 300 m³/h de caldo, cada. O fluido que passa pelo corpo é o caldo e, do feixe tubo, vapor “V1” gerado por um dos equipamentos de evaporação, que será abordado adiante. O condensado gerado por esse equipamento é enviado para um tanque de embebição, e é reutilizado para embebição das moendas dos ternos, nos processos dos trocadores de calor e nos processos de filtração de lodo, que será explicado posteriormente.

Principais cuidados operacionais:

- ✓ Sempre conferir se o equipamento está resfriado e vazio antes de abrir as tampas;
- ✓ Garantir a extração dos gases incondensáveis;
- ✓ Certificar eficiência da limpeza dos feixes tubulares antes de reiniciar o equipamento;
- ✓ Fazer teste hidrostático de calandra após limpeza;
- ✓ Checar variação de temperatura entre entrada e saída do equipamento;

- ✓ Checar contaminação de condensado por equipamento.

Decantação

No processo, utiliza-se três decantadores, dois deles do tipo convencional multi-bandeja, e um do tipo rápido. Antes da entrada do caldo nesses decantadores, ele passa por um balão de flash, onde é feita a retirada dos gases incondensáveis e remoção de bolhas de ar presentes no caldo. Em seguida, caminha por um pequeno tanque para que seja feita uma dosagem de polímero nesse caldo, a fim de que as impurezas contidas no caldo não se misturem e ajudem na decantação dessas impurezas, fazendo com que ganhe densidade para ir para o fundo do decantador. Todos os três decantadores têm um mexedor na parte interna com braços e raspas para rápida condução do lodo para o decantador. Os decantadores convencionais, de multi-bandeja, têm um coletor em cada uma de suas bandejas, onde é feita a retirada desse caldo clarificado. Desse coletor, vai para uma caixa de transbordo e, por gravidade, vai para o peneiramento, onde as impurezas, chamadas de lodo, são bombeadas para o fundo do decantador e passam por uma caixa de prova de lodo até caírem na caixa de lodo. Já no decantador do tipo rápido, a diferença é que não é dividido por bandejas, mas o processo é o mesmo do decantador convencional. No teto desses decantadores tem também tubulações instaladas em pontos específicos para a retirada dos gases incondensáveis.

Parâmetros de monitoramento do processo:

- ✓ pH caldo clarificado açúcar (Decantadores multi-bandeja) – 6,4 a 6,8;
- ✓ pH caldo clarificado açúcar (Decantador rápido) – 6,6 a 7,0;
- ✓ pH caldo clarificado álcool (Decantador multi-bandeja) – 5,5 a 6,5;
- ✓ pH caldo clarificado álcool (Decantador rápido) – 5,5 a 6,5;
- ✓ Concentração de lodo – 35% a 50%;
- ✓ Temperatura do caldo na saída do decantador – 95°C a 99°C;
- ✓ Rotação das raspas de 8 rph a 10 rph.

Considerações operacionais:

- ✓ Raspas com ângulo entre 30° a 45° para rápida condução do lodo ao fundo e redução no toque exigido;
- ✓ Serpentinhas niveladas e com saídas equidistantes;
- ✓ Velocidade do caldo na entrada do decantador inferior a 0,4 m/s;

- Se elevada gera turbulência e danifica os flocos;
- Balão de flash bem posicionado com a instalação da câmara amortecedora

minimizam o problema;

- ✓ Nível do lodo;
- ✓ Vazão uniforme de caldo;
- ✓ Remoção de gases incondensáveis;
- ✓ Quantidade de fosfato no caldo;
- ✓ Dosagem de polímero;
- ✓ Qualidade da cana.

Tempo de retenção recomendado:

- ✓ Decantador tipo convencional: 2 a 3 horas;
- ✓ Decantador rápido: 40 a 60 minutos (conforme o projeto).

Peneiramento do caldo

O caldo que sai do decantador passa pelas peneiras para ter a certeza de que o caldo clarificado fique sem impurezas. Para o processo do açúcar, são utilizados dois tipos de peneiras: as peneiras estáticas e a peneira rotativa. São quatro peneiras estáticas, com capacidade de 250m³/h, e duas peneiras rotativas, com capacidade de 350 m³/h. No final das peneiras estáticas, tem uma canaleta que, se acaso tiver um caldo muito sujo, há uma tubulação que retorna esse caldo para o início do processo, no tanque de caldo misto. Já nas peneiras rotativas, o acúmulo de bagacilhos que ficam no caldo, cai em uma tubulação e retorna para caixa de lodo.

Considerações operacionais para peneiras estáticas:

- ✓ Limpar a tela das peneiras estáticas, no mínimo, 4 vezes ao turno;
- ✓ Sempre revisar se não tem furos, rasgos ou se a tela está fixada corretamente nas laterais da peneira, para evitar passagem de impurezas e bagacilhos;
- ✓ Trocar as peneiras sempre que não estiverem sendo suficiente para filtrar o caldo para não retornar o caldo, praticamente limpo, ao início do processo, novamente.

Considerações operacionais de peneiras rotativas:

- ✓ Sempre analisar se não está tendo passagem de impurezas ou bagacilhos, e acumulando na contra tela do filtro rotativo, fazendo com que venha transbordar caldo;
- ✓ Fazer ciclo de limpeza com soda, pelo menos, 1 vez ao turno;
- ✓ Verificar se não estão obstruídos os bicos de limpeza da tela rotativa.

Filtração de lodo

A filtração dá-se na própria camada de lodo, em que as telas dos filtros são somente os suportes para a formação das camadas. No processo, utiliza-se três filtros prensa, sendo dois deles com capacidade de 40m³/h de lodo, e um menor com capacidade de 20m³/h.

O lodo, antes de ir para os filtros prensa, passa por mescladores, onde é dosado um polímero para ajudar na separação de sólidos e açúcares contidos nesse lodo. Em seguida, é distribuído pela tela do filtro prensa que é tracionado por um motor com inversor de frequência para que seja ajustada a rotação dessa tela, conforme a vazão de lodo. Enquanto a tela transporta o lodo, existem seis flautas com bicos de pressão instaladas na parte de cima, em paralelo com o sentido de rotação da tela, com a pressão de água quente. Essa água é bombeada do tanque de embebição dos filtros e, desse lodo, retira-se o açúcar que está contido no lodo; e as calhas de vácuo, que são instaladas no início e no final do filtro prensa, fazem a filtragem dessa água doce e mandam para um tanque de caldo filtrado que, por sua vez, retorna essa água doce para o início do processo no tanque de caldo misto. Esse lodo, já sem quase nada de açúcares, é chamado de torta e vai para uma moega que despeja essa torta em um caminhão para que seja reutilizada como adubo nos canaviais. Além disso, é realizada uma análise de POL dessa torta para saber se ainda restaram açúcares. Após o final desse processo, a tela passa por um sistema de limpeza, também com flautas e bicos, com pressão de água quente para que retorne novamente ao processo.

Cuidados operacionais de flautas, bicos e calhas de vácuo:

- ✓ Manter os bicos sempre limpos;
- ✓ Bicos de limpeza com pressão e desentupidos;
- ✓ Cuidar para que os bicos de limpeza não joguem água para fora;
- ✓ Limpeza deficiente dos bicos causa redução de área filtrante;
- ✓ Entrada de polímero bem conduzida nos mescladores;
- ✓ Entrada de lodo, de forma a ter boa distribuição;
- ✓ Flautas paralelas e bem alinhadas;
- ✓ Vedação da borda lateral com a tela em perfeitas condições;
- ✓ Rolo nivelador de lodo livre e, se tiver motor, funcionando;
- ✓ Ajustar, semanalmente, as calhas de vácuo em relação às telas, verificar encaixes e vedação lateral;

Cuidados operacionais do filtro prensa:

- ✓ Concentração de sólidos no lodo: Máximo 35% (se necessário diluir);
- ✓ Temperatura do lodo: $> 80^{\circ}$;
- ✓ Taxa da água de embebição da torta: $> 200\%$;
- ✓ Temperatura da água de embebição e limpeza de tela: 80° C;
- ✓ Espessura da torta: 7 a 10 (mm);
- ✓ Umidade da torta: $< 75\%$;
- ✓ Polímero entre 20 e 30 ppm (vazão de lodo);
- ✓ Pressão da água nos bicos de embebição da torta: $1,5 \text{ Kgf/cm}^2$;
- ✓ Pressão da água nos bicos de limpeza de tela: 10 Kgf/cm^2 ;
- ✓ Temperatura da água de limpeza de tela: $> 60^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Pressão de vácuo: ≈ 3 a 5 in Hg.

Evaporação

Objetivo:

- ✓ Remover a água do caldo clarificado até uma concentração desejada, minimizando a perda de açúcares.

No processo de evaporação, trabalhos com três tipos de modelos de evaporadores, sendo eles, “Multi Reboiler”, “Falling Film” e Evaporação tipo “Robert”.

Pré-evaporadores modelos “multi reboiler”:

Nesse equipamento, é feita a primeira etapa da pré-evaporação, em que o caldo entra pela parte de baixo, na caixa de expansão, e é distribuído pelos “multi reboiler”. E na parte de cima dos “multi reboiler”, volta para a caixa de expansão terminando o circuito do processo. Nesses “multi reboiler”, é utilizado o vapor que é excedido das turbinas das moendas, porém, antes da alimentação desse vapor na calandra dos “multi reboiler”, ocorre um processo de dessuper e esse vapor se torna vapor saturado, pois é injetada uma quantidade de água para que seja diminuído a temperatura desse vapor, que deve-se manter, no máximo, 130°C com uma pressão de $1,5 \text{ Kgf/cm}^2$ a $1,7 \text{ Kgf/cm}^2$. Com a temperatura gerada desse caldo nos “multi reboiler”, quando ele retorna para caixa de expansão, o excesso desse vapor se torna um vapor vegetal “V1”, que é utilizado nos aquecedores “falling film”, evaporação tipo “Robert” e nos cozedores da fábrica de açúcar. Esse equipamento gera um condensado que é utilizado nas caldeiras, para resfriamento das fornalhas. Ele também utiliza controle de nível e fluxo por transbordo,

sendo que o valor do controle de nível, a vazão de entrada e o nível de caldo desses pré- evaporadores são controlados pelo supervisor.

Pré- evaporadores modelos “Falling Film”:

Esse caldo que sai dos “multi reboiler” vai para um tanque de caldo pré- evaporado e bombeado para os “falling film” para a segunda etapa de pré- evaporação.

Nesse equipamento, é utilizado o vapor “V1”, que é gerado pelos “multi reboiler”, e com o trabalho de evaporação ele também gera o vapor vegetal “V2”, que pode ser utilizado em alguns aquecedores e cozedores que tenham a opção de trabalho com os vapores vegetais “V1” e “V2”. O condensado gerado desse equipamento, assim como os aquecedores, vai para o tanque de embebição das moendas. Esse equipamento, assim como o “multi reboiler,” também utiliza controle de nível e fluxo por transbordo. O caldo retirado desse equipamento é bombeado por até duas bombas com inversores de frequência que agem de acordo com o nível do mesmo. A vazão de entrada e o nível de caldos nesses aparelhos também são controlados pelo supervisor.

Evaporadores tipo “Robert”:

Como dito anteriormente, o caldo bombeado dos pré- evaporadores “falling film” vem para os evaporadores do tipo “Robert”, que é a terceira e última etapa do processo de evaporação. Nesse equipamento, trabalhamos com o princípio de Rillieux, que é um método de múltiplos efeitos. O múltiplo efeito trabalha com pressões decrescentes do primeiro para o último efeito. Para que se consiga essas pressões decrescentes e negativas nos últimos evaporadores, é necessário um sistema de multijato; assim, não são utilizadas bombas para retirada de caldo de um evaporador para o outro. Para esse sistema de multijato, utiliza-se água de uma torre de resfriamento para que mantenha a água sempre numa temperatura ambiente. Nesse método, trabalhando com quádruplo efeito, com 1Kg de vapor são evaporados 4Kg de água, e se trabalha com quántuplo efeito, sendo que, com 1Kg de vapor são evaporados 5 Kg de água. Esses equipamentos também têm controle de nível e fluxo por transbordo e são controlados pelo supervisor. Desses equipamentos já sai produzido o xarope, que é caldo é bombeado desses equipamentos, para um tanque pulmão e depois utilizado no processo de cozimento.

Incrustações do lado interno dos tubos:

Causa:

- ✓ Decantação ineficiente;
- ✓ Precipitação de sais minerais e não açúcares;

✓ Deficiência de fornecimento e circulação de caldo nos tubos (queima de açúcar).

Consequências:

- ✓ Redução do coeficiente de troca térmica;
- ✓ Diminuição da capacidade de evaporação;
- ✓ Redução do °Brix do xarope;
- ✓ Pressão elevada (menor vácuo) em algumas calandras.

Remoção de incrustações:

✓ Tratamento de caldo eficiente diminui os teores de matéria orgânica e de sais;

✓ Operação em regime uniforme: alimentação de caldo e retirada de xarope constantes;

✓ Circulação adequada de caldo, mantendo o nível ótimo (1/3 da calandra): regiões mais incrustadas indicam deficiência de circulação;

✓ Aprimoramento da limpeza:

- Periodicidade;
- Conferência via calibre;
- Tipo de limpeza adequada.

Incrustações do lado externo dos tubos:

✓ Com óleo, através de vapor contaminado, no pré-aquecimento, sendo hoje uma ocorrência mais rara;

✓ Com lipídios e materiais gordurosos oriundos do caldo, nas caixas que recebem vapor vegetal;

✓ Com óxidos de ferro ou cobre, formados por ataque do vapor às superfícies de troca térmica (vapor vegetal com pH baixo);

✓ Com sais de cálcio, magnésio e sílica trazidos pela água de alimentação de caldeias ou arrastos do próprio caldo. Este depósito interfere na eficiência de transmissão de calor, devendo ser praticada, na entressafra, uma operação de limpeza das calandras.

Esta operação poderia ser efetuada por:

- Circulação de soda cáustica concentrada;
- Detergentes especiais.

Tipo de remoção de incrustações:

- ✓ Mecânica – Hidrojateamento;

- ✓ Mecânica – Rosetas (Raspadores);
- ✓ Química – Banho em ebulição;
- ✓ Química – Spray a quente;
- ✓ Conjugação Mecânica e Química.

Deve ser estudado qual desses processos é melhor, e isso vai depender de quantos equipamentos têm no processo e como é a forma de trabalho. Aqui, nesse processo, utilizou-se o hidrojateamento, já que há equipamentos suficientes para fazer o rodízio de limpeza.

Parâmetros de monitoramento do processo:

Xarope:

- ✓ pH – mínimo 6,0;
- ✓ °Brix – 60 a 68 (Recomendado 65);
- ✓ Queda de pureza – máximo 1,5 p.p. em relação ao caldo clarificado.

Vapor / condensado:

- ✓ Pressão “Escape” – 1,2 a 1,5 Kgf/cm²;
- ✓ Temperatura “Escape” – 127 a 132°C (entrada no pré-evaporador multi-reboiler);
- ✓ Pressão “V1” – 0,6 a 0,8 Kgf/cm².

Último efeito de evaporação:

- ✓ Pressão de vácuo – (-23 a -25” inHg)
- ✓ Temperatura corpo - máximo 65°C

Água do multijato:

- ✓ Temperatura de entrada – máximo 35°C
- ✓ Temperatura de saída – máximo 52°C
- ✓ Perda de ART – Arraste de vapor

Cozimento de açúcar

Na fábrica de açúcar, trabalha-se com duas massas: massa de primeira, que chamamos de massa “A”, e massa de segunda, que chamamos de massa “B”. São disponibilizados sete cozedores à batelada, sendo três deles com opções de trabalho, com os dois tipos de massa, e o restante apenas para produção de massa “A”; além de um cozedor contínuo, que é separado por duas câmaras - o mesmo trabalha apenas com massa “B”. Todos os cozedores têm um ponto de coleta para verificação da massa. Para armazenamento de massa “A”, são disponibilizados dez cristalizadores que armazenam

essa massa para depois passar por um processo de centrifugação direcionado ao produto final. Para a massa “B”, tem-se dois cristalizadores, que são instalados para a massa de saída do cozedor contínuo, e mais dois cristalizadores horizontais, onde é armazenada a massa que pode ser bombeada para o cozedor contínuo. Ou até mesmo para os cristalizadores do cozedor contínuo, para que seja centrifugada para produção do magma, que é utilizada para o começo da produção de massa “A”. Antes do início de cada cozimento, é feito um processo de limpeza e aquecimento com até 90°C de temperatura, com vapor para que fique limpo para um novo cozimento, e até mesmo para manter essa temperatura e ajudar na formação de pressão negativa. Isso é feito através de multijatos, que são instalados, individualmente, para cada cozedor. Esse sistema de multijato é igual ao do evaporador tipo “Robert”, porém, a água utilizada não é da torre de resfriamento, mas de um outro sistema de resfriamento, chamado spray. Esse sistema de spray funciona da seguinte forma: é bombeada a água com temperatura ambiente para os multijatos dos cozedores e parte dessa água, que retorna quente, é bombeada de novo para a piscina de multijato. Porém, antes de a água cair nessa piscina, existe uma tubulação que serve de coletor dessa água que, através de bicos spray, provoca a subida da água e, em contato com o próprio ar ambiente, é feito o resfriamento da mesma. A pressão de vácuo dos cozedores deve se manter em -23 inHg a -24 inHg. Os cozedores 1 e 2 têm a opção de trabalhar com vapor na calandra “V1” ou “V2”, a escolha vai depender do processo, porém, é bom lembrar que, quanto menor a pressão de vapor na calandra, maior será o tempo de cozimento. Já para o restante, utiliza-se apenas vapor “V1”, exceto o cozedor contínuo, que só utiliza o vapor “V2”. Quando o cozimento é de massa “A”, a alimentação dessa massa se faz com xarope que é uma solução mais rica em sacarose. Já os cozimentos de massa “B” são alimentados no mel, que é produzido na centrifugação da massa “A”. Essa solução é um caldo mais pobre em sacarose, por isso, não se pode utilizar nos cozimentos de massa “A” para que não escureça o açúcar e não tenha problema na centrifugação. Todos equipamentos automáticos dos cozedores podem ser vistos e controlados pelo supervisório e as válvulas automáticas também podem ser controladas por campo, por um painel instalado próximo a cada um dos cozedores.

Capacidade dos cozedores:

- ✓ Cozedor 1 – 600 Hectolitros (hl) = 60.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor 2 – 450 Hectolitros (hl) = 45.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor 3 – 350 Hectolitros (hl) = 35.000 Litros (L);

UniSALESIANO – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium

- ✓ Cozedor 4 – 350 Hectolitros (hl) = 35.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor 5 – 600 Hectolitros (hl) = 60.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor 6 – 500 Hectolitros (hl) = 50.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor 7 – 800 Hectolitros (hl) = 80.000 Litros (L);
- ✓ Cozedor Contínuo – 1000 Hectolitros (hl) = 100.000 Litros (L) cada

Câmara

Cristalização

A cristalização é a primeira etapa do cozimento e é iniciada com o preparo de semente, sendo separada uma quantidade de açúcar já produzida e peneirada (5Kg) através de uma peneira granulométrica; isso para deixar os cristais todos do mesmo tamanho.

Cuidados operacionais da cristalização:

- ✓ Peneiramento de açúcar antes e após o preparo;
- ✓ Antes: Abertura entre 1,0 mm e 0,71 mm;
- ✓ Depois: Abertura 0,25 mm;
- ✓ Proporção de esfera, açúcar e etanol 3:5:10;
- ✓ Moagem ideal: 5 Dias (120 horas);
- ✓ Maturação: 10 Dias;
- ✓ Rotina para avaliação em microscópio.

Após esse processo de peneiramento, o açúcar é colocado em um batedor com esferas de aço inoxidável e são adicionados 5 litros de álcool anidro. Utiliza-se o álcool porque é um produto que não faz a diluição desses cristais de açúcar. É necessário que essa mistura fique no batedor, rodando por, no mínimo, 72 horas, para que fique uma pasta homogênea. Após esse tempo, a massa é retirada do batedor e armazenada em um maturador, que fica rodando lentamente para que não decante os cristais de açúcar. Porém, o tempo máximo que essa massa pode ficar nesse maturador é de 10 dias.

Parâmetros importantes para a condução de um bom cozimento:

- ✓ Bom preparo de semente;
- ✓ Ajuste do ponto de injeção de semente (granagem);
- ✓ Corretos procedimentos de operação de cristalização e cozimento;
- ✓ Procedimento de cortes bem definidos (balanço de cristal);
- ✓ Ajuste e monitoramento de parâmetros de processos de fabricação;
- ✓ Fervura de água nos cozedores antes de cada cristalização.

Feito todo esse processo, já pode ser iniciada a cristalização. Existe um cozedor já projetado com as configurações específicas para esse tipo de processo, que é o cozedor 2. É importante ter um cozedor apropriado para as cristalizações, pois se algo der errado nesse processo, o produto final ficará errado também.

Melhor ponto para adição de semente:

- ✓ Ponto adjacente ao costado do cozedor;
- ✓ Tubulação de 1” próximo ao tubo central de alimentação;
- ✓ Tubulação de 1” ao centro do cozedor;
- ✓ Na tubulação de alimentação de xarope/mel do cozedor.

A cristalização é feita da seguinte forma, como dito anteriormente, com processo de limpeza e aquecimento até os 90°C com vapor, sendo colocados 40% da capacidade do cozedor 2 de xarope/mel. É aconselhado o xarope que é uma solução mais rica em sacarose. Completados os 40%, entra-se no processo de concentração dessa matéria até chegar ao ponto de fio, que se dá com 80 °Brix. Esse ponto deve-se manter constante, por pelo menos 5 minutos, para evitar cristais indesejados. Para se ter uma boa cristalização, com o controle desse 80 °Brix, usa-se uma válvula automática que controla a entrada de água que faz um processo de lavagem após a injeção dessa semente. Dessa forma, se o °Brix aumentar essa válvula automática, começa abrir para que seja injetada água e diminua para que se mantenha constante os 80 °Brix. Enquanto fica nesse processo, já pode ir pegando a semente no maturador para que seja injetada. No processo específico, normalmente, são utilizados 600 ml. Passados os 5 minutos, a semente pode ser injetada para dentro do cozedor, seguindo para o processo de lavagem dessa cristalização, durante 20 minutos, para que dê tempo de os cristais se espalharem por toda a quantidade de xarope contida no cozedor. Além disso, essa lavagem também consegue manter os cristais sem ter diferenças de tamanhos. Passados os 20 minutos, já pode ser verificada, pela sonda de coleta do cozedor, a granagem. Então, há a continuidade do cozimento, e quando atingir o nível máximo do cozedor, será feita a divisão dessa massa cristalizada para continuação do processo e o início da produção de massa “B”. Normalmente, é feita uma divisão em oito partes - cada uma dessas partes é chamada de “pé”. Para armazenamento dessas partes, tem-se duas sementeiras: em uma é passada metade da massa, e como foi dividido em duas partes iguais, metade na sementeira e metade no cozedor, para cada uma delas vai ser dividida em mais quatro partes, somando oito partes. Continuando, então, com a massa que ficou no cozedor, será feito o cozimento no mesmo até o nível final, novamente.

Assim que chegar ao nível final, será dividido em quatro partes; sendo que, em três delas será passada para a outra sementeira vazia a uma parte continua no cozedor para andamento do processo. Essa única parte que ficou no cozedor já se torna um pé para massa de segunda (massa “B”), então é feito o cozimento novamente desse pé até o nível máximo do cozedor, e depois descarregado para os cristalizadores horizontais ou para os cristalizadores de massa “B”, do cozedor contínuo. Com o cozedor já vazio, é preparado para um novo cozimento da outra metade da massa que ficou estocada em uma das sementeiras. Pega-se, então, a outra metade e, da mesma forma, realiza o processo com a outra metade, dividida em quatro partes. São repassadas três para a sementeira vazia, com continuação do processo de massa B.

Cozimento de massa “B”

A massa B é uma massa mais pobre e alimentada com mel para manter a prioridade do xarope para massa “A”. No começo, tudo é alimentado no xarope, pois a produção de mel só será iniciada após a centrifugação de massa “A”, que já é o penúltimo processo da produção de açúcar.

Para dar sequência, os cozedores disponíveis para o cozimento de massa B são preparados para pegar um pé dos que estão estocados nas sementeiras. Após isso, ao chegar ao nível final do cozedor, é descarregado em algum dos cristalizadores de massa “B”. Com os cristalizadores de massa “B” quase cheios, inicia-se a centrifugação da massa “B” para produzir o magma e começar o processo de massa “A”, ou então, iniciar o cozedor contínuo para mais massa “B”. Essa decisão irá depender de como está o processo, lembrando que o cozedor contínuo não consegue ser alimentado com xarope, apenas com mel. Então, normalmente, é iniciada primeira a centrifugação de massa “B” para que seja produzido o magma para produção de massa “A”, e só depois de uma boa estabilização do processo de centrifugação de massa “A” que será iniciado o cozedor contínuo.

Centrifugação de Açúcar

O objetivo da centrifugação é a separação dos méis ou licor mãe que envolvem os cristais de açúcar em uma massa cozida.

De maneira geral, a capacidade de uma centrífuga está diretamente relacionada à força centrífuga (força “G”) aplicada.

Nesse processo, utilizou-se dois tipos de centrífugas: intermitentes (batelada) para massa “A”, e contínuas para massa “B”.

Centrifugação de massa “B”

Centrífugas contínuas:

- ✓ São utilizadas para massa “B” e C;
- ✓ Tempo de residência da massa na centrífuga é pequeno e requer altas velocidades;
- ✓ A centrífuga gira a uma velocidade constante e é alimentada por um “fio” contínuo de massa em uma vazão constante.

Princípios de funcionamento:

- ✓ A massa entra pelo centro e dentro da centrífuga tem-se um cesto giratório com telas, onde acontece a separação dos méis e cristais.

Cesto giratório:

- ✓ Construído em aço inox, com 34° de inclinação;
- ✓ O cesto está acoplado sobre o cabeçote, que transmite força à centrífuga.

Telas:

- ✓ Construídas em aço níquel-cromo, com furações de a 0,045 a 0,09 mm, fixas na contratela.

Sistema de lavagem:

- ✓ Sistema de bicos dispostos sobre toda a superfície da tela;
- ✓ Tem finalidade de melhorar a qualidade do açúcar;

A regulagem de água de lavagem é feita através da pureza do magma e mel final.

Na centrifugação de massa “B”, o objetivo das centrífugas contínuas é separar o mel do magma, que é uma massa utilizada para dar início na massa “A”. Essas centrífugas trabalham de forma automática, onde o manuseio é feito por um painel em campo, sendo que cada máquina tem um painel de controle. Esse magma é transportado por uma rosca sem fim, instalada num coxo onde é descarregada a massa das centrífugas e bombeada para um tanque de magma, onde fica armazenado para ser utilizado no processo adiante. O mel separado, chamado de mel final, é bombeado diretamente para a destilaria.

Transporte de magma:

- ✓ Mistura cristais de açúcar com água, formando o magma, e o conduz até a bomba;
- ✓ Controle de nível de magma garante a integridade do estator da bomba;
- ✓ Controle da concentração de magma favorece o bombeamento.

Cozimento de massa “A”

Com o nível do tanque de magma atingindo uma métrica de 50%, já é possível dar início nesse processo de cozimento de massa “A”, que funciona da seguinte forma: retira-se uma porcentagem de magma do tanque, também chamada de “pé”, como no processo de cozimento da massa “B”, em um dos cozedores menores, que é o 3 e o 4, e é feito o cozimento até o nível máximo desses cozedores. Normalmente, essa massa é “cortada” para os cozedores finais, que são os maiores - o 5 e o 6. Ou seja, se foi feito um corte do cozedor 4 para o cozedor 5, da próxima vez que o cozedor 4 encher com o restante da massa que ficou após o corte, é passada totalmente essa massa para o cozedor 6. É como se 1 cozedor pequeno fosse dividido para 2 cozedores maiores. Esses cortes serão analisados de acordo com o processo, pois muitas coisas podem influenciar, como o brix do xarope que, quanto mais alto, menos tempo terá o cozimento. Por conta desse tempo de cozimento, menos os cristais se desenvolvem e, no final, fica um açúcar fora da especificação. Um ponto a se observar é um cozimento no cozedor 7, que é o maior de todos. Nesse caso, já é um pouco diferente o processo; é aconselhável que o pé seja feito pelo cozedor 1 e, por ser muito maior que os outros cozedores, o corte não é feito. Portanto, sempre é passada toda a massa, até porque, por ser um cozedor bem maior que os outros, toda massa passada para ele pelo nível que ele fica, é como se tivesse feito um corte. A calandra dele é muito grande em relação aos outros cozedores. Para saber o nível de corte, é aconselhável que a massa ultrapasse, pelo menos, uns 10cm dos tubos da calandra do cozedor. Isso para que se tenha contato visual de como está a massa e não venha a ter um problema, como um isolamento dos tubos por falta de alimentação, ou a perda dos cristais pelo excesso do fluxo de alimentação entrando no cozedor. Deve-se sempre sondar os cozedores e ter o contato visual da massa pelos visores mesmo trabalhando de forma automática, pois se algum equipamento de automação falhar conseguimos ajustar manualmente e assim evitar uma perda dessa produção ou um retrabalho. Quando os cozedores maiores chegam ao nível máximo, é feito um processo de concentração dessa massa para que seja descarregado nos cristalizadores de massa “A” e depois centrifugados.

Parâmetros de monitoramento:

Massas:

- ✓ Brix da massa “A” – 92 a 93 °Brix;
- ✓ Brix da massa “B” – 93 a 94 °Brix;

- ✓ Pureza da massa “A” – 0 a 2 p.p acima da pureza do xarope (sem recirculação de mel)
- ✓ Pureza da massa “B” – igual a pureza do mel misto diluído:
 - **Obs:** Queda de pureza da massa “A”: VHP 12 a 15 pontos;
 - **Obs:** Queda de pureza da massa “B”: VHP 17 a 22 pontos.
- ✓ Tempo de cozimento (massa “A”) – 1,5 a 3,0 Horas;
- ✓ Tempo de cozimento (massa “B”) – 2,0 a 4,0 Horas (alimentado com mel diluído).

Magma:

- ✓ Brix do magma – 88 a 90 °Brix;
- ✓ Pureza do magma – (açúcar VHP) 89 a 92 °Brix.

Geral:

- ✓ Altura de massa em cozedores bateladas – 1,50 a 1,80 m;
- ✓ Acidez mel final – menor que 7mg/L/%Brix;
- ✓ Temperatura durante o cozimento – máximo 68°C;
- ✓ Pressão de vácuos dos cozedores – (-24 a -25 inHg).

Méis:

- ✓ Brix do mel diluído – 68 a 70 °Brix:
 - **Obs:** importante garantir a total diluição dos cristais.
- ✓ Brix mel final – mínimo 82 °Brix.

Centrifugação de massa “A”

Na centrifugação de massa “A”, utiliza-se cinco centrífugas intermitentes (Batelada) para produção de açúcar cristal, demerara e VHP, sendo duas centrífugas “VETEK” menores, com capacidade de 1000 kg de massa e que descarregam, em média, 500 kg de açúcar; e três centrífugas “MAUSA” maiores, com capacidade de 2250 kg de massa e que descarregam, em média, 1500 kg de açúcar - podendo fazer 29 ciclos por hora. O mel que é separado do açúcar é bombeado para um tanque onde é feita a diluição desse mel. Essas centrífugas são operadas automaticamente, e o controle é feito em campo por um painel individual para cada centrífuga. Diferente das centrífugas contínuas, é feita a separação de dois tipos de mel, que chamamos de “mel rico” e “mel pobre”. Porém, no final, é tudo misturado e se torna o “mel misto”. A outra diferença também é que ela deve carregar a carga de acordo com regulagem de um apalpador que faz o controle de carga. No primeiro estágio de centrifugação, é extraído o mel pobre e depois é feita uma lavagem

com água quente por um tempo também determinado no painel de controle. Enquanto ocorre a lavagem, entra o segundo estágio de centrifugação, que extrai o “mel rico”, pois essa água que lava a massa dilui alguns cristais por isso é chamado de mel rico, e só depois, no final de todo esse ciclo, que é descarregado o açúcar numa bica de jogo que irá transportar esse açúcar para o último, e não menos importante, processo da produção de açúcar, que é a secagem. Muitas vezes, a qualidade do açúcar depende de uma centrifugação muito bem conduzida.

Capacidade de produção:

- ✓ Conteúdo do cesto (volume);
- ✓ Duração do ciclo;
- ✓ Conteúdo dos cristais na massa cozida.

Tempo do ciclo:

- ✓ Tipo de centrífuga;
- ✓ Controle automático;
- ✓ Qualidade da massa;
- ✓ Qualidade do açúcar.

Princípios de funcionamento:

Descarregador automático:

- ✓ A finalidade de retirar o açúcar retido na tela e dirigi-lo à bica de jogo;
- ✓ É constituído de um eixo quadrado com rosca interna e está acoplado à

raspa.

Sistema de alimentação da massa:

- ✓ Válvula bi excêntrica manual;
- ✓ Válvula borboleta de acionamento pneumático.

Cônico de fechamento de fundo:

- ✓ Distribui a massa no cesto durante a alimentação;
- ✓ Fecha o fundo do cesto durante a centrifugação.

Limitador de carga ou apalpador:

- ✓ Controla a carga da camada de massa no cesto;
- ✓ Comanda a abertura e o fechamento da válvula automática de carga que

deve ser ligada em paralelo.

Sistema de lavagem:

- ✓ Parâmetros água de lavagem:

UniSALESIANO – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium

- Pressão = 4 a 6 Kgf/cm²;
- Temperatura = 95 a 115 °C;
- Turbidez = < 3NTU;
- Aspecto visual = límpida e incolor.
- ✓ Deve-se verificar entupimento nos bicos e posição das flautas;
- ✓ O espaçamento entre os bicos e a distância até a parede de açúcar deve impedir a sobreposição dos leques, evitando a formação de cavidades pela dissolução do açúcar.

Lavagem com água superaquecida

Lavagem deficiente de açúcar:

- ✓ Maior uso de água;
- ✓ Vibração excessiva;
- ✓ Maior geração de mel e menor recuperação de fábrica.

Boas práticas operacionais:

- ✓ Ajuste mínimo de tempo para carregamento completo do cesto com massa;
- ✓ Mínimo de açúcar no fundo e tela após a descarga;
- ✓ Limpeza de tela da centrífuga;
- ✓ Vazamento e gotejamento de mel na bica de jogo;
- ✓ Checar que não exista vapor nos coletores de massa;
- ✓ Implementar rotina de alinhamento dos descarregadores e ajustes das raspas;
- ✓ Ajuste do sistema de centralização do cesto para a máxima aproximação da raspa;
- ✓ Manter fluxo constante de carga nas centrífugas;
- ✓ Ajustar tempo de lavagem para o mínimo possível.
- ✓ A implementação de centralizadores para o descarregamento permite melhor raspagem das telas e menor uso de água de lavagem das telas e da massa durante o ciclo:
 - Menor recirculação de açúcar;
 - Maior recuperação de fábrica;
 - Menor geração de méis.
 - ✓ Uso de bicos tipo Spraying/Bikos em detrimento dos bicões tipo.

Secagem

O objetivo do processo de secagem é reduzir a umidade do açúcar a um nível aceitável para a estocagem. Manter a temperatura do açúcar na faixa abaixo de 38°C para que não ocorra amarelamento e empedramento do açúcar no período de estocagem.

Tipos de secadores

Os mais utilizados são:

- ✓ Secador de tambor rotativo (horizontal);
- ✓ Secador de bandejas (vertical).

No processo específico, foi utilizado o secador de tambor rotativo horizontal. O sistema funciona da seguinte forma: o açúcar é descarregado das centrífugas e vai para uma bica de jogo transportadora, lançando-o ao primeiro elevador de canecas, chamado de elevador de açúcar úmido. Do elevador, o açúcar desce para a primeira rosca sem fim, chamada rosca de açúcar úmido. Essa rosca transporta o açúcar para entrada do tambor rotativo horizontal, onde ocorre a secagem. Dentro desse tambor rotativo, há chapas defletoras (aletas) que vão transportando o açúcar em forma de cascata até o final do secador, onde tem uma outra rosca sem fim, chamada de rosca de açúcar seco. Ela também transporta para um outro elevador de canecas, chamado de elevador de açúcar seco e esse elevador transporta para uma balança de fluxo automática, onde é feita a contabilidade da produção realizada. Esse açúcar, já pesado, cai em uma esteira de borracha que o transporta para os armazéns de estocagem. Para esse tipo de secador, utiliza-se três exaustores: o primeiro funciona como um ventilador de ar frio, que faz com que o ar ambiente entre dentro do tambor para que ajude na secagem, juntamente com o vapor na entrada do secador; o segundo fica mais ou menos no meio do tambor para retirar parte dos gases e pó e transferi-los para uma caixa lavador de gases, chamada de “caixa de pó”. Nessa caixa, há um transmissor de nível para que mantenha sempre com água na bacia do lavador e um transmissor de °Brix para que seja acompanhado e bombeado para o processo, no clarificado do álcool. E o terceiro funciona como um ventilador, que joga o ar ambiente para dentro do tambor, na parte final do secador, indo contra o açúcar que está movendo internamente no tambor para fazer o resfriamento do açúcar.

Secador de tambor rotativo (horizontal):

- ✓ cilindro metálico horizontal, levemente inclinado de 5 a 7° - para facilitar a progressão do açúcar;
- ✓ Aletas recolhem o açúcar e o deixa cair em forma de cascata;

UniSALESIANO – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium

- ✓ Geralmente, o açúcar caminha contracorrente com o ar;
- ✓ o corpo secador deve ser dividido em 2 partes: secagem e resfriamento.

Lavador de gases:

- ✓ O exaustor conduz gás e pó do centro do cilindro para a coluna lavadora;
- ✓ A coluna contém tubulações de lavagem e uma câmara de separação de partículas/ar;
- ✓ A água com o açúcar diluído é descarregada pela parte inferior do lavador, retornando para o processo.

Obs.: Para colunas de aço carbono ou aço inox, caldo clarificado quente pode ser utilizado para lavagem.

Principais cuidados operacionais:

- ✓ Verificar o controle/vazão de ar quente no ventilador do radiador;
- ✓ A temperatura do ar aquecido não pode ser superior a 95°C;
- ✓ Controlar a temperatura do açúcar úmido em torno de 60°C - acima deste valor seca melhor, porém, dificulta o resfriamento;
- ✓ Verificar o controle de entrada de ar frio no exaustor do secador para evitar arrastes de açúcar para o lavador de pó;
- ✓ Verificar as condições das telas para evitar passagem de açúcar para o lavador de pó;
- ✓ Verificar o brix do lavador de pó;
- ✓ Verificar nível de água da bacia do lavador;
- ✓ Temperatura do açúcar no estoque abaixo de 38°C.

Causas da temperatura elevada no estoque:

- ✓ Vazão de ar do ventilador insuficiente;
- ✓ Vazão de ar do exaustor insuficiente;
- ✓ Tempo de retenção insuficiente – valor recomendado de 5 a 10 minutos;
- ✓ Cascadeamento do açúcar no interior do secador rotativo deficiente devido à distribuição e geometria das aletas;
- ✓ Temperaturas muito elevadas na alimentação do secador;
- ✓ Tempo de lavagem com vapor nas centrífugas, excessivamente, longo.

Considerações finais

Observou-se que, no processo em geral, além de bastante complexo e extenso, também é bastante variável. Existem várias formas de trabalhos, porém, o intuito final é igual.

Mesmo existindo várias formas para chegar no produto final, é importantíssimo seguir todos procedimentos e seguir, rigorosamente, as análises das matérias do processo para que se tenha um ótimo produto no final. Como se pode perceber, o processo é um efeito cascata, ou seja, se algo der errado no começo, não irá ter bons resultados no produto final, e se algo der problema no final, pode prejudicar o restante do processo anterior. Outra coisa muito importante é evitar os desperdícios e retrabalho, pois isso gera maior custo, tempo e diminuição na produção.

Bibliografia

ALBUQUERQUE, F. M. (2011). Processo de Fabricação do Açúcar. Recife: Editora Universitária UFPE.

BELTRÃO, Sebastião de Castro; ANDRADE, Samara Alvachian; Engenharia e Tecnologia Açucareira. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

GROFF, A. M., MENEGUETTI, C. C. e MEZARROBA, S. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: IV Encontro de engenharia de produção agroindustrial, 2010, Campo Mourão.

LOPES, C. H. Tecnologia de Produção de Açúcar de Cana. São Carlos: EdUFSCar, 2011.

LOPES, Jorge José Corrêa. Produção de açúcar. UFSCar. Ago. de 2010. Trabalho inédito

Magalhães, A. C. (2011). Ebah., disponível em Ebah – Alcool e Açúcar - Cozimento: [Cozimento - Apostilas - Engenharia Química - Docsity](#)

Nova Cana. (2011), disponível em Nova Cana: [A produção de cana-de-açúcar no Brasil \(e no mundo\) | novaCana.com](#)

PAYNE, John Howard. Operações unitárias na produção de açúcar de cana. São Paulo: Nobel/STAB, 1989.

POLONIO, W, L. Análise de diferentes meios filtrantes primários usados em filtro contínuo de tambor rotativo a vácuo para lodo de caldo de cana de açúcar. 2004. 168 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2004.

SANTOS, Fernando; BORÉM, Aluizio; CALDAS, Celso. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologias e perspectivas. Viçosa: Editora UFV, 2010.