

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**Valdinei Donizeti de Souza**

**PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO AÇUCAR**  
**A ARTE DA EVAPORAÇÃO E COZIMENTO**

**Bauru**  
**2007**

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**Valdinei Donizeti de Souza**

**PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR  
A ARTE DA EVAPORAÇÃO E COZIMENTO**

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Naturais Aplicadas, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> D<sup>a</sup> Sirlei Roca.

Bauru  
2007

S7293p

Souza, Valdinei Donizeti de

Processo de fabricação do açúcar: arte da evaporação e cozimento / Valdinei Donizeti de Souza– 2007.  
49f.

Orientadora: Profa.Dra. Sirlei Roca

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química)

- Universidade do Sagrado Coração – Bauru - São Paulo.

1. Cana de açúcar 2. Caldo 3. Xarope 4. Evaporação 5.  
Cozimento 6. Açúcar cristal 7. Qualidade I. Roca, Sirlei II. Título

**VALDINEI DONIZETI DE SOUZA**

**Processo de Fabricação do Açúcar**  
**A arte da Evaporação e Cozimento**

Monografia apresentada na Universidade do Sagrado Coração como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Dra. Sirlei Roca

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Vicente Alexandre de Lucca Neto  
Universidade do Sagrado Coração

---

Prof. Ms. Márcia Aparecida Zeferino Garcia  
Universidade do Sagrado Coração

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Sirlei Roca  
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 23 de Novembro de 2007.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha esposa e filhos que me apoiaram em busca dos meus sonhos, e que mesmo nas dificuldades que a vida nos prepara, ficamos juntos nesta batalha. Eu amo vocês.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela força, animo e perseverança nesta conquista, aos meus familiares, Professores, amigos, colegas de trabalho e técnicos, que diretamente ou indiretamente me apoiaram com orientações, materiais, palavras de conforto ou simplesmente um gesto afetivo.

## RESUMO

O açúcar cristal passa por diversos processos que envolvem desde o plantio da cana de açúcar na lavoura, a moagem, o tratamento do caldo, a evaporação, o cozimento, a centrifugação, o ensaque e a armazenagem. Cada etapa a ser processado segue diversas alterações físicas e químicas, onde se destaca em si o tratamento do caldo que busca eliminar toda impureza contida no caldo proveniente da própria lavoura (terra, areia, matéria orgânica, etc.) que seguem etapas como: aquecimento, adição de produtos químicos e decantação. Após o caldo estar isento destas impurezas, se inicia o processo de evaporação da água (pré-evaporação e evaporação) que busca concentrar o caldo, transformando-o em xarope com concentrações ideais para que seja cozido nos cozedores a vácuo, eliminando a água restante e ocorrendo a cristalização dos cristais, que formará uma massa que será centrifugada, retornada a outros cozedores para melhor incorporação do cristal e posteriormente passa novamente a centrifugação que sairá o açúcar cristal, que segue para ensaque e armazenamento. A evaporação e cozimento são etapas importantes na fabricação que seguem técnicas a serem desenvolvidas, com diversas tabelas e gráficos. O produto para boa aceitação do mercado interno e externo, passa pelos programas implantados pelo Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade, como: ISO 9000, ISO 22000, HACCP, GMP pessoal, Food Safty, Housekeeping, 5 s, MIP e outros. Para certificação desta qualidade, ocorrem auditorias interna dos clientes, NORMA ISO e Diferencial de Serviços Copersucar.

**Palavra chave:** Cana de açúcar; Caldo; Xarope; Evaporação; Cozimento; Açúcar cristal; Qualidade.

## **ABSTRACT**

The crystal sugar passes through various processes that involve from the planting of sugar cane in the plantation, milling, processing of the broth, evaporation, the cooking, centrifugation, the pack and storage. Each step to be processed follows several physical and chemical changes, which stand out in it the treatment of broth that seeks eliminate all impurity in the broth from the plantation (earth, sand, organic matter, etc.) that follow steps as: heating, addition of chemicals and decanting. After broth be free of impurities, begins the process of evaporation of water (pre-evaporation and evaporation), which seeks to concentrate broth, turning it into syrup with concentrations ideals to be boiled in cozedores a vacuum, eliminating the remaining water and experiencing the crystallization of crystals, which form a body that will be moved away for center returned to other cozedores to better incorporate the crystal and then passes again centrifuge that will sugar crystal, which follows to pack and storage. The evaporation and cooking are important steps in manufacturing that follow techniques to be developed, with several tables and graphs. The product to good acceptance of the internal market and external, passing through programs implemented by the System for the Management of the Quality Assurance, such as: ISO 9000, ISO 22000, HACCP, GMP staff, Food Safty, Housekeeping, 5 s, MIP and others. For certification of quality, occur internal audits of customers, and ISO STANDARD Differential Services Copersucar.

**Keyword:** Cane sugar; Broth; Syrup; Evaporation; Cooking; Crystal sugar; Quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evaporador de múltiplo efeito.....	17
Figura 2 - Pré Evaporador Convencional.....	18
Figura 3- Sistema Multijato de formação de vácuo e Condensador Barométrico.....	19
Figura 4 - Fluxograma flotor de xarope.....	25
Figura 5 - Viscosidade do xarope de açúcar.....	26
Figura 6 - Curva de supersaturação sacarose. ....	28
Figura 7 - Curva de Supersaturação X Pureza.....	29
Figura 8 – Comparativo Cristais com a técnica de lavagem após granagem.....	30
Figura 9 - Método de esgotamento de duas massas.....	33
Figura 10- Fatores que influenciam a velocidade de crescimento global dos cristais.....	37
Tabela 1 – Formação vácuo x temperatura evaporação.....	18
Tabela 2 - Ocorrência de incrustação nos efeitos de evaporação.....	20
Tabela 3 – Especificação do Açúcar.....	36

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
CAPITULO 2 Conhecimento básicos.....	12
2.1 Matéria prima cana de Açúcar.....	12
2.2 Processamento sucinto do Açúcar.....	13
CAPITULO 3 Evaporação.....	15
3.1 Evaporação de Múltiplo Efeito.....	16
3.2 Métodos de Limpeza dos Equipamentos .....	21
3.3 Fatores Importantes na Etapa de Evaporação .....	23
CAPITULO 4 Flotação de Xarope .....	23
4.1 Processo de Flotação.....	24
CAPITULO 5 Etapa de Cristalização do Açúcar .....	26
5.1 Zonas de Supersaturação.....	27
5.2 Preparo da Semente .....	31
5.3 Métodos de Esgotamento .....	31
5.4 Cristalização Industrial .....	36
5.5 Fatores Importantes no Processo de Cozimento.....	37
CAPITULO 6 Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade .....	39
6.1 Programas do Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade.....	40
7. CONCLUSÃO.....	43
REFERENCIAS .....	44
ANEXOS .....	46
Anexo A – Cozimento de Três Massas.....	46
Anexo B – Massa Cozida: EPE Saturação x Temperatura x Pureza Aparente.....	46

Anexo C – Projeção Cozedor a vácuo.....	47
Anexo D – Centrifugas Continua de Massa B.....	47
Anexo E – Centrifuga intermitente de massa A.....	48
Anexo F – Projeção Secador de Açúcar.....	49

## 1. INTRODUÇÃO

O açúcar é uma forma possível dos hidratos de carbono; a forma mais comum de açúcar consiste em sacarose no estado sólido e cristalino. É usado para alterar (adoçar) o gosto de bebidas e alimentos. É produzido comercialmente a partir de cana-de-açúcar ou de beterraba.

O desenvolvimento deste trabalho tem o objetivo de descrever o processo de Fabricação do Açúcar Cristal, com enfoque na cana de açúcar, de onde é extraída a sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) que é a responsável pela formação dos cristais. Será descrito desde a entrada da cana de açúcar até o armazenamento do produto final, demonstrando em detalhes o processo de evaporação e cozimento que requer um enfoque árduo nestas etapas, decorrente de suas variantes que devem ser controladas. Para este controle, estão descritas orientações do sistema operacional em um todo com tabelas e figuras demonstrativas, buscando um melhor controle na produção do produto final e visando os conceitos do Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade.

As técnicas utilizadas foram livros de mestres da área Açucareira como HUGOT (1969) e outros, apostilas e apresentação utilizadas em treinamentos específicos para técnicos e operadores, também o conhecimento adquirido com a própria equipe de operação.

Como esta monografia é possível obter o conhecimento das técnicas necessárias para a Fabricação do Açúcar Cristal, visando todos os conceitos de qualidade necessárias para a comercialização do produto final.

## 2 Conhecimentos básicos

### 2.1 Matéria prima Cana de Açúcar

A cana de açúcar pertence à família das gramíneas, gênero sacharum.

Do ponto de vista da indústria do açúcar, o colmo é a parte mais importante, sendo constituídos pelos gomos, entre nós, internódios, nós e gemas (PARAZZI, 1984, apud JESUS, 2004).

Do ponto de vista tecnológico, a cana pode ser definida pelas seguintes equações:

Cana = caldo extraído + bagaço (1)

Cana = caldo absoluto + fibra (2)

Enquanto a primeira equação tem um caráter prático, a segunda é teórica, ou seja, o caldo absoluto seria todo o caldo que a cana possui, obtido numa moenda hipotética com extração total.

A seguir, o processo de produção de açúcar será descrito na sua totalidade, porém de forma sucinta, visando proporcionar maior percepção do processo e ressaltando a importância das etapas de evaporação e cristalização, que serão detalhadas a seguir. Como no Brasil as unidades sucro-alcólicas não se diferenciam muito umas das outras, as descrições que se seguem podem ser consideradas gerais. Etapas de produção de açúcar são divididas e denominadas da seguinte maneira:

## 2.2 Processamento Sucinto do Açúcar

**Corte e recepção da matéria-prima:** A colheita da cana de açúcar é feita manualmente, com facões, ou por cortadoras mecânicas e, então, a cana é transportada às indústrias através de caminhões adaptados para o serviço. Na usina, a cana é descarregada em pátios de armazenagem ou diretamente nas mesas alimentadoras, para que seja feita a extração.

**Extração da sacarose ou moagem:** A cana é descarregada nas mesas alimentadoras, sofre uma lavagem e, logo após, é conduzida através de esteiras rolantes para os picadores e desfibradores; esta etapa é conhecida como 'preparo da cana'. A extração da sacarose é feita via esmagamento da cana pelos rolos das moendas que exercem uma forte pressão sobre a cana. Assim, extraem-se cerca de 96 % do caldo da cana, que é utilizado para produzir açúcar. O bagaço produzido nesta etapa é usado como combustível nas cadeiras.

**Tratamento do Caldo:** O caldo resultante da extração geralmente é dividido em: Caldo Primário que é extraído do primeiro terno de moenda, e é direcionada para a Fabricação do Açúcar por conter alta teor de sacarose; Caldo Misto extraído dos demais ternos da moenda, que contém menor teor de sacarose, pelo uso de água quente como embebição para extrair maior quantidade de sacarose. É direcionado uma parte para a produção de Açúcar e o restante para o processo de Fabricação do Álcool.

O Caldo passa por algumas etapas de tratamento antes de ser usado na produção de açúcar. Este caldo é peneirado, para remoção das impurezas grossas; sulfitado com  $\text{SO}_2$  (gás sulfuroso) que é obtido pela queima de enxofre  $\text{S} + \text{O}_2$  que ao entrar em contato com o caldo em colunas, reage com a água contida e realizando o processo de sulfitação ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ ) para auxiliar na coagulação das matérias coloidais, na formação de precipitados que farão o arraste de impurezas durante a sedimentação ( $\text{CaSO}_3\downarrow$ ,  $\text{Na SO}_3\downarrow$  e outros) e na desinfecção do caldo; e finalmente, caleado com leite de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), que irá auxiliar na coagulação de parte do material coloidal, precipitando certas impurezas e elevando o pH para valores neutros. A mistura é aquecida com vapor de água até temperaturas em torno de  $105^\circ \text{C}$  com dois objetivos:

primeiro, diminuir viscosidade do fluido, facilitando a etapa de decantação, e segundo, promover a formação de uma quantidade maior de aglomerados coloidais, que precipitaram no decantador, formando o lodo de sedimentação que será posteriormente filtrado, O caldo clarificado é enviado para o setor de evaporação.

**Evaporação:** Constitui o primeiro estágio de concentração do caldo proveniente do setor de tratamento. O caldo clarificado contém cerca de 85 % de água, que é, então, evaporada até que se atinja cerca de 40 % em água, tornando-se um xarope grosso e amarelado. Esta evaporação é feita em evaporadores em múltiplo efeito concorrente, isto é, o vapor gerado na caixa de evaporação precedente (vapor vegetal) é utilizado como fonte de aquecimento para o caixa posterior.

**Flotação do xarope:** Equipamento que tem a finalidade de retirar impurezas contidas no xarope para que na alimentação dos cozedores a vácuo não ocorra o desenvolvimento de cor.

**Cristalização:** Segundo REUNION (2004). A finalidade do cozimento é obter uma massa cozida de boa fluidez, com cristais de boa qualidade, com tamanho esperado, boa uniformidade e de fácil centrifugação.

O xarope produzido pela etapa de evaporação passa por uma etapa de “cozimento”, feito em cristalizadores, que em essência são evaporadores de simples efeito. Neste processo realizado em batelada, o xarope é concentrado sob vácuo até atingir certo grau de supersaturação. Adicionam-se núcleos cristalinos de açúcar (semente) e, pela adição de xarope e evaporação controlada, os cristais crescem até o tamanho desejado, a mistura de xarope e cristais (massa cozida) é, então, centrifugada para remoção do licor-mãe (agora chamado de mel) é reciclado para uma nova etapa de cristalização, O liquido residual desta etapa é conhecido como mel final, pois são os açucares que não formaram cristais que na maior parte são glicose e frutose ( $C_6O_{12}O_6$ ) e é utilizado pelas destilarias para formar o mosto de fermentação que produzirá o álcool.

**Secagem:** Os cristais de açúcar seguem para a secagem em tambores rotativos levemente inclinado em relação a horizontal, inicialmente entre em contato com ar quente que é adicionado vapor e tem a função da secagem da umidade, em seguida no final do tambor é submetido ao ar frio proveniente da ventilação do ar atmosférico ou sistema de diabáticos. Se faz necessário a secagem e em seguida o resfriamento, para que o açúcar no momento da armazenagem não ocorra empedramento e amarelamento (cor).

**Ensaque e Armazenamento:** O Açúcar já pronto é ensacado em sacos de 50 kg ou big bags de acordo com a necessidade da venda e armazenado em depósitos de acordo com sua classificação, posteriormente é vendido ao consumidor.

### 3. Evaporação do caldo

A evaporação, que constitui o primeiro estágio de concentração do caldo misto proveniente da seção de tratamento, tem o propósito de elevar a concentração da solução antes de enviá-la à etapa de cristalização.

O caldo que sai da etapa de extração e passa pela etapa de tratamento apresenta grande quantidade de água e concentração de 14 a 17° Brix (percentagem em peso de sólidos solúveis em solução). Faz-se necessário que o caldo seja aquecido em trocadores tubulares ou a placas, para que a temperatura chegue próximo aos 115 ° C, com esta temperatura o caldo entra praticamente evaporando no processo de evaporação. Em alguns casos usa-se um sistema de recirculação de caldo por balão de expansão e trocadores a placa para que na expansão ocorra a evaporação. Na prática, pela evaporação da água pode-se obter caldo com até 75 Brix sem haver formação de cristais. Contudo, a concentração é elevada apenas até valores entre 50 e 70 Brix (LOPES E PARAZZI, 1992, apud JESUS, 2004).

O evaporador rotineiramente utilizado nas usinas de açúcar é o evaporador de tubos verticais, que trabalha de maneira contínua, com o movimento do líquido proporcionado pela convecção natural gerada por diferenças de temperatura na massa líquida em movimentação em

seu interior. A superfície de aquecimento situa-se na parte inferior do corpo do aparelho e, entre duas chapas (espelho), estão fixados os tubos verticais (calandras) por onde circula o caldo em concentração. O vapor introduzido na calandra condensa-se entre os espelhos e externamente aos tubos cedendo energia ao líquido que se encontra no interior do equipamento.

Devido à intensa ebulição que ocorre na calandra do evaporador, muitas gotículas de caldo são atiradas ao corpo do evaporador. Uma fração dessas gotículas volta a cair sobre a calandra, enquanto que a outra, representada pelas gotículas menores, é arrastada pelos vapores ascendentes resultando numa perda significativa de açúcar. Quanto maior o vácuo existente no interior do aparelho, maior o perigo desses arraste ocorrer.

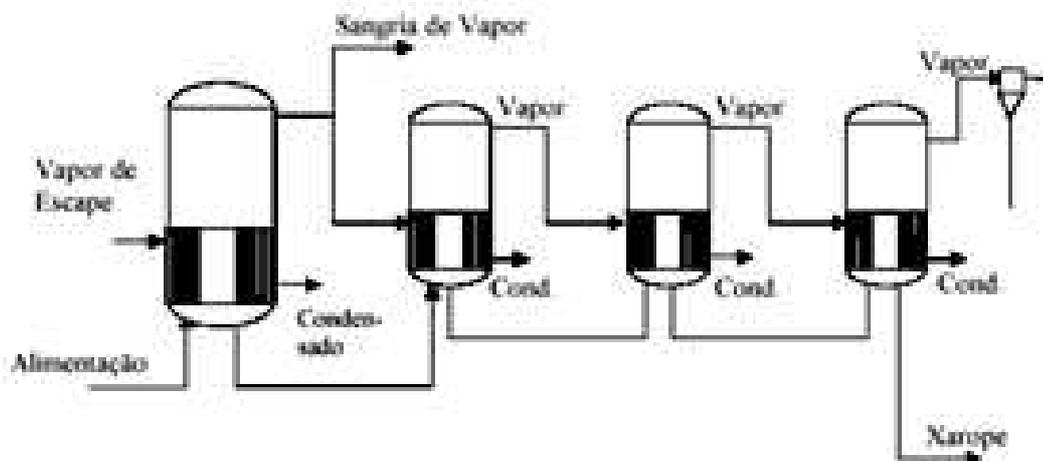
A fim de evitar essa perda, os evaporadores dispõem em sua parte superior de um dispositivo, separador de arraste, que utilizando a inércia das gotículas, faz com que estas, mediante uma súbita mudança na direção do vapor, separem-se dessa corrente e escorram novamente para o interior do corpo de evaporação.

### **3.1 Evaporação de Múltiplo Efeito**

No evaporador de múltiplo efeito (EME) o vapor de um efeito recendente é utilizado para aquecer a caixa posterior. Após o primeiro efeito, os demais são colocados sob vácuo.(Figura 1: Evaporador de Múltiplo Efeito). A solução apresentada tem o inconveniente de exigir uma instalação para criar o vácuo necessário, porém possui duas grandes vantagens, a saber.

- ✓ Aumenta a diferença total de temperatura entre o vapor de uma caixa e a temperatura de ebulição do caldo da caixa seguinte;

Permitem continuar a evaporação com temperaturas menos prejudiciais sob o ponto de vista da qualidade do produto à medida que o caldo se torna mais concentrado e mais viscoso.



**Figura 1** - Evaporador de Múltiplo Efeito.

**Fonte:** JESUS, (2004. p. 10).

Um fenômeno importante que ocorre na evaporação do caldo açucarado e em todas as soluções aquosas é a elevação do ponto de ebulição (EPE). A temperatura de ebulição de uma solução depende da pressão em que se encontra e da concentração de soluto que apresenta, neste caso, o Brix do caldo. Outra influência no valor da temperatura de ebulição é a pressão hidrostática, pois quando uma pressão é exercida sobre a superfície de um líquido, exerce sobre às moléculas deste líquido que se encontra em certa profundidade na massa é igual a esta pressão acrescida do peso do líquido correspondente a sua profundidade.

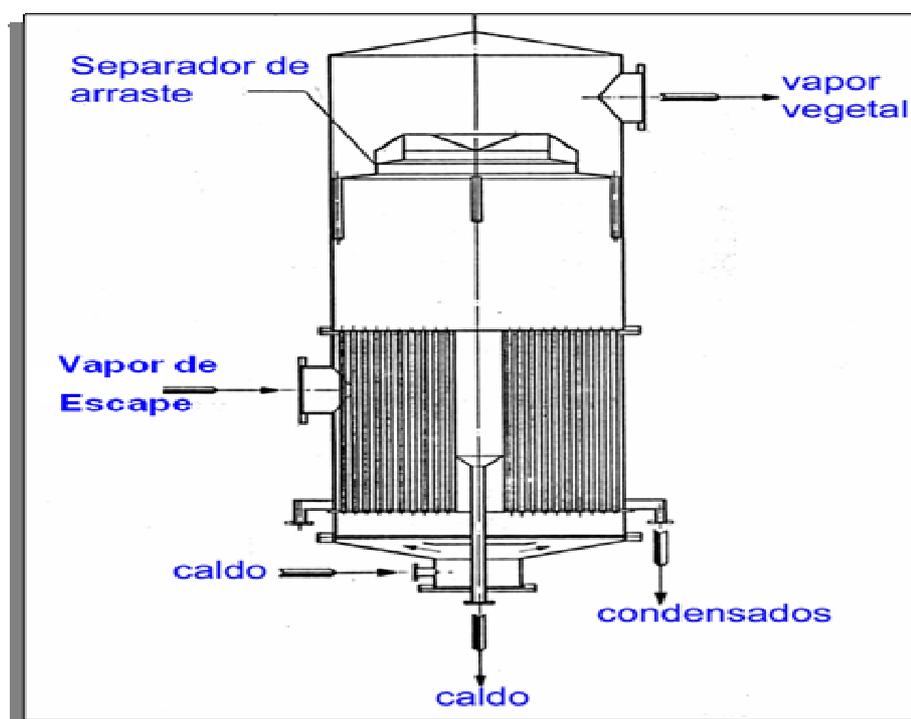
O sistema de formação de vácuo nas 4<sup>o</sup> caixas, segue esta regra e se faz necessário para que o líquido no interior do aparelho evapore a temperatura menor que das caixas anteriores. (tabela 1)

**Tabela 1** – Formação vácuo x temperatura evaporação.

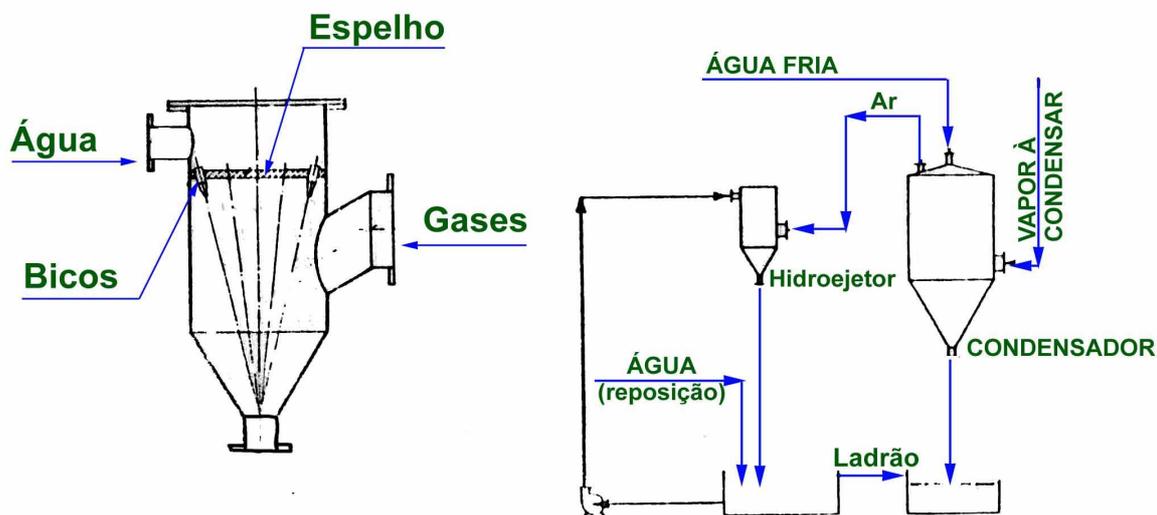
Vácuo ( Pol Hg)	Temperatura (°C)
26	52
25	57
24	61
23	64

**Fonte:** CTC Centro de Tecnologia Canavieira. **Operação Evaporadores**, (1996. p. 29).

De maneira geral, o sistema é constituído de três a cinco efeitos, onde o primeiro, denominado pré-evaporador (figura 2), tem a sua superfície de troca térmica maior do que a dos efeitos seguintes. Parte dos efeitos trabalha com pressão abaixo da atmosférica, mantida por condensadores barométricos (figura 3).

**Figura 2** - Pré Evaporador Convencional.

**Fonte:** EBA consultoria e treinamentos. **Processo de Fabricação de Açúcar**, (2002. p. 115).



**Figura 3-** Ocorrência de incrustação nos efeitos de evaporação.

**Fonte:** CTC Centro de Tecnologia Canavieira. **Operação Evaporadores**, (1996. p. 23).

A maior área do pré-evaporador é proposital para que se tenha um excesso de vapor vegetal produzido (proveniente da evaporação do caldo), que pode ser extraído (sangrado) e utilizado em outras etapas do processo, como nos trocadores de calor e cristalizadores.

O vapor que alimenta o pré-evaporador é o vapor de escape com pressão em torno de 2,3 kgf/cm<sup>2</sup> abs (2,26 bar), proveniente das turbinas que trabalham a alta pressão (~22 bar). O coeficiente de troca térmica se relaciona diretamente com a extensão do calor trocado pelo sistema e pode ser usado para avaliar o desempenho do equipamento.

No que diz respeito aos extremos de temperatura possíveis para o caldo na evaporação, o limite superior é estabelecido pela caramelização do açúcar no caldo, enquanto que o limite inferior é dado pela qualidade do vácuo obtido no ultimo efeito. Quanto ao controle do EME (Evaporador Múltiplo Efeito), este pode ser efetuado de várias maneiras (JESUS E ALMEIDA, 1999. apud JESUS, 2004), normalmente tendo como objetivo final o controle a concentração de

saída do equipamento, porém poucas são as usinas que realmente o implementam de forma automatizada.

O vácuo é freqüentemente estabelecido da seguinte maneira por meio de um ejetor se estabelece o vácuo em um recipiente fechado denominado condensador, que está em comunicação com os aparelhos nos quais se deseja gerar vácuo. Uma bomba leva água fria (que assegura a condensação do vapor vindo dos cozedores ou do EME) para este condensador, colocado a uma altura suficiente para que a água esorra por gravidade juntamente com o vapor condensado, A água é resfriada e reconduzida ao condensador como água fria, descrevendo um circuito fechado.

Segundo CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, a impurezas presentes no caldo aumentam gradativamente da primeira a ultima caixa. Estas impurezas se tornam menos solúveis precipitando e posteriormente se depositam na superfície internas dos tubos da calandra, formando incrustações. Esta ocorrência pode ser por condições irregulares da operação, como: temperatura elevada na superfície de aquecimento, circulação deficiente do caldo no interior dos tubos, etc.

As incrustações são basicamente constituídas por açucars orgânicos e inorgânicos, sendo sempre o cálcio o cátion ( $\text{Ca}^{++}$ ) predominante, seguido pelo magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), combinados com sulfatos, silicatos e fosfatos. ( $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{SiO}^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ )

A concentração de incrustações é sempre maior no ultimo efeito, na tabela 2 é resumido a distribuição de incrustação nos efeitos:

**Tabela 2** - Ocorrência de incrustação nos efeitos de evaporação.

Efeitos	1°	2°	3°	4°
% incrustações	10 - 25	5 - 10	5 - 15	30 - 55

**Fonte:** CTC Centro de Tecnologia Canavieira. **Operação Evaporadores**, , (1996, p. 33).

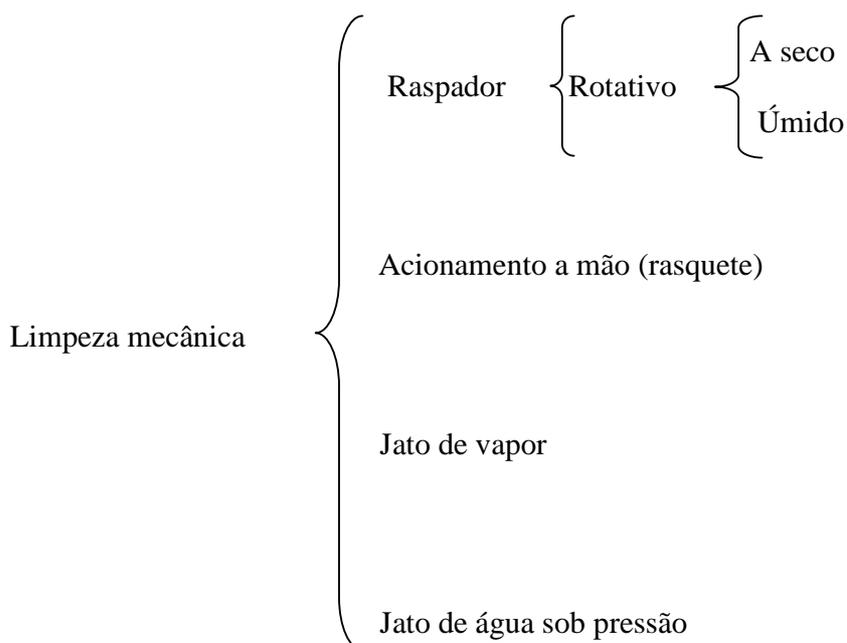
Uma maneira de minimizar a formação de incrustação nos equipamentos é melhorar o controle de processo nas etapas de sulfitação – dosagem – aquecimento – flasheamento – decantação – filtração, para que diminua os excessos de cátions e ânions que formarão precipitados, evitar oscilações de vazão e garantir uma boa circulação de caldo na calandra do equipamento.

### 3.2 Métodos de limpeza dos equipamentos

Nos evaporadores são realizadas limpezas freqüentes durante a safra, de acordo com a perda de eficiência do equipamento ou paradas programadas. Para que não comprometa a eficiência do processo em si, geralmente estas limpezas são programadas em manutenções preventivas ou utilização de equipamentos reservas.

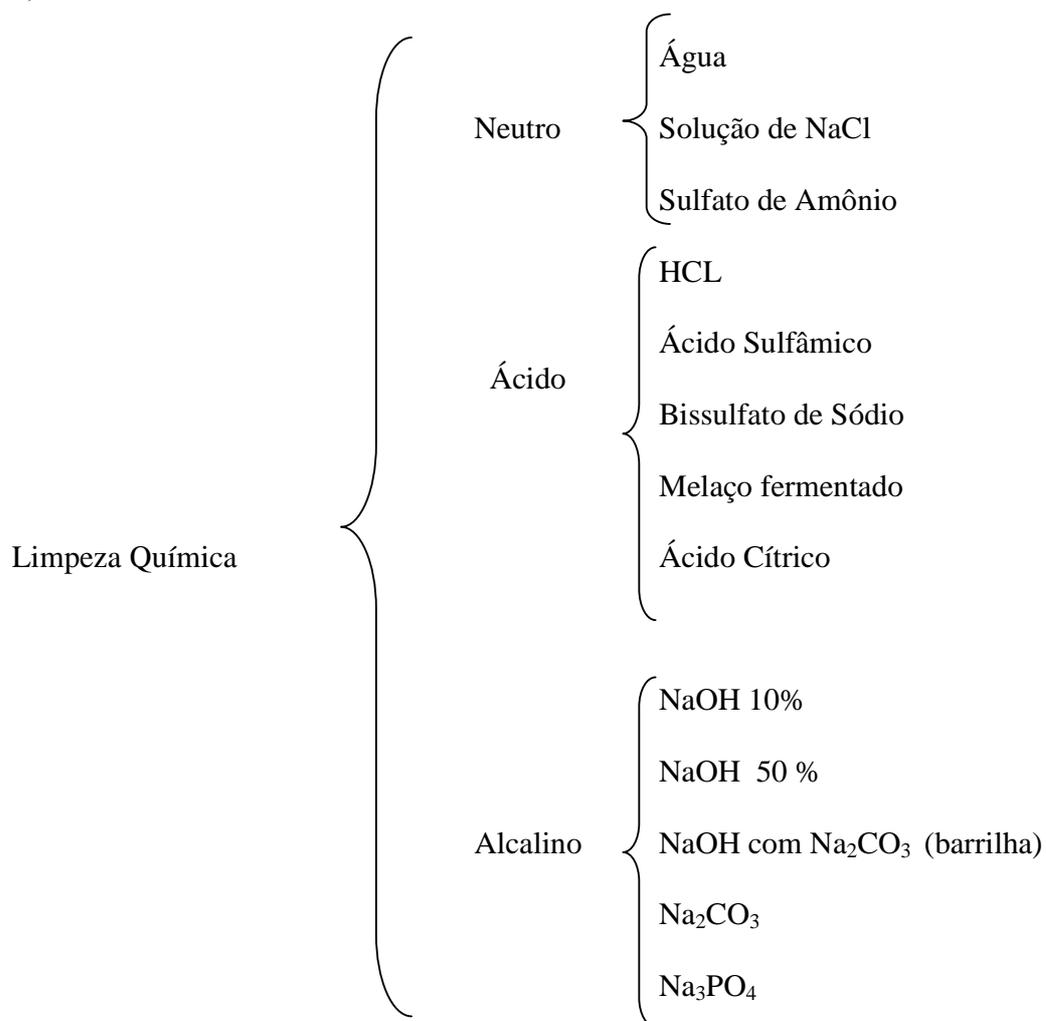
Os métodos de limpeza são variados e dependem de 4 fatores: custos dos produtos químicos a serem utilizados na limpeza, custo da mão de obra, manutenção dos equipamentos a serem utilizados e tempo disponível para limpeza.

a)



Atualmente o mecanismo mais utilizado para este tipo de limpeza é o jato de água sob pressão que reduz o índice de acidentes em relação ao demais e menor mão de obra utilizada.

b)



Os dados das soluções citadas é na maioria histórico. Normalmente no Brasil a limpeza química é realizada pela fervura de soda (concentração 10 a 50 %) na calandra do evaporador por aproximadamente 4 horas. Mas a limpeza mais comumente utilizada é a limpeza mista que utiliza os dois métodos, onde:

1° etapa: ferve a soda 10 % por aproximadamente 2 horas, para amolecer a incrustação.

2° etapa: efetua a limpeza mecânica convencional.

### **3.3 Fatores importantes na etapa de Evaporação**

Retirada de incondensáveis da calandra deve ser suficiente, para uma boa circulação de vapor;

Nível das caixas manter cerca de 1/3 da calandra, para uma boa circulação de caldo ;

Monitoramento do brix do xarope:

- Brix acima de 72%, pode iniciar o processo de cristalização;
- Brix baixo aumenta o consumo de vapor e tempo de cozimento;

Deve-se checar a bomba regularmente para evitar vazamento de xarope, evitando perdas, pois o produto está concentrado.

Manter o vácuo da última caixa acima de 24 Pol Hg, pois influência diretamente na evaporação por reduzir o ponto de ebulição do líquido.

### **4. Flotação de Xarope**

A flotação é um processo para retirada de impurezas do xarope, principalmente substâncias que dão cor ao açúcar, onde ocorre a separação sólido-líquido e líquido-líquido onde os materiais em suspensão são aderidos a bolhas de gás (geralmente ar), o que os torna mais leves

que o meio em que se encontram. Os flocos formados tendem a flutuar na superfície do meio, de onde são removidos na forma de um lodo ou espuma.

Devido à alta densidade e viscosidade do xarope, a clarificação do xarope por decantação é um processo lento e ineficiente. Ao contrário, a elevada densidade do xarope e a natureza hidrofóbica das impurezas (capacidade de formação de flocos), favorecem a separação por flotação.

Dentre os compostos responsáveis pela cor do açúcar e maior viscosidade do xarope, os mais relevantes são os polifenóis, aminoácidos, componentes do solo, ferro, açúcares redutores diversos, gomas e outros polissacarídeos, hidroximetil furfural (HMF), clorofila, etc.

#### **4.1 Processo de Flotação**

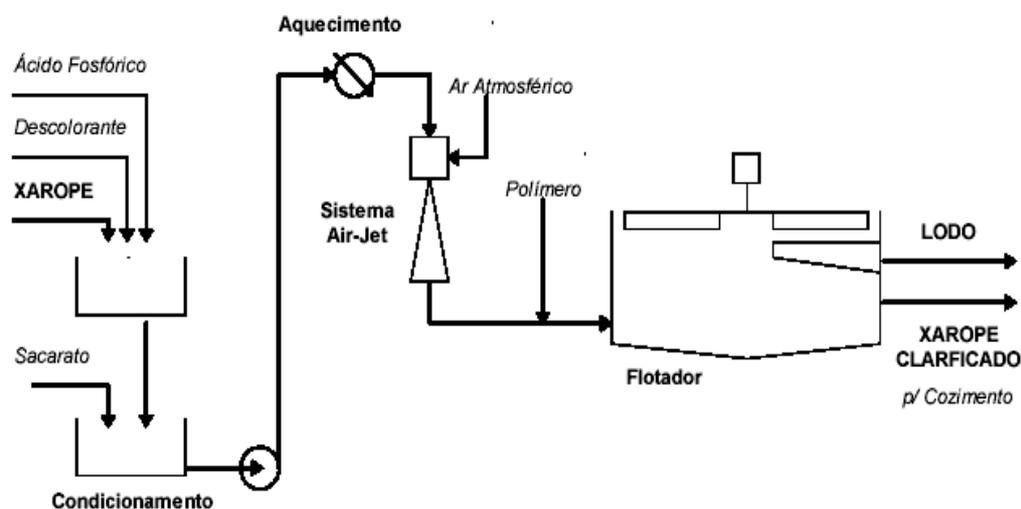
Por ser um processo de separação físico-químico, a flotação envolve uma série de etapas distintas que devem ser realizadas de acordo com uma seqüência específica. Cada etapa e sua ordenação dependem do processo em questão.

De forma geral, a flotação envolve as etapas:

- Aplicação de descolorante (sulfactante catiônico) e ácido fosfórico.
- Condicionamento, força as partículas a se tornarem hidrófobas ou hidrofílicas (precipitar ou aglomerar pequenos flocos).
- Aquecimento , a temperatura auxilia na reação e redução da viscosidade (capacidade do sólido passar pelo líquido), recomenda-se temperaturas  $> 80^{\circ} \text{C}$ .( figura 5 - Viscosidade x brix x temperatura)
- Aplicação de polietrolito (polímero).

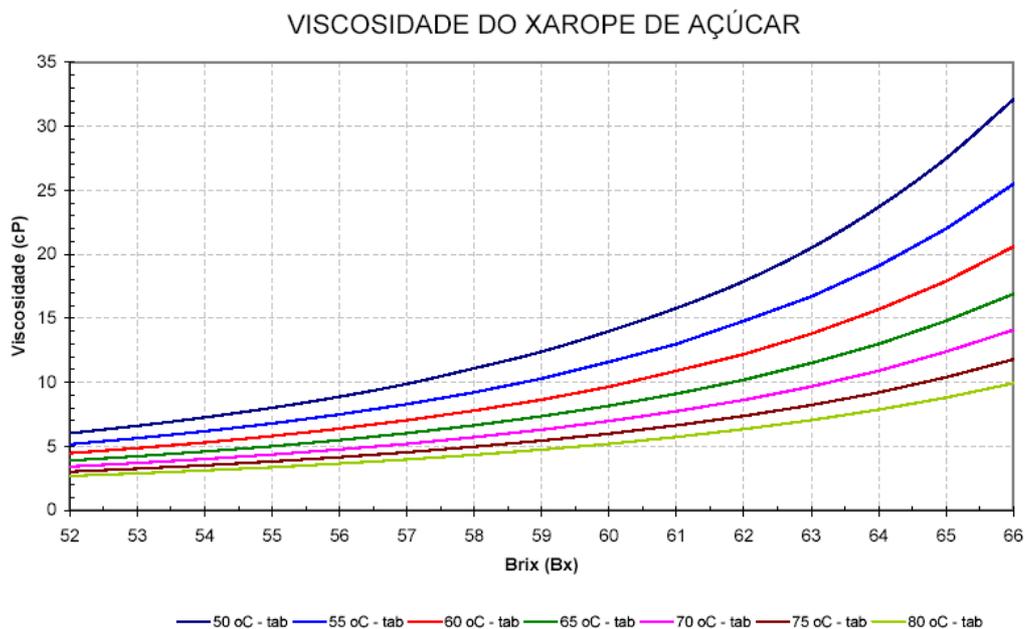
- Aeração é feita a adição de microbolhas de ar que vão se unir às partículas a serem separadas do meio, tornando-as menos densas que o líquido e, portanto, propensas a flotação.
- Macrofloculação, ocorre quando as microbolhas arrastam por aprisionamento formando flocos de tamanho maior e ficando propensa a flotação.
- Separação fases, consiste na retirada das partículas da superfície que se forma pela flotação por meio de raspadores.

Segue fluxograma do processo de flotação de xarope.



**Figura 4** - Fluxograma flotação de xarope.

**Fonte:** ENGENHO NOVO Tecnologia Ltda. **Processo de Flotação no Tratamento de Xarope de Açúcar.** (2002. p. 11).



**Figura 5** - Viscosidade do xarope de açúcar.

**Fonte:** ENGENHO NOVO Tecnologia Ltda. **Processo de Flotação no Tratamento de Xarope de Açúcar.** (2002. p. 15)

## 5. Cristalização do Açúcar

Nesta etapa da produção do açúcar ocorre a cristalização da sacarose contida no xarope proveniente da seção de evaporação. A solução viscosa constituída de licor-mãe e cristais é agora denominada massa cozida.

Sua consistência não mais permite fervê-la em tubos estreitos e fazê-la circular facilmente de um corpo de evaporação a outro como no caso do EME. É utilizado então um cristalizador, que possui detalhes dimensionais melhores adaptados ao produto viscoso que dever ser concentrado. Este equipamento é geralmente denominado cozedor, cozedor à vácuo ou simplesmente vácuo.

A solubilidade da sacarose na água varia de acordo com a temperatura e aumenta rapidamente com esta. A 40 ° C, por exemplo, é possível dissolver 2,334 kg de açúcar puro em 1 kg de água; a 80 ° C, dissolvem-se 3,703 kg. Nestas condições a solução é dita saturada. Na prática, as soluções apresentam outras substâncias dissolvidas além do açúcar. Esta substância modifica a solubilidade do açúcar, reduzindo-a na mesma proporção que a pureza.

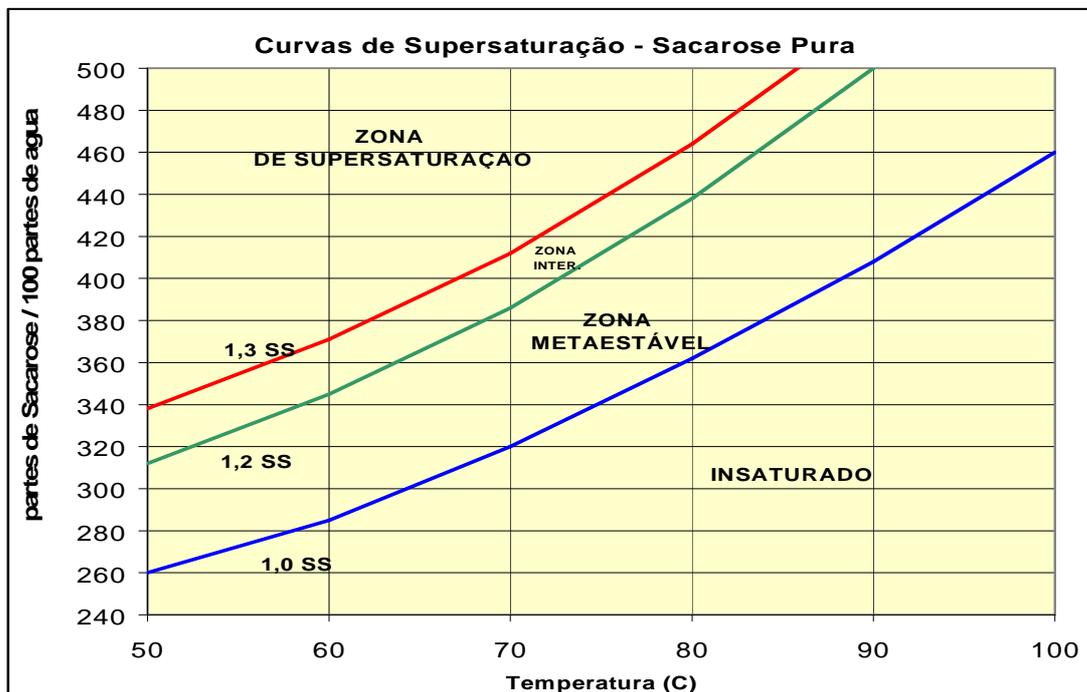
### **5.1 Zonas de Supersaturação**

Na fase supersaturada, onde há mais açúcar dissolvido que no equilíbrio a uma dada temperatura, distinguem-se três zonas: (Figura 6)

**Zona metaestável:** Esta é a mais próxima da saturação onde os cristais existentes aumentam de tamanho sem haver formação de novos cristais;

**Zona intermediária:** Nesta região, pode haver formação eventual de novos cristais desde que já existam cristais crescendo no meio;

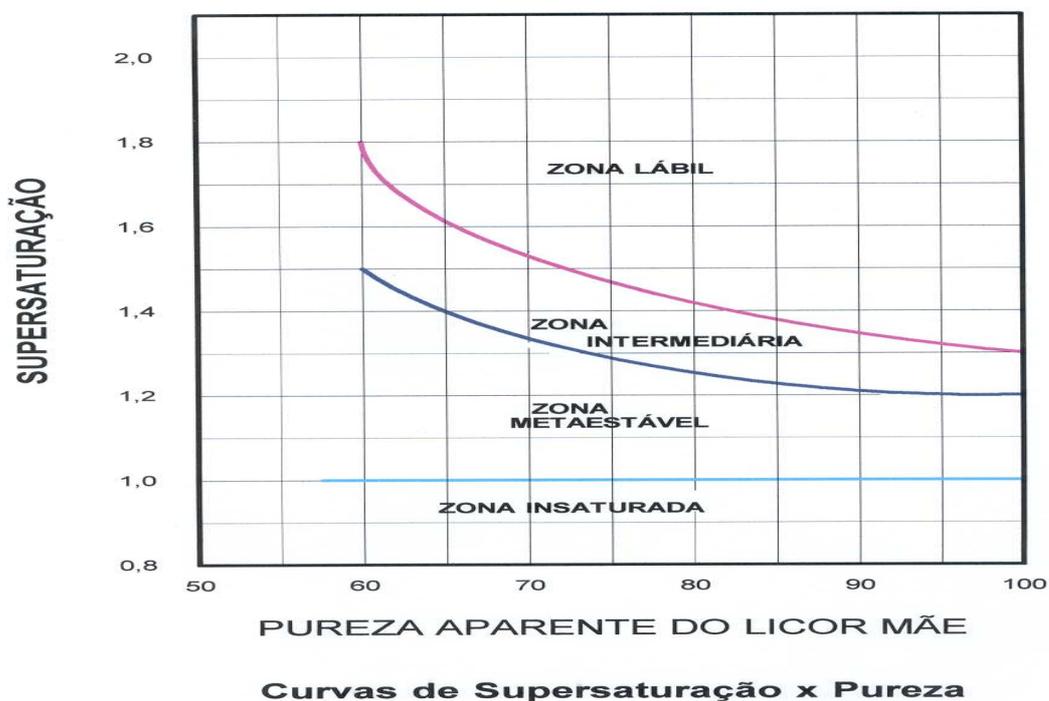
**Zona lábil:** Nesta fase, há simultaneamente crescimento e formação espontânea de novos cristais.



**Figura 6** - Curva de supersaturação sacarose.

**Fonte:** REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** (2004 . p. 168).

A separação entre as duas primeiras zonas é muito variável e controversa já que depende da pureza do licor-mãe ( figura 7 – Curva de supersaturação x pureza do licor mãe).



**Figura 7** - Curva de Supersaturação X Pureza.

**Fonte:** REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** (004 . p. 30).

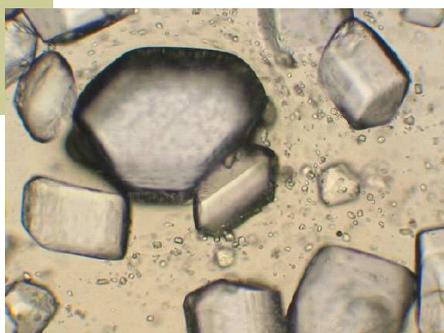
Para se iniciar um cozimento, introduz-se um volume mínimo de xarope no cozedor, conhecido como volume de granagem ou “pé de cozimento”. Este volume inicial deve cobrir toda a calandra, do contrário, a ebulição lançaria o xarope sobre as partes metálicas aquecidas e ainda descobertas, provocando perdas por caramelização e alterações na coloração do açúcar.

No cozimento, a pressão hidrostática exerce uma influência ainda maior que na evaporação. À medida que o volume de cozimento vai aumentando, aumenta também a pressão hidrostática nas camadas inferiores da massa cozida. Isto pode fazer, em determinado momento, com que estas camadas não alcancem temperatura suficiente para entrar em ebulição. Prejudicando assim a boa circulação da massa cozida dentro do cozedor; fator muito importante durante esta etapa do processo.

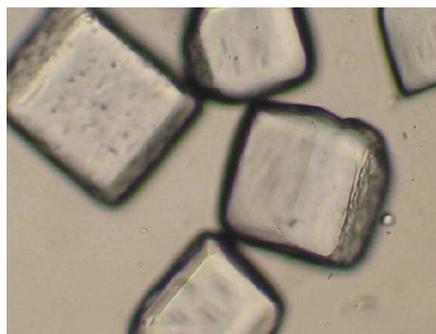
As duas maneiras mais comuns de se iniciar a cristalização são:

**Cristalização por espera** – consiste em elevar a concentração do xarope de forma que a zona lábil seja atingida por um certo período de tempo, sendo a seguir diluído, a fim de trazer a supersaturação de volta a zona metaestável, onde os cristais crescerão.

**Cristalização por sementeira verdadeira** - consiste na elevação da concentração da solução até a zona metaestável, onde se introduz no cozedor uma certa quantidade de cristais de açúcar (semente) que crescerão até o tamanho desejado. Atualmente, este é o método empregado pela maioria das usinas brasileiras e visa garantir uma maior homogeneidade e granulométrica do açúcar. Importante que após a introdução da semente deve ser adicionado água no interior do cozedor para que sejam diluídos os cristais menores e algumas deformações nos demais, conforme figura 8.



Granagem sem lavagem  
do cristal.



Granagem com lavagem  
do cristal.

8

**Figura 8** – Comparativo Cristais com a técnica de lavagem após granagem.  
**Fonte:** Grupo Equipav. **Treinamento Cozimento do Açúcar.** (2003. p. 08)

A semente é preparada em um tambor com açúcar, álcool e bolas de aço para ocorrer a trituração. Esta semente se forma contendo microscópicas partículas de açúcar que irão crescer nos cozedores.

## **5.2 Preparo da semente**

- Constituintes : 1,0 kg de açúcar para cada 2,0 litros de álcool.
- Moer em moinho de bolas de aço (15 a 20 mm diâmetro) pelo maior espaço de tempo possível (10, 15, 24:00 horas e até 5 dias se possível). Deve-se obter uma pasta muito fina e regular.
- Deixar a semente descansar pelo maior período de tempo disponível (até 15 dias se for possível), promovendo-se agitação vigorosa, no mínimo uma vez por dia.

Segundo REUNION (2004), a quantidade de semente a ser introduzida, segue regra geral a utilização de cerca de 100 a 200 ml de pasta de semente para cada 100 hl de massa cozida final a ser arriada.

Pode-se exemplificar que para cozedores de massa B, a quantidade de semente pode ser alterada de acordo medição dos cristais num microscópio com ocular graduada, de forma a se obter cristais com cerca de 0,25 a 0,30 mm. Importante que os operadores de vácuos tenham uma lupa de aumento de 15 a 20 vezes para observação do crescimento dos cristais.

## **5.3 Métodos de esgotamento**

Após o cozimento, os cristais formados são separados através de centrifugação e fica retido na peneira (cestas). Este açúcar é denominado açúcar de primeira e normalmente é comercializado, O licor-mãe separado na centrifugação é chamado mel de primeira.

O mel de primeira ainda possui uma grande proporção de açúcar cristalizável, porém de qualidade inferior, Este mel pode ser usado para formar uma massa cozida de segunda, que fornecerá mel de segunda e açúcar de segunda (Oliveira, 1964, apud JESUS, 2004).

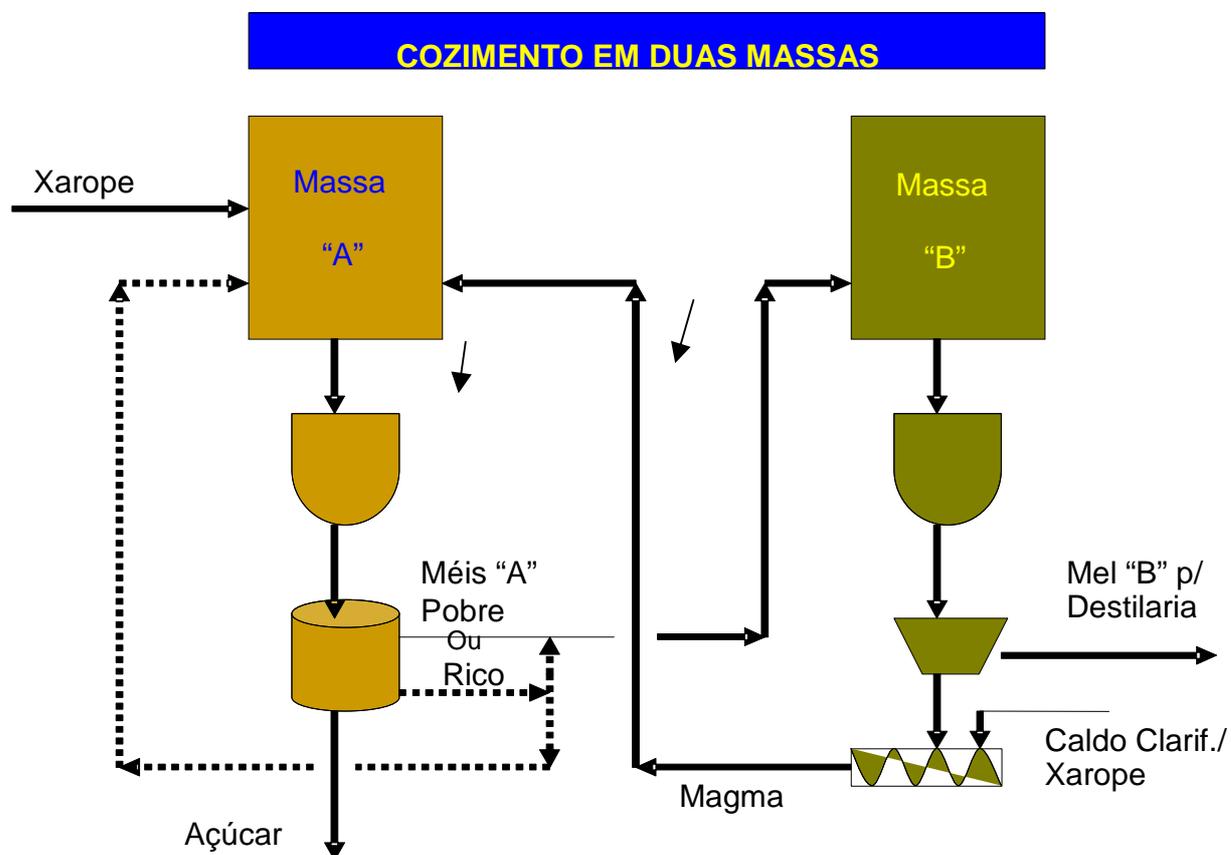
Esta operação pode ainda ser repetida, mas o numero de massas cozidas é rapidamente limitado: o mel fica cada vez mais pobre em açúcar e nem todo açúcar contido no mel é cristalizável. Sua viscosidade vai aumentando, tornando-o de difícil operação. O ultimo mel obtido é chamado de melaço ou de mel final e é utilizado pelas destilarias na produção de álcool etílico.

Existem vários métodos de esgotamento, porém todos são baseados na queda de pureza do mel. Um modo prático de se determinar a pureza é a relação entre POL (percentagem em peso de sacarose aparente) e Brix (percentagem em peso dos sólidos solúveis em solução) ou seja:

$$\text{Pureza aparente \%} = 100 \text{ Pol} / \text{Brix}$$

Atualmente, o método de esgotamento mais utilizado no Brasil é o processo de duas massas cozidas ou variações deste. Nele, trabalha-se com uma massa cozida de primeira e outra de segunda. O mel final obtido ainda apresenta recurso esgotável. Esgotar muito este mel final aumentaria os custos da produção de açúcar e poderia provocar falta de matéria prima para produção de álcool.

A figura esquematizada a seguir, ilustra o processo de cozimento de duas massas (Figura 9). Apesar de estarem sendo mostrados apenas cristalizadores que operam em regime de batelada, é possível encontrar em poucas unidades industriais, cristalizadores contínuos, que estão substituindo principalmente os cristalizadores de segunda ou massa B.



**Figura 9** - Método de esgotamento de duas massas.

**Fonte:** REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** (2004 . p. 46).

A figura mostra uma massa cozida de primeira, com aproximadamente 75 % de pureza, sendo obtida a partir de um “pé de cozimento” formado pelo magma (açúcar de segunda dissolvido) e pela alimentação de xarope puro nos cozedores de massa A, desta massa cozida obtém o açúcar de primeira, geralmente comercializado, e o mel pobre. A matéria açucarada que fica no cesto das centrifugas é dissolvida com vapor ou água e forma o mel rico.

A massa cozida de segunda, com pureza ente 60 e 70 %, é obtida a partir da mistura de xarope e mel nos cozedores de massa B . Esta massa cozida produz o mel final, que pode seguir para a destilaria, e o açúcar de segunda ou magma, que é utilizado para o cozimento de primeira e misturado com o xarope puro, por possuir pureza elevada (~90%).

O cozimento de duas massas pode apresentar algumas pequenas variações, como por exemplo, sistema de duas massas com afinação. Este sistema é igual ao descrito acima, porém a modificação surge na turbinagem da massa de segunda. O açúcar de segunda ou magma é misturado com xarope e/ou água quente, formando uma nova massa que é turbinada, obtendo-se magma afinado, utilizado no cozimento de primeira, e mel afinado, utilizado no cozimento de segunda. Este recurso serve para aumentar a pureza do magma de 90% para 98 % (pureza do magma afinado), pois o cozimento de primeira será melhor realizado, quanto mais pura forem as matérias utilizadas. A nível de operação esta técnica é chamada de diluição de magma.

Tão logo sejam formados os cristais de sacarose (DNA) quantidade e tamanho desejado, encerra-se a operação de cozimento ou cristalização. A suspensão é descarregada em um tanque intermediário onde a massa resfria (cristalizador), antes de seguir para as centrifugas que separam os cristais do mel. A razão para esta etapa intermediária é que a massa cozida, que sai do cozedor, apresenta uma supersaturação muito pronunciada. Deixando-a em repouso, o açúcar ainda contido no licor-mãe continua a deposita-se sobre os cristais. Esta massa é agitada constantemente visando mudar as posições relativas das porções de licor-mãe e dos cristais.

A massa é enviada para as centrifugas para que os cristais sejam separados. Os cristais são retidos pela tela do cesto onde inicialmente a massa está presente. O mel ultrapassa as perfurações desta tela e é recolhido em tanques.

É chamado de ciclo completo de turbinagem o tempo desde o carregamento da centrifuga até a descarga dos produtos finais. Sob o ponto de vista da turbinagem (centrifugação), pode-se distinguir três frações de mel:

-O excesso de mel, que é a porção acima da necessária para preencher os espaços entre os cristais. Este excesso é expulso facilmente;

- A porção necessária ao preenchimento dos espaços entre os cristais, é de remoção mais difícil que a primeira e sai com a centrifugação da massa;

- A película de mel que envolve os cristais. Esta consiste na pulverização de água porções de mel. A água lava a película e a arrasta, ao mesmo tempo em que dissolve um pouco de açúcar.

Por causa desta película, não é possível produzir açúcar comercial aceitável sem executar a lavagem dos cristais. Esta consiste na pulverização de água superaquecida ou vapor sobre a camada de açúcar, após a separação das primeiras porções de mel. A água lava a película e a arrasta, ao mesmo tempo em que dissolve um pouco de açúcar. Deste modo, a lavagem fornece um mel com uma pureza elevada (+ - 81%), chamado de mel rico. Pode ser utilizado também vapor de baixa pressão no lugar de água, pois este dissolve menos o açúcar e aquece melhor a massa turbinada, melhorando assim, sua fluidez.

“Cozimento não é uma arte, mas somente uma questão de observação e hábito”, (GENIE, I.S.J., 1962, p. 232 apud JESUS, 2004).

O açúcar já centrifugado é descarregado em esteiras ou bicas de jogo e segue para a secagem e posteriormente armazenado de acordo com sua classificação. Caso o açúcar seja desclassificado dos padrões de qualidade, ele segue para reprocesso (Tabela 3).

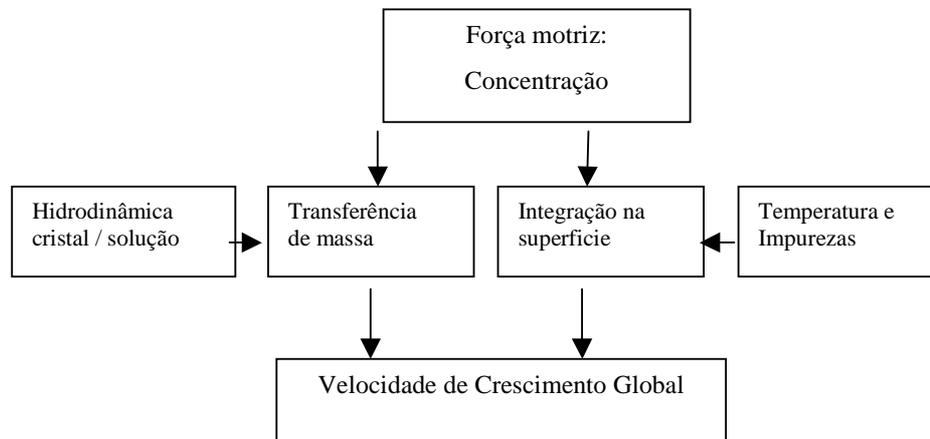
**Tabela 3 – Especificação do Açúcar.**

<b>Análises Classificatórias</b>										
Características	Unidade		TIPO DE AÇÚCAR							
			Tipo 1	Tipo 2 A	Tipo 2 B	Tipo 2 C	Tipo 2G	Tipo 3	Tipo 3 B	Tipo 4
Cor ICUMSA	UI	máx.	100	150	150	150	150	180	250	400
Resíduos Insolúveis (comparativo)	1 a 10	máx.	5	5	9	5	4	9	-	-
Pontos Pretos	nº / 100g	máx.	7	7	15	12	7	15	30	-
Part. Magnetizáveis	mg / kg	máx.	2	1	5	5	1	5	10	-
Polarização	ºZ	mín.	99,80	99,70	99,70	99,70	99,70	99,70	99,50	99,50
Umidade	%	máx.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,10	0,10
Cinzas	%	máx.	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,10	0,10
Sulfito	mg / kg	máx.	15	10	15	15	10	15	20	20
Dextrana	mg / kg	máx.	-	100	-	-	100	150	-	-
Amido	mg / kg	máx.	-	180	-	-	180	180	-	-
Turbidez	NTU	máx.	-	20	-	20	20	20	-	-
Floco Alcoólico	Abs. 420	máx.	-	-	-	0,120	-	-	-	-
Granulometria	AM em mm		-	-	-	-	< 0,6	-	-	-
	CV em %		-	-	-	-	< 35	-	-	-
	% passante # 70	máx.	-	-	-	7,5	-	-	-	-
Aparência	-		Cristal branco, sem empedramento							
Sabor	-		Doce característico							
Odor	-		Característico, sem odor desagradável							

Fonte: Copersucar, 2007.

### 5.3 Cristalização Industrial

No processo de cristalização, dois passos estão envolvidos na formação de cristais macroscópicos: surgimento de núcleos e o crescimento destes núcleos. A natureza complexa do fenômeno de crescimento de cristais vem de relações entre transferência de massa e resistência a integração superficial, necessitando-se algumas vezes de conhecimento do comportamento hidrodinâmico dos sistemas (figura 10). (RANDOLPH E LARSON, 1988 apud JESUS, 2004)



**Figura 10** - Fatores que influenciam a velocidade de crescimento global dos cristais.

**Fonte:** Randolph e Larson, (1988) apud Jesus, (2004. p.16).

Mesmo em experimentos bem controlados, existe uma variação na velocidade de crescimento dos cristais. Este fenômeno é chamado de dispersão na velocidade de crescimento, e demonstra influência de fatores estocásticos no processo. Como não haverá duas partículas com exatamente o mesmo tamanho, a caracterização do material deve ser feita por meio da distribuição de tamanhos de partícula (DTP), no caso de cristais por meio de distribuição de tamanho de cristais (DTC).

A contagem e medição do tamanho de partículas utilizando um microscópio é um trabalho tedioso e que toma um grande tempo, enquanto que o peneiramento é provavelmente o mais fácil e certamente o método mais popular, embora tenha certas restrições de aplicabilidade. Uma técnica apropriada para a análise de pequenos cristais é o princípio do contador Coutler, Já outra técnica que esta ganhando cada vez mais espaço no auxilio de contagem e determinação do tamanho de partículas é a analise de imagens.

#### **5.4 Fatores importantes no processo de cozimento**

Os méis devem ser diluídos aproximadamente a 65°Bx .

O xarope deverá estar em concentração de aproximadamente 70 ° Bx.

O licor mãe (méis e xarope), estiverem em concentrações baixas, ocorre do cristal ficar de tamanho maior, devido a água existente diluir os menores e assim os existente terão mais sacarose. Concentrações altas, ocorre do cristal ficar de tamanho menor, devido a sacarose ser distribuída a todos os cristais..

O xarope e os méis devem estar isentos de cristais de açúcar. Para que não ocorra crescimento a despadronização.

Mesmo em cozedores automatizados, se faz necessário o acompanhamento do operador de campo.

Os cozedores devem ser lavados com água em evaporação em média por 30 minutos a cada 24 horas ou assim que for necessário. O objetivo é melhor a troca térmica do equipamento, eliminar desenvolvimento de contaminantes no açúcar e cristais falsos.

Manter a supersaturação constante através da alimentação de xarope ou mel, além de procurar manter as condições o mais estáveis possível.

Após cada cozimento se observar que o açúcar não tenha adquirido a granulométrica visual necessária, se faz necessária realizar cortes nos demais cozedores e alimentar os cristais novamente.

Na execução de cortes direto, cuidado durante a transferência. Diferencial de pressão muito grande pode levar a massa a flashear no tubo (evaporar), aumentando a supersaturação, favorecendo o empoeiramento. Na pratica (pressão do vácuo que cede a massa - pressão do vácuo que recebe a massa ) = 1 Pol Hg.

As tubulações de corte devem ser limpas a cada corte.

Ocorrência de empoeiramento dos vácuos (formação de novos cristais) ou derretimento da massa, se faz necessário retorno o conteúdo para reprocesso.

Segundo Hugot. (1969, p. 490), uma maneira de avaliar o processo de esgotamento é calcular a recuperação da fábrica que deverá ficar acima de 70 % - Fórmula SJM

□ R = Recuperação

$$R(\%) = \frac{S(J - M)}{J(S - M)} \times 100$$

□ S = Pureza do Açúcar

□ J = Pureza do Caldo

□ M = Pureza do Mel Final

## 6. Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade

O conceito de "Garantia" está associado ao risco potencial de não-qualidade. Em outras palavras, um produto (bem ou serviço) tem garantia de qualidade quando seu fornecedor estabelece um processo para o fornecimento deste produto de tal forma que a probabilidade de falhas no produto seja nula.

Um Sistema de Garantia da Qualidade é um conjunto planejado de atividades, que se adiciona ao processo natural de fornecimento de um dado produto, com o objetivo de reduzir o risco de falhas.

Os Sistemas de Garantia da Qualidade foram inicialmente desenvolvidos a partir de exigência explícita de clientes em determinados segmentos de mercado. Esses segmentos de mercado se caracterizavam pelo fato de que o custo provocado pela não-qualidade do material recebido por esses clientes era muitas vezes superior ao preço do material adquirido.

Todo processo de Fabricação do Açúcar, desde a lavoura até a estocagem é realizado um monitoramento por meios analíticos e experimentais para garantir o controle de qualidade e obter o produto nas condições necessários para comercialização.

## **6.1 Programas do Sistema de Gestão da Garantia da Qualidade**

Para que o controle de qualidade do produto tenha bons resultados, são implantados diversos programas de Sistema de Gestão de Qualidade, e cada um com uma finalidade específica, sendo:

### **Housekeeping 5 S**

Programa 5S é uma filosofia de trabalho que busca promover a disciplina na empresa através de consciência e responsabilidade de todos, de forma a tornar o ambiente de trabalho agradável, seguro e produtivo.

### **ISO 9001:2000**

É uma norma internacional que define os padrões mínimos para gerenciar o *Sistema da Qualidade* de uma empresa e orienta suas ações com foco nos processos necessários para a satisfação do cliente e demonstrar que a organização é capaz de satisfazer necessidades e obter a Melhoria Contínua de seus processos e produtos, com base em modelo reconhecido internacionalmente.

### **ISO 22000:2005 – Sistema de Gestão da Segurança de Alimentos**

É uma norma internacional que estabelece as melhores práticas a serem adotadas na condução do Sistema de Gestão de Segurança de Alimentos para qualquer organização da cadeia de alimento (sólidos ou líquidos). Trata-se de um modelo reconhecido internacionalmente e começa a ser aplicado em todo o mundo, permite estabelecer através de procedimentos

devidamente planejados e documentados, indicadores de desempenho dos processos e do próprio Sistema, também traz requisitos para um Sistema de Gestão completo para a segurança na produção de alimentos, excedendo os requisitos do HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point - Ponto de Controle Crítico de Análises de Risco). Visa também demonstrar a habilidade da empresa em controlar os riscos e perigos na segurança dos alimentos e procurar constantemente gerar produtos finais seguros. O objetivo é atender de forma satisfatória, tanto os requisitos acordados com os Clientes, como os aspectos regulamentares aplicáveis à cadeia de segurança do alimento.

### **Food Safty** – Segurança dos Alimentos

São procedimentos e práticas que devemos adotar no processo de Fabricação quais são imprescindíveis para obtenção de um produto de qualificação segura e própria para consumo.

### **HACCP** - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle

Garantir a fabricação de produtos livres de contaminação prejudiciais à saúde do consumidor e adequados às necessidades dos nossos Clientes. São identificados pontos críticos de controle no processo de fabricação que possam comprometer o produto e monitorados frequentemente para corrigir possíveis desvios.

### **MIP** – Manejo Integrado de Pragas.

Eliminar as condições propícias à instalação, proliferação e dispersão das pragas, que possam afetar a qualidade higiênica, nutricional e comercial dos produtos.

**GMP - Boas Prática de Fabricação.**

Estabelecer critérios na área de fabricação que garantem que não existam contaminações do produto por objetos ou manuseio de pessoas diretamente no alimento sem que haja uma devida proteção como: Uso de Jalecos, tocas, pantufas e que não utilizem adornas nas áreas críticas que tem manipulação direta do alimento. Também gerencia toda parte de manutenção, higienização da área.

**Diferencial de Serviços Coopersucar**

A Coopersucar instituiu um programa denominado Diferencial de Serviços, pelo qual as unidades Cooperadas passam por uma auditoria da qualidade e recebem uma classificação, que representa o nível de qualidade de seus produtos e serviços em relação às exigências do Mercado.

É a elaboração de um Sistema de incentivo às Unidades Cooperadas, visando qualificá-las à atender as crescentes exigências de nível de atendimento do mercado.

Para que os consumidores tenham certeza que o produto está sendo fabricados de acordo normas pré-estabelecidas, como no caso da ISO são realizadas auditorias anualmente para revalidação da certificação e as usinas cooperadas a Coopersucar é feita uma auditoria a parte denominada diferencia Coopersucar, que busca avaliar como estão as empresas cooperadas e é divulgada na mídia a classificação.

Todo açúcar produzido para comercialização, segue normas de classificação, onde se diferem o valor agregado e as variadas áreas de utilização. (tabela 3 – Classificação do Açúcar. p. 36 ).

## 7. CONCLUSÃO

Estão empregadas no processo de Fabricação do Açúcar Cristal, diversas técnicas da área de física, química e grande parte na experiência operacional, que por meio de diversas tabelas e gráficos, estão inseridas informações que se conseguiu produzir o produto nas condições estabelecidas.

Dentro das técnicas comentadas, é imprescindível a experiência de operação que no decorrer das etapas de evaporação e cozimento, vão sendo analisadas e tomadas as devidas ações necessários para que o produto em fabricação esteja sendo produzido de acordo com as técnicas de orientação.

Conforme cita: Genie, (1962), apud Jesus, 2004 “Cozimento não é uma arte, mas somente uma questão de observação e hábito”.

O Sistema de Gestão da Qualidade é outro fator importante para boa aceitação do produto no mercado interno e externo. Onde são aplicados diversos programas, como: ISO 9000, ISO 22000, HACCP, GMP pessoal, Food Safty, Housekeeping 5 s, MIP e outros. Para certificação desta qualidade, ocorre auditorias interna dos clientes, NORMA ISO e Diferencial de Serviços Coopersucar.

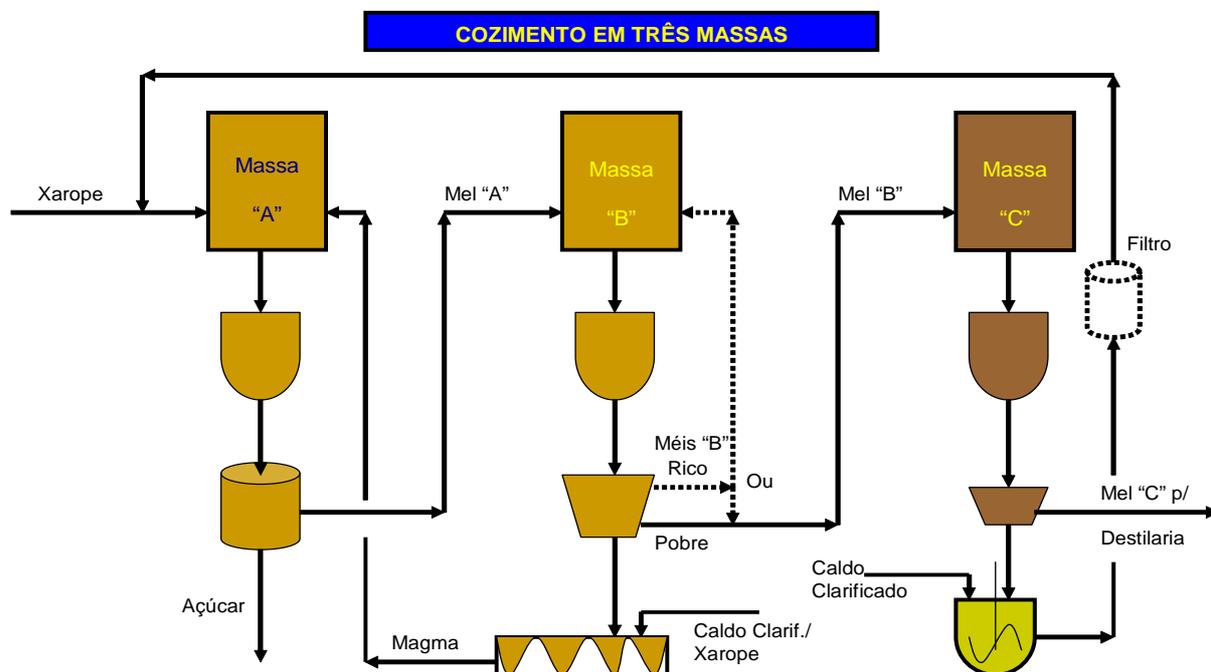
## REFERÊNCIAS

- COPERSUCAR. **Diferencial Serviços Copersucar**. Piracicaba: Copersucar, 2004. 61 slides.
- CTC Centro de Tecnologia Canavieira. **Operação Evaporadores**. Piracicaba-SP: CTC, 1996. 59 p. Apostila.
- Desing Consultoria. **Orientações ISO 9000**. São Paulo, 2004. 14 slides.
- Formação Cristais. Disponível em: <http://www.Wikipédia.org> / acesso em 20 out.2007.
- ISO 22000. Disponível em: [http://www.masterqualidade.com.br/iso\\_22000.html](http://www.masterqualidade.com.br/iso_22000.html)/acesso em 20 out.2007.
- Programa 5 S. Disponível em: <http://www.pucrs.br/feng/5s/sobre.php> / acesso em 20 out.2007.
- Sistema de Gestão da Qualidade. Disponível em: <http://www.qualidade.com/glos-01.htm#SGQ>/acesso em 20 out.2007.
- EBA Consultoria e Treinamentos. **Treinamento Processo de Fabricação de Açúcar**. São Paulo: EBA, 2002. 135 slides.
- EBA consultoria e treinamentos. **Treinamento Processo de Pré Fabricação de Açúcar**. São Paulo: EBA, 2002. 109 slides.
- ENGENHO NOVO Tecnologia Ltda. **Processo de Flotação no Tratamento de Xarope de Açúcar**. Rio de Janeiro: Engenho Novo, 2002. 14 p. Apostila.
- Grupo Equipav. **Treinamento Cozimento do Açúcar**. Campinas: Equipav, 2003. 26 slides.
- HUGOT, E., **Manual da Engenharia Açucareira**. México :Editora Mestre Jou, 1969. 789 p.
- JESUS, Charles F. D, **Validação da Simulação Dinâmica das Etapas de Evaporação e Cristalização da Produção com dados obtidos em Plantas Industriais**. Junho 2004. 214 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). UFSCAR. São Carlos).

REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** São Paulo: Tercio M. D.V. e Antonio R. P. A., 2004. 164 p.

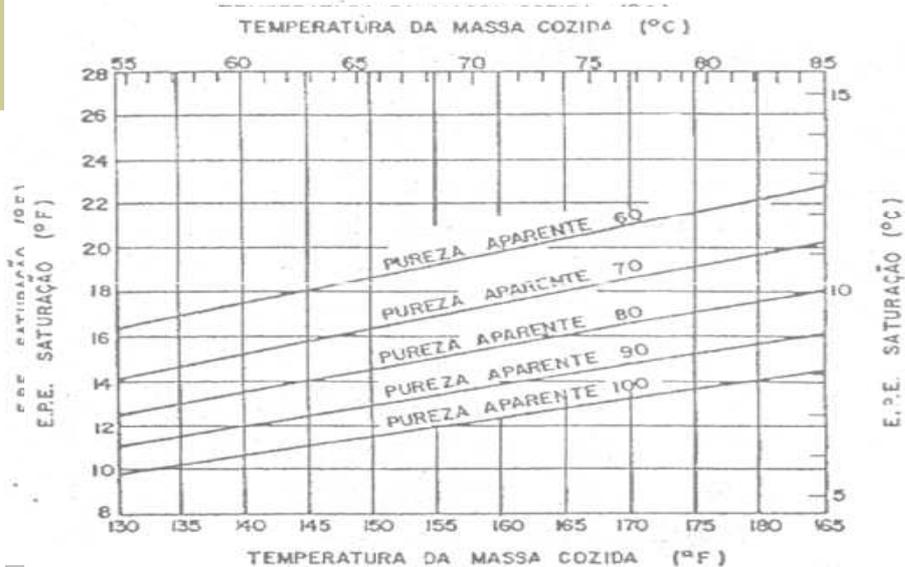
REUNION consultoria .**Tratamento do caldo.** São Paulo: Antonio R. P. A, 1999. 60 p.  
Apostila.

Anexos:



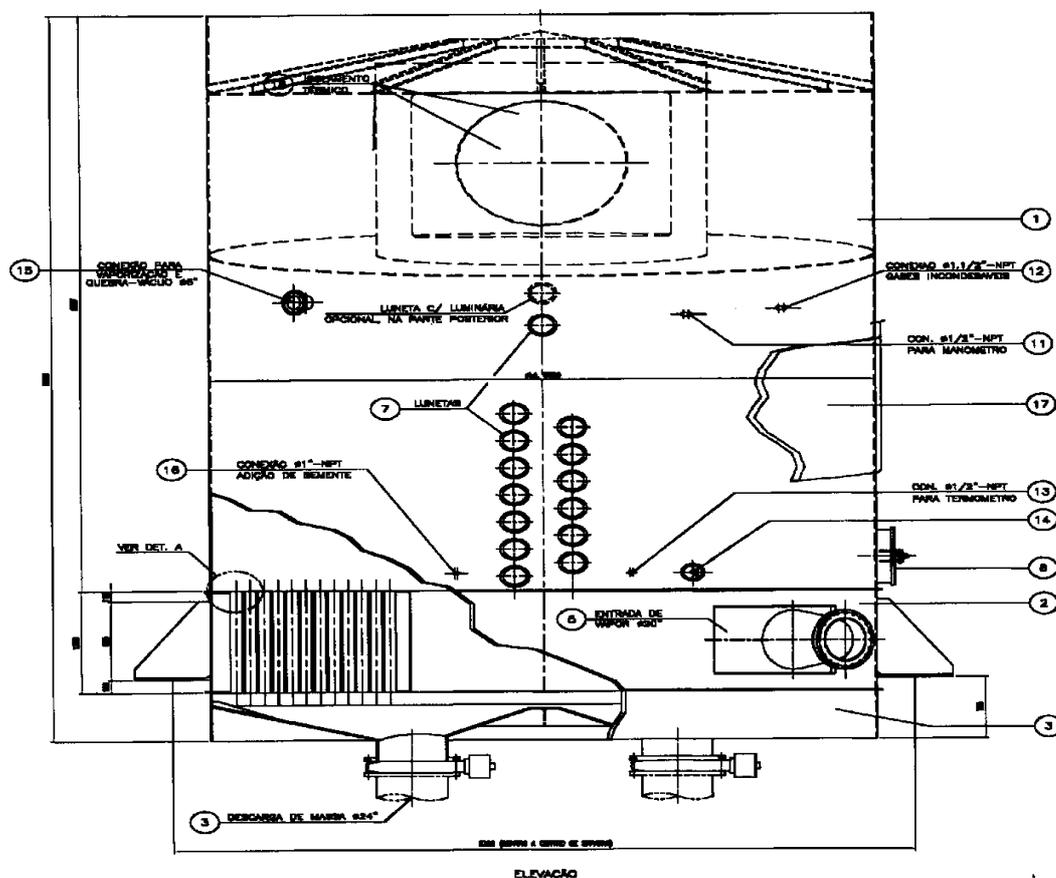
**ANEXO A** – Cozimento de Três Massas.

Fonte: REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** (2004, p. 46).



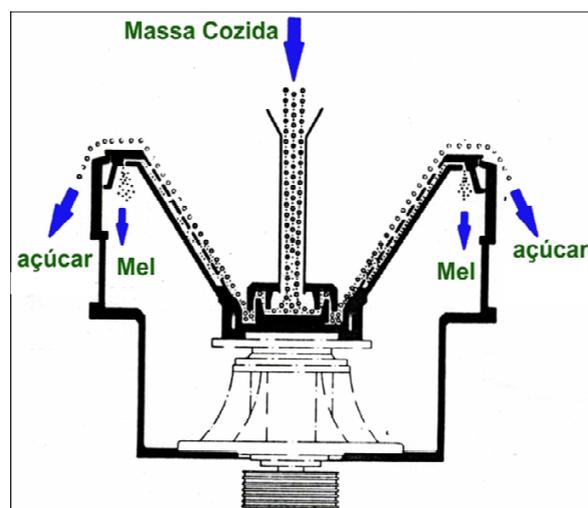
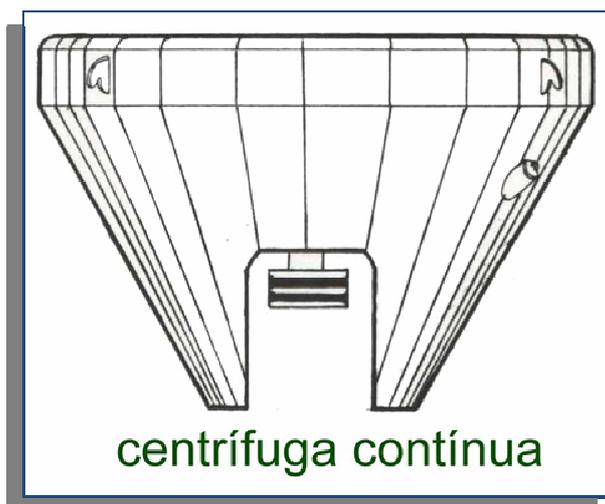
**ANEXO B** – Massa Cozida: EPE Saturação x Temperatura x Pureza Aparente.

Fonte: Grupo Equipav. **Treinamento Cozimento do Açúcar.** (2003, p. 03).



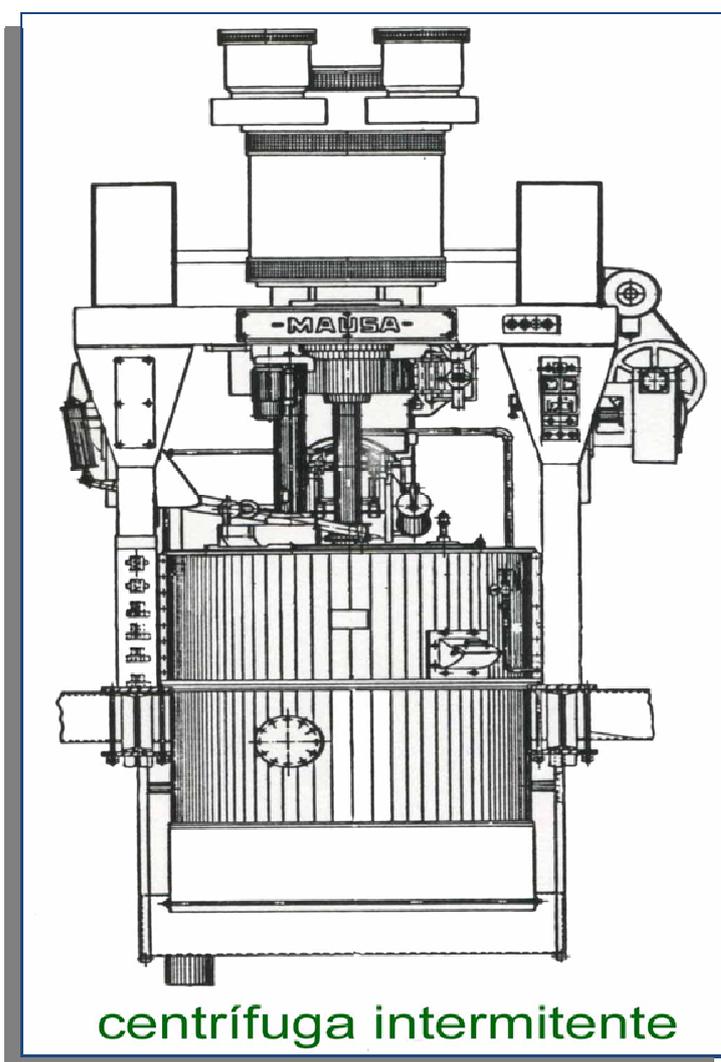
ANEXO C – Projção Cozedor a vácuo.

Fonte: REUNION consultoria . **Treinamento Processo de Cozimento do Açúcar.** (2004, p. 94).



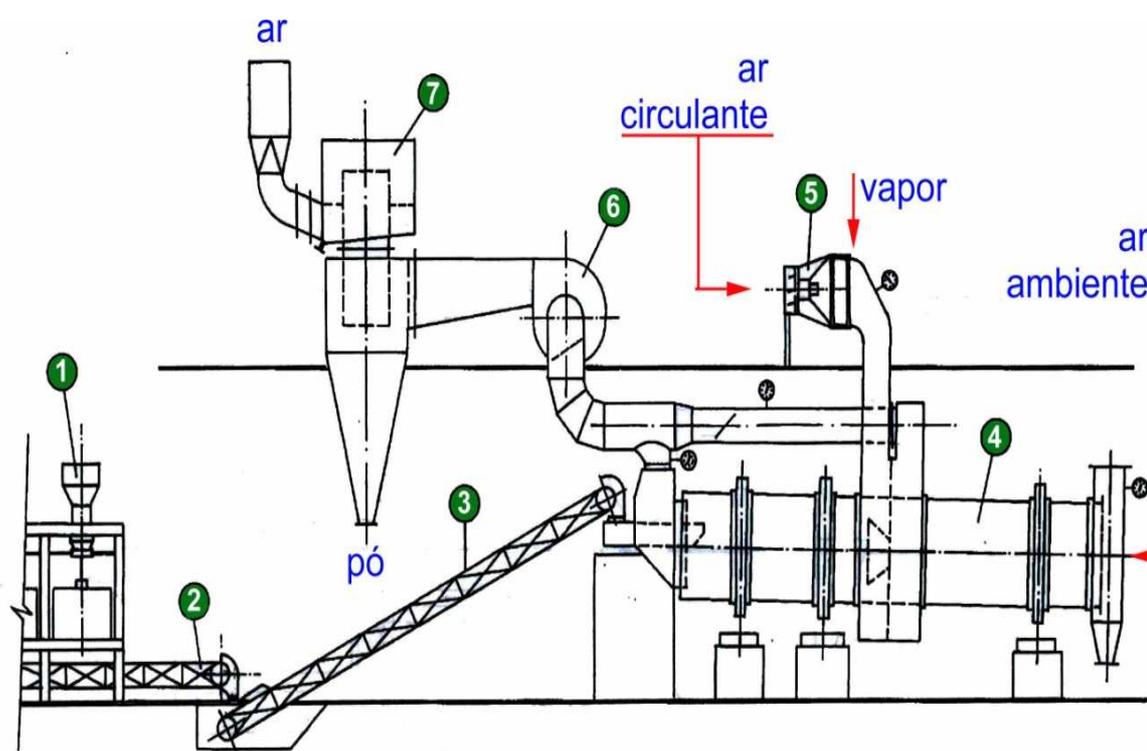
ANEXO D – Centriugas Continua de Massa B.

Fonte: EBA consultoria e treinamentos. **Treinamento Processo de Fabricação de Açúcar.** (2002, p. 189).



ANEXO E – Centrífuga intermitente de massa.

Fonte: EBA consultoria e treinamentos. **Treinamento Processo de Fabricação de Açúcar.** (2002. p. 190).



**Secador/Resfriador Rotativo  
Tipo BSH - Instalação**

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| 1 - BATERIA DE TURBINAS         | 5 - AQUECEDOR DE AR |
| 2 - TRANSPORTADOR COLETOR       | 6 - EXAUSTOR        |
| 3 - TRANSPORTADOR P/ALIMENTAÇÃO | 7 - CICLONAGEM      |
| 4 - SECADOR/RESFRIADOR ROTATIVO |                     |

**ANEXO F** – Projeção Secador de Açúcar.

**Fonte:** EBA consultoria e treinamentos. **Treinamento Processo de Fabricação de Açúcar.** (2002, p. 246).