FLÁVIA LETICIA MENDES
JULIANA APARECIDA MACEDO
THAIS ADRIANA SIQUEIRA

55

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL

REG.:
DATA: / /

CURITIBA
DEZEMBRO/2016

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à disciplina de Processos Industriais do curso Técnico em Química do Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba.

Orientador: Prof. Thieme Fatori.

CURITIBA
DEZEMBRO/2016

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7

1.1 Tema 7

1.2 Razão Social 8

1.3 Justificativa 8

1.4 Regime de Operação 10

1.5 Localização 10

1.6 Histórico do Produto 10

1.7 Legislação Específica 12

2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO 14

2.1 Descrição das Matérias-Primas 14

2.1.1 Cana-de-açúcar 14

2.1.2 Água de Embebição 15

2.1.3 Cal Hidratada (Caleação) 15

2.1.4 Gás Sulfuroso (Sulfitação) 15

2.2 Descrição Geral 15

2.3 Descrição Detalhada 16

2.4 Equipamentos 18

2.4.1 Balança Rodoviária 18

2.4.2 Picador 18

2.4.3 Desfibrador 19

2.4.4 Separador magnético 21

2.4.5 Moenda 21

2.4.6 Peneira Rotativa 22

2.4.7 Aquecedor 23

2.4.8 Decantador de Lodo 24

2.4.9 Filtros a vácuo 24

2.4.10 Evaporador 25
2.4.11 Cristalizador 26
2.4.12 Centrífuga 27
2.4.13 Secador 28
2.5 Controle de Qualidade 29
2.6 Fluxograma 30
3. TRATAMENTO DE RESÍDUOS 31
4. BALANÇO DE MASSA 33
5. BALANÇO DE ENERGIA 34
6. ANÁLISE ECONÔMICA 35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40
8. APÊNDICE 45

FIGURAS

Figura 1 - Açúcar Cristal. 7
Figura 2 - Síntese da Formação da Sacarose. 7
Figura 3 - Cana-de-Açúcar. 14
Figura 4 - Balança Rodoviária. 18
Figura 5 - Picador de Cana. 19
Figura 6 - Desfibrador de Cana. 20
Figura 7 - Esquema de um Desfibrador. 20
Figura 8 - Cana Desfibrada. 20
Figura 9 - Separador Magnético. 21
Figura 10 - Rolos do Terno. 22
Figura 11 - Terno de Moenda. 22
Figura 12 - Peneira Rotativa. 23
Figura 13 - Aquecedor. 24
Figura 14 - Decantador de Lodo. 24
Figura 15 - Filtro Rotativo a Vácuo. 25
Figura 16 - Evaporador. 26
Figura 17 - Esquema do Evaporador. 26
Figura 18 - Cristalizador. 27
Figura 19 - Centrífuga. 27
Figura 20 - Secador Esfriador Rotativo. 28
Figura 21 - Esquema do Secador. 29
Figura 22 - Depósito de Bagaço de Cana. 31
Figura 23 - Torta de Filtro. 32

TABELAS

Tabela 1 - Informação Nutricional do Açúcar Cristal. 8
Tabela 2 - Cinco Países que Mais Produzem Cana no Mundo..... 8
Tabela 3 - Participação da Cana em Relação a Outras Plantas Cultivadas no Brasil. 9

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de Sacarose no Mundo em 2013/14. 9
Gráfico 2 - Correlação de Receitas ou Despesas e Dias de Produção..... 39

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema

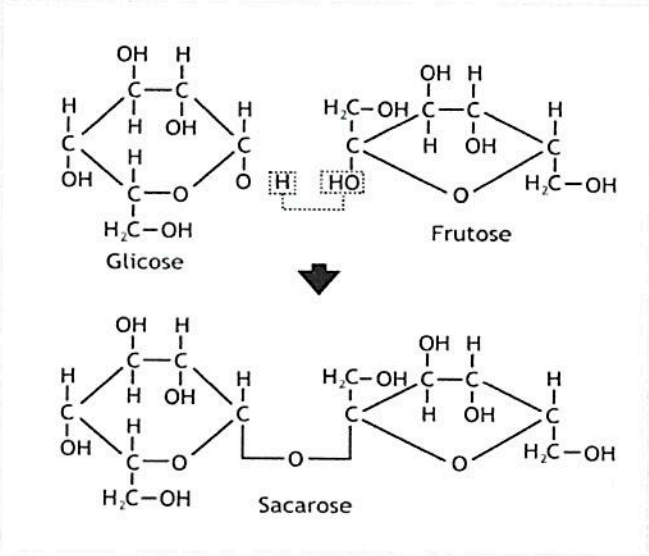
A indústria idealizada é a de açúcar cristal produzido através da sacarose da cana-de-açúcar, possui aspecto sólido em forma de cristais brancos transparentes bem definidos, com sabor e odor próprios do produto.

Figura 1 - Açúcar Cristal.

Fonte: IG São Paulo.

A sacarose é um carboidrato com fórmula química $C_{12}H_{22}O_{11}$, formada através da junção de dois monossacarídeos, a glicose e a frutose com a perda de uma molécula de água.

Figura 2 - Síntese da Formação da Sacarose.



Fonte: Equipe de Artes - SEaD/UFSCar

O açúcar produzido na indústria será embalado para o mercado varejo em pacotes com dois tamanhos: 2 Kg e 5 Kg. E também estará disponível em sacas de 500 Kg e big bags de 1200 Kg para indústrias alimentícias.

A tabela nutricional do açúcar cristal está apresentada abaixo:

Tabela 1 - Informação Nutricional do Açúcar Cristal.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Quantidade por porção (5 g)		
		% VD (*)
Valor Calórico	20 kcal	1%
Carboidratos	5 g	1%
Proteínas	0 g	0%
Gorduras totais	0 g	0%
Sódio	0 mg	0%

* Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.500 calorias.

Fonte: USDA.

1.2 Razão Social

Usina de Açúcar Agridoce Ltda.

1.3 Justificativa

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do mundo, cultivada em mais de 100 países, e representa uma importante fonte de mão de obra no meio rural nesses países. A tabela abaixo mostra os cinco países que mais produzem cana no mundo:

Tabela 2 - Cinco Países que Mais Produzem Cana no Mundo.

País	Produção (mil t)	Área (mil ha)	Produtividade (t/ha)
Brasil	719,157	9,081	79,1
Índia	277,750	4,200	66,1
China	111,454	1,695	65,7
Tailândia	68,808	978	70,4
México	50,423	704	71,6

Fonte: FAO, 2010.

Como podemos notar, o Brasil e a Índia correspondem, em conjunto, por pouco mais da metade da cana produzida mundialmente. E dentre os estados do Brasil, o Paraná está 5º lugar com 678.290 hectares de cana plantada em 2015.

A cana-de-açúcar se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira como pode ser visto nesta outra tabela:

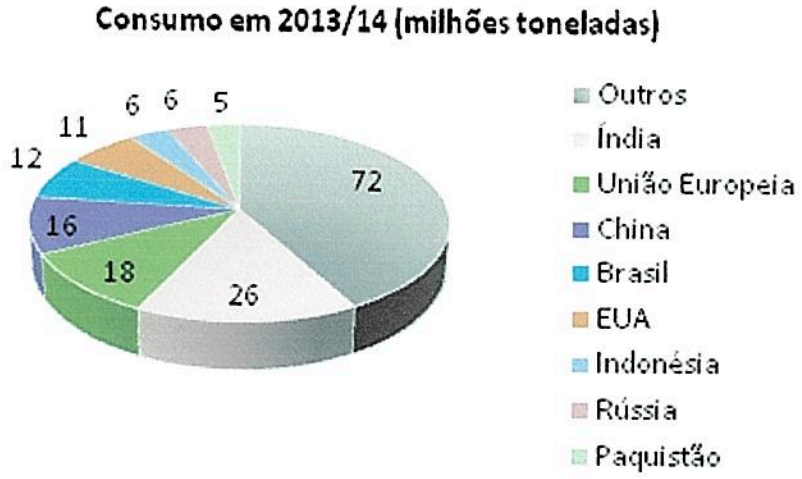
Tabela 3 - Participação da Cana em Relação a Outras Plantas Cultivadas no Brasil.

Cultura	Área Colhida (10 ha)	Produção (10 t)	Produtividade (t/ha)
Soja	20,58	57,95	2,82
Milho	13,82	51,83	3,75
Cana-de-açúcar	6,69	515,83	77,10
Feijão	3,83	3,25	0,85
Arroz	2,90	11,05	3,81

Fonte: IBGE, 2008.

E o Brasil não é somente o maior produtor de cana, como também é o primeiro do mundo na exportação de açúcar, com aproximadamente 1 a 2 milhões de toneladas exportadas por mês, e o 4º maior consumidor de sacarose do mundo de acordo com levantamento da Sucden, multinacional do ramo açucareiro, realizado em 2014, como mostra o gráfico abaixo:

Gráfico 1 - Consumo de Sacarose no Mundo em 2013/14.



Fonte: Sucden, 2014.

Essas informações nos mostram a importância do açúcar, tanto no consumo próprio das pessoas, quanto para as indústrias que o usam em seus produtos. Sendo assim, devido a importância do açúcar e a facilidade da produção da matéria-prima, foi escolhida a indústria de açúcar cristal.

1.4 Regime de Operação

A empresa desenvolve suas atividades de segunda a sexta e sábados alternados, dividido em três turnos, sendo o primeiro das 07h às 15h, o segundo das 15h às 23h e o terceiro das 23h às 7h com uma hora de refeição, conta com a colaboração de 58 funcionários internos e externos.

1.5 Localização

A Usina de Açúcar Agridoce está localizada na Avenida Marcelo Messias Busíquia, nº 847, bairro industrial II em Maringá / PR, a empresa possui 3,2 Km^2 de área e está distante 12 Km do centro de Maringá e 20 Km do canavial Santa fé, desta forma a localização da empresa facilita na compra e no transporte da cana de açúcar que é a principal matéria prima do açúcar tornando possível atender facilmente os clientes da região do estado. A escolha do local foi pela dimensão do espaço, bastante amplo por um valor bem acessível e que estabelece o contato próximo com fornecedores e clientes.

1.6 Histórico do Produto

História do açúcar

O açúcar surgiu na Índia aproximadamente no século V, foi lá que se desenvolveu a técnica de solidificar o caldo extraído da cana-de-açúcar e transformá-lo em cristais granulados, um dos primeiros nomes que a novidade recebeu foi "sarkara", que significa, "areia grossa".

A partir do século VII, quando os árabes chegaram à Índia, eles desenvolveram novos processos de fabricação e o levaram ao Oriente Médio, mais tarde, com as cruzadas, o açúcar chegou à Europa, onde virou um luxo, como o cultivo no continente era difícil, o produto ganhou status de especiaria de alto custo, exclusiva da nobreza. A partir do século XV, as grandes navegações apresentaram aos europeus terrenos propícios para o cultivo, primeiro na Ilha da Madeira e nas Ilhas Canárias e depois no Brasil. No início do século XVI, Martim

Afonso de Souza trouxe a primeira muda de cana de açúcar para o Brasil e por ele foi instalado o primeiro engenho da colônia, na cidade de São Vicente localizada no atual litoral do estado de São Paulo o qual deu início a produção de açúcar. Logo após Jerônimo de Albuquerque fundou outro engenho em Pernambuco no nordeste e logo surgiram muitos engenhos pelo país. O Brasil prosperou e se tornou o melhor criador e exportador de açúcar neste período, que se estendeu até o inicio do século XVII, quando chegaram os Holandeses e dominaram a região nordeste com o objetivo de restabelecer o comércio do açúcar entre o Brasil e Holanda, permaneceram no país por alguns anos, após guerras e conflitos os portugueses conseguiram expulsar os Holandeses e retomar o controle do nordeste brasileiro. Na metade do século XVII a economia açucareira começou a entrar em crise, empreendedores holandeses foram para a região das Antilhas produzirem açúcar e se tornaram um forte concorrente para o Brasil, pois vendiam o açúcar mais barato na Europa, além de controlarem o transporte e comércio do produto. Isso fez o preço do açúcar brasileiro ter uma queda de 50% nos mercados internacionais. Essa crise levou Pernambuco e Olinda em conflito entre senhores de engenho e comerciantes, que ficou conhecida como Guerra dos Mascates. Inglaterra e França também começaram uma disputa, só que pelos primeiros lugares na produção de açúcar e como a Inglaterra já era uma grande potência naval, os holandeses perderam pontos no comércio de açúcar para a colônia francesa que no Caribe, era o maior produtor mundial. Em plena revolução industrial, o uso de novas máquinas, técnicas e equipamentos possibilitaram novas indústrias de cana, um novo patamar tecnológico de produção e eficiência, impossível de ser atingido pelos engenhos tradicionais.

Aliado a esses fatores, enquanto as modernas fábricas se multiplicavam e novas regiões produtoras surgiam, no Brasil os engenhos tradicionais ainda persistiam. Somente na metade do século XIX é que medidas para reverter essa situação começaram a ser tomadas, o imperador do Brasil trouxe novas tecnologias e foi elaborado um programa de modernização da produção de açúcar, surgiram os engenhos centrais, que deveriam somente moer a cana e processar o açúcar, ficando o cultivo por conta dos fornecedores, que acabaram adquirindo e montando suas indústrias de processamento de açúcar que ficaram chamadas como usina do açúcar.

No final do século XIX, o governo brasileiro incentivou a vinda de europeus para suprir a mão-de-obra necessária às fazendas no interior paulista. Os imigrantes adquiriram terra e na virada do século Piracicaba, cuja região possuía três dos maiores engenhos centrais do estado e usinas de porte, rapidamente se tornou o maior centro produtor de açúcar de São Paulo, impulsionados pelo crescimento da economia paulista, os engenhos foram rapidamente se transformando em grandes usinas de açúcar, antes o processo de produção de açúcar era mais demorado, não tinha equipamentos adequados, o trabalho era executado manualmente e por etapas. Hoje com o avanço da tecnologia, variedades de equipamentos o processo é realizado por máquinas especializadas e com um fluxo continuo muito mais rápido, no qual obtém grande desenvolvimento e aumento de produção.

1.7 Legislação Específica

Por ser o açúcar um produto alimentício, deve seguir a seguinte legislação dada pela Anvisa:

- Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005 – Dispõe sobre o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar.

Definição de acordo com a RDC nº 271/2005:

- Açúcar: é a sacarose obtida a partir do caldo de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) ou de beterraba (Beta alba L.). São também considerados açúcares os monossacarídeos e demais dissacarídeos, podendo se apresentar em diversas granulometrias e formas de apresentação.
- Melado: é o produto obtido pela concentração do caldo de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) ou a partir da rapadura derretida.
- Melaço: é um subproduto resultante da produção de açúcar.

- Lei Nº 4.870 de 1º de dezembro de 1965 – Dispõe sobre a produção açucareira a receita do instituto do açúcar suas aplicações e providências a seguir:
- Os Fiscais do Instituto do Açúcar deverão coordenar as suas atividades com autoridades Federais ou Estaduais e Municipais.

- O preço da tonelada de cana fornecida às usinas será fixado, para cada Estado, por ocasião do Plano de Safra, tendo-se em vista a apuração dos custos de produção referidos no artigo anterior.

- NR 6 (206.000-0/I0) – Aborta os equipamentos de proteção individual dos trabalhadores na indústria.
- Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora – NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual – EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.
- Entende-se como Equipamento Conjugado de Proteção Individual, todo aquele composto por vários dispositivos, que o fabricante tenha associado contra um ou mais riscos que possam ocorrer simultaneamente e que sejam suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.
- O equipamento de proteção individual, de fabricação nacional ou importado, só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação – CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. (206.001-9 /I3)
- A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:
  - Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho. (206.002-7/I4)
  - Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas. (206.003-5 /I4)
  - Para atender a situações de emergência. (206.004-3 /I4)

2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

2.1 Descrição das Matérias-Primas

2.1.1 Cana-de-açúcar

É uma planta do grupo das espécies de gramíneas e pertence à família Poaceae de plantas economicamente importantes, nativas das regiões tropicais do sul da Ásia e da Melanésia, se desenvolve melhor em solos profundos, argilosos de boa fertilidade com alta capacidade de retenção de água e em regiões quentes e úmidas, com temperaturas entre 30 e 34 °C. A cana possui em média 12% de ATR (Açúcar Total Recuperável).

No solo em que é plantado a cana normalmente é feito uma calagem para que o pH atinja os valores entre 6,0 e 6,5 e uma adubação baseada nas exigências nutricionais da cultura. Depois é feito o sulco do plantio com espaçamento de 1 a 1,35 metros entre as linhas, nos sulcos são depositados os colmos e recobertos com terra, se desenvolve formando touceiras, caules robustos, fibrosos e articulados cresce entre dois e seis metros de altura e representa a maior colheita do mundo em quantidade de produção.

A cana é a principal matéria-prima para a indústria açucareira brasileira, pois é uma planta a qual é possível utilizar tudo contido nela, rica em sacarose o caldo extraído é utilizado para a produção de açúcar e etanol, o bagaço para geração de energia elétrica e em menor escala o biogás. No açúcar cristal é apresentado na forma de cristais grandes e transparentes, mais difíceis de serem dissolvidos em água, sua principal característica é o sabor adocicado.

Figura 3 - Cana-de-Açúcar.

Fonte: Itambé.

2.1.2 Água de Embebição

Esse processo consiste em adicionar água na última moenda É o artifício de adicionar água ao bagaço para diluir seu caldo remanescente, aumentando a extração de sacarose.

Com este sistema, consegue-se extração de 94 a 97% da sacarose contida na cana, e umidade final do bagaço de aproximadamente 50%.

2.1.3 Cal Hidratada (Caleação)

É obtido pela dissociação do carbonato de cálcio, gerando CaO e CO_2. O CaO reage com H_2O para formar a cal hidratada através de uma reação exotérmica: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ + calor, o qual é utilizado na preparação do leite de cal.

Na produção de açúcar é um reagente químico utilizado como redutor de acidez e clarificador do caldo da cana, provoca a floculação, favorece a decantação das impurezas e protege os equipamentos contra a corrosão.

2.1.4 Gás Sulfuroso (Sulfitação)

O SO_2 gasoso é produzido na usina através da queima do enxofre sólido na presença de ar ($S + O_2 = SO_2$); e é adicionado ao caldo até obter um pH 4,0 a 4,5, tem como objetivos principais inibir reações que causam formação de cor, a coagulação de colóides solúveis, a formação do precipitado $CaSO_3$ (sulfito de cálcio) e diminuir a viscosidade do caldo e do xarope, massas cozidas e méis, facilitando as operações de evaporação e cozimento.

O consumo médio de enxofre pode ser estimado em 150 g/saco de 50 Kg de açúcar.

2.2 Descrição Geral

A cana-de-açúcar ao chegar à fábrica é pesada e vai para as mesas alimentadoras e picadores, após ser picada, a mesma vai para os desfibradores e passa por um separador magnético. Em seguida, vai para uma série de quatro ternos para a retirada do caldo e produção de bagaço, que segue para a caldeira. O caldo extraído vai para o peneiramento e segue para a clarificação.

O caldo clarificado é aquecido e vai para a decantação, o lodo decantado segue para os filtros, o caldo resultado da filtração volta para a etapa de clarificação para recuperação do açúcar contido nele.

O caldo, após a decantação do lodo, segue para o evaporador para a concentração da sacarose. O xarope obtido no evaporador vai para o cristalizador, após a obtenção dos cristais envoltos com mel, os mesmos vão para as centrifugas e seguem para o secador.

2.3 Descrição Detalhada

Assim que o caminhão carregado de cana chega a fábrica, o mesmo é pesado em uma balança rodoviária. A cana é descarregada e o caminhão é pesado novamente, sendo o cálculo do peso da cana feito por diferença. Após o descarregamento nas mesas alimentadoras, a cana é conduzida através de esteira rolante para os picadores, dividindo-se em pedaços pequenos e curtos, iniciando o processo de desintegração que permite maior extração do caldo, a cana vai para os desfibradores que têm como objetivo a preparação e a desintegração da cana, abrindo suas fibras e facilitando a extração do caldo pelas moendas. Após os desfibradores a cana passa por um separador magnético que tem a finalidade de atrair e reter os pedaços de ferro que passam pelo seu campo de ação. Esta etapa é conhecida como preparo da cana.

Em seguida, o caldo é extraído pela passagem da cana esmagada através da moenda, o qual é constituída de quatro ternos, cada qual com três rolos canelados, que exercem uma forte pressão, para macerar a cana e auxiliar a extração, como também produzir o bagaço, o qual se constitui no único combustível utilizado nas caldeiras a vapor, gerando toda energia necessária ao processamento de cana, o vapor produzido é utilizado no evaporador e secador. Após a passagem pela primeira moenda, a quantidade de caldo cai 2% ficando difícil extrair este caldo residual, o artifício usado é o que se chama de embebição simples. Na embebição a água é injetada na última moenda, em uma quantidade de aproximadamente 250 Kg/t de cana. A eficiência de extração de açúcares é de 96% e o bagaço sai com aproximadamente 46% de fibra e 50% de umidade.

O próximo passo será o tratamento desse caldo no peneiramento, eliminam-se as impurezas grosseiras em suspensão (areia, argila, bagacilho, etc.) que se apresentam na proporção de 1,0 %. Este tratamento aumenta a eficiência e a vida

útil dos equipamentos, contribuindo para obtenção de produtos finais de melhor qualidade.

A próxima etapa é a clarificação, em que é feito o tratamento químico no caldo. O caldo resultante da extração é sulfitado com SO_2 para auxiliar na coagulação das matérias coloidais, na formação de precipitados, que farão o arraste das impurezas durante a sedimentação e na desinfecção do caldo; e finalmente caleado com leite de cal, para também coagular parte do material coloidal, precipitar as impurezas e elevar o pH para valores neutros.

O caldo clarificado segue para os aquecedores, onde atinge temperatura média de 105 °C, com o objetivo de eliminar microrganismos por esterilização e reduzir a viscosidade do caldo, aumentando a eficiência da decantação. A mistura vai para o decantador, formando o lodo de sedimentação que será posteriormente filtrado. O lodo representa 20% a massa do caldo que entra no decantador. O objetivo da filtração é recuperar açúcar do lodo, retornando-o ao processo na forma de caldo filtrado. O lodo removido dos decantadores possui uma considerável quantidade de açúcar e é enviado para a filtragem, o caldo filtrado volta para a clarificação para que seja feita a recuperação da sacarose. Após a filtração o resíduo gerado nos filtros é a torta de filtro.

O caldo clarificado é enviado para o setor de evaporação a aproximadamente 110° C, que constitui o primeiro estágio de concentração do caldo tratado. O caldo tratado contém cerca de 85% de água, que é então, evaporada para a retirada de 75% da água contida nele, tornando-se um xarope grosso e amarelado.

O xarope vai então, para os cristalizadores a 50°C, esta baixa temperatura é necessária para evitar a caramelização ou escurecimento do açúcar, uma vez que a solução de sacarose se torna supersaturada, passando a se chamar "massa" em virtude de sua concentração chegar a 90%, no cristalizador ocorre a cristalização do açúcar, uma parte se torna cristal e a outra, que continua líquida é chamada de mel.

Após o resfriamento da massa cozida esta é centrifugada para a separação dos cristais e do mel. As centrifugas são constituídas por um cesto perfurado, e a força centrifuga, faz com que o mel atravesse as perfurações do cesto, ficando no seu interior apenas os cristais de sacarose que são lavados com água (10 Kg/t de cana) e vapor para a remoção de um filme de mel que fica aderente aos cristais. O açúcar que sai das centrífugas possui em torno de 1% de umidade.

Para que o açúcar seja armazenado sem que haja problemas de empedramento e contaminação por microorganismos é necessário que se faça o uso de um secador. A fase de secagem é realizada mediante ar quente em fluxo de co-corrente. A fase de resfriamento ocorre através de fluxo contra corrente, mediante a entrada do ar frio na extremidade oposta à entrada de ar quente no equipamento. Deste modo a evita-se o rompimento de cristais pelo choque térmico o que pode debilitar a estrutura dos mesmos. Ao sair do secador sua temperatura é de 40°C e possui umidade em torno de 0,05% e está pronto para ser ensacado.

2.4 Equipamentos

2.4.1 Balança Rodoviária

As balanças rodoviárias são constituídas de longarinas, que são vigas que sustentam a plataforma, são compostas por células de carga, que medem o peso da carga que está sobre ela transmitindo sinal elétrico que é decodificado e apresentado em valores numéricos ao operador. E a plataforma de concreto é utilizada para permitir o tráfego e a pesagem dos veículos sobre a balança.

A balança instalada fica totalmente sobre o piso e utilizam-se rampas de acesso com inclinação adequada para o acesso dos caminhões.

Figura 4 - Balança Rodoviária.

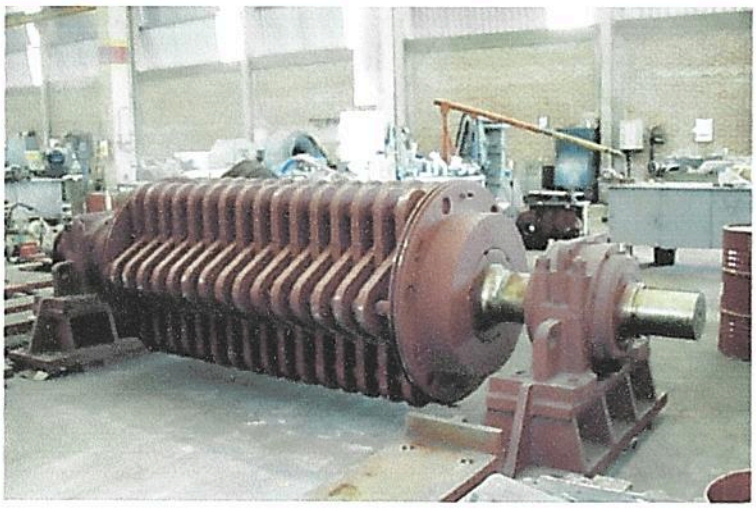
Fonte: MF Rural.

2.4.2 Picador

O picador é um equipamento rotativo de facas oscilantes, que opera a uma velocidade periférica de 60 m/s, é formado por um eixo horizontal, tendo em uma,

das extremidades um volante, e na outra um acoplamento elástico por onde recebe o movimento de acionamento de um motor elétrico ou turbina a vapor. No eixo são posicionados os suportes onde são fixadas as facas. A função dos picadores é a de retalhar, cortar e picar as canas com o objetivo de homogeneizar a camada de cana na esteira, permitindo um trabalho mais perfeito do desfibrador, situado logo após o picador.

Figura 5 - Picador de Cana.

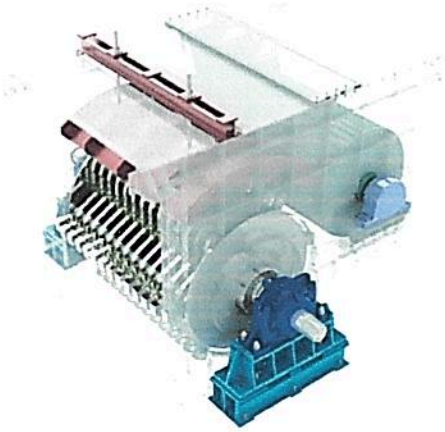


Fonte: Brumazi.

2.4.3 Desfibrador

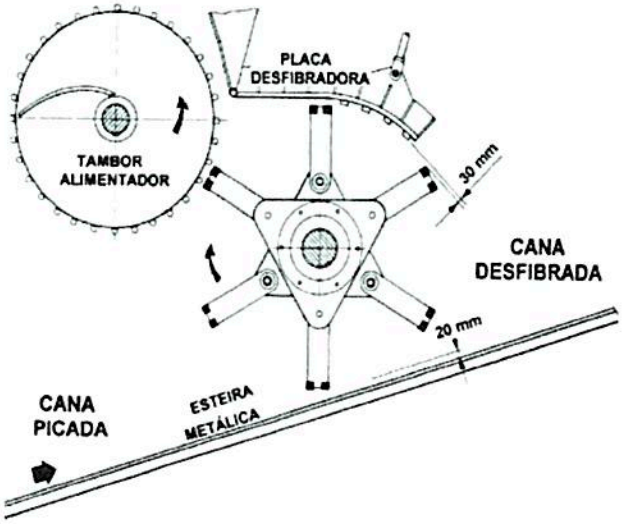
O desfibrador SH se caracteriza por sua configuração horizontal e alimentação forçada por meio de tambor alimentador que compacta a cana à sua entrada, sendo instalado antes do desfibrador. Em seguida, um rotor constituído por um conjunto de martelos rotativos que, ao girar em sentido contrário à esteira com velocidade periférica de 60 a 90m/s, força a passagem da cana picada por uma pequena abertura (1 cm) ao longo de uma placa desfibradora. O objetivo do desfibrador é abrir a célula da cana para aumentar a eficiência da extração do caldo no estágio seguinte, as moendas. Para isso, possui maior número de martelos, gira em maior velocidade e os martelos possuem uma maior área de contato com a cana.

Figura 6 - Desfibrador de Cana.



Fonte: Tema Procem.

Figura 7 - Esquema de um Desfibrador.



Fonte: Fatec, apud, GODOY, 2013.

Figura 8 - Cana Desfibrada.

Fonte: Ageitec.

2.4.4 Separador magnético

Este dispositivo tem por finalidade reter na rampa de alimentação do primeiro terno, os pedaços de ferro que vem com as canas que irão alimentar as moendas.

O aparelho descrito é um eletro-ímã disposto acima de uma esteira por onde a cana desfibrada passa. Ele retém os pedaços de ferro que passam em seu campo. Quanto a sua eficiência, é calculada da ordem de 70% e melhora aproximadamente 85% das lesões que ocorrem na superfície dos rolos.

Figura 9 - Separador Magnético.

Fonte: Simex.

2.4.5 Moenda

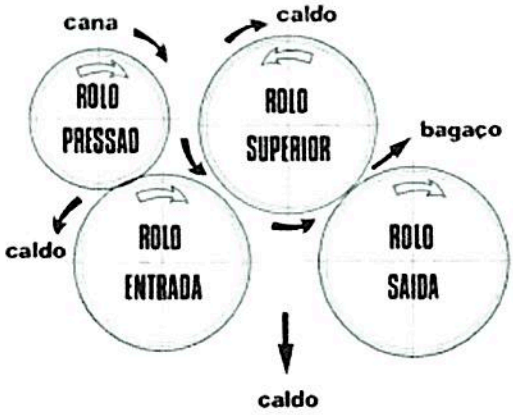
A moenda é um conjunto de quatro ternos no processo de moagem e cada um dos ternos é formado por três rolos principais denominados: rolo de entrada, rolo superior e rolo de saída, conta também um quarto rolo denominado rolo de pressão, que melhora a eficiência de alimentação e extração, permitindo assim a separação do caldo primário, com alto teor de açúcar, qualidade e pureza.

O caldo da moenda arrasta menos impurezas, influenciando positivamente na cor do açúcar e consequentemente gerando menos impureza no bagaço e na caldeira, contribuindo para menor desgaste das caldeiras.

A menor viscosidade das massas de açúcar provenientes das moendas facilita a operação dos flotadores de xarope, cozedores de açúcar e aumenta a capacidade das centrífugas de massa contínuas.

Destina o caldo secundário, como diluente do mel final, não agregando água ao processo e aumentando a eficiência energética da usina.

Figura 10 - Rolos do Terno.



Fonte: Pimartins.

Figura 11 - Terno de Moenda.

Fonte: MF Rural.

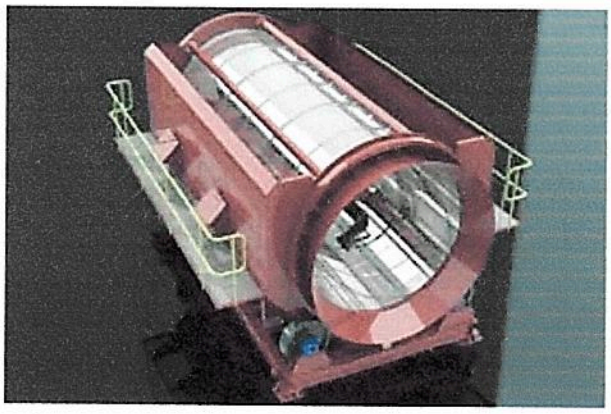
2.4.6 Peneira Rotativa

A peneira rotativa tem como princípio de funcionamento a rotação contínua de uma tela cilíndrica acionada por meio de um motorredutor. O efluente entra diretamente na tela de filtração, que por estar em movimento contínuo permite que o líquido esteja sempre em contato com uma zona limpa na tela.

Os sólidos que são retidos pela tela são direcionados para a saída através de um guia fixado internamente na tela. O líquido filtrado sai pela parte inferior do equipamento, a filtração ocorre do lado interno para o externo.

É um equipamento forte de fácil manutenção e alta performance, totalmente construída em aço inox e por apresentar altura reduzida, permite sua instalação em sistemas com pequena diferença de nível, apresenta maior capacidade de filtragem com menor área de tela.

Figura 12 - Peneira Rotativa.



Fonte: JMS Equipamentos Industriais.

2.4.7 Aquecedor

São equipamentos os quais tem a passagem do caldo no interior dos tubos e a circulação do vapor pela máquina, tem formato horizontal, atinge temperatura média de 105° C, o vapor cede calor para o caldo e o mesmo condensa-se.

Esses equipamentos constam de um cilindro fechado nas duas extremidades por chapas perfuradas de cobre ou ferro fundido, chamadas de chapas tubulares ou espelhos, onde são soldados os tubos de circulação do caldo.

Nas extremidades desse conjunto existem dois cabeçotes que são divididos internamente em vários compartimentos, denominados ninhos. Os desenhos dos cabeçotes superiores e inferiores são diferentes, a fim de propiciar a circulação em vaivém do caldo, caracterizando o sistema de passagens múltiplas.

As perfurações do espelho seguem uma distribuição que cada conjunto de tubos forma um feixe que conduz o caldo em sentido ascendente e outro descendente. O número de tubos por feixe depende do diâmetro do tubo e da velocidade desejada.

Figura 13 - Aquecedor.

Fonte: Revistafatorbrasil.com.br

2.4.8 Decantador de Lodo

O processo do decantador é realizado de forma contínua e rápido, utiliza-se a aplicação de floculantes visando agrupar os flocos formados nas reações químicas, deixando-os mais pesados para que decantem mais rapidamente, possui vários compartimentos (bandejas) para aumentar a superfície de decantação, separa o lodo do caldo alimentado.

Figura 14 - Decantador de Lodo.

Fonte: Pimartins.

2.4.9 Filtros a vácuo

O filtro rotativo a vácuo é um equipamento mais forte em relação à sua manutenção. Suas telas podem ser trocadas por setores e não são suscetíveis à presença de materiais metálicos estranhos no lodo.

A bomba de vácuo do filtro rotativo representa uma potência instalada relativamente alta quando se deseja operar com níveis de vácuo adequados e normalmente exige uma estrutura metálica com 8 m de altura para se usar bombas para o caldo filtrado que não sejam especiais.

O filtro rotativo a vácuo produz um caldo filtrado mais elevado, pois exige menores quantidades de água de lavagem para o mesmo nível de perdas na torta. Este fato favorece o balanço de vapor e maximiza a capacidade da evaporação existente no caso de produção de açúcar.

Figura 15 - Filtro Rotativo a Vácuo.

Fonte: Meio Filtrante.

2.4.10 Evaporador

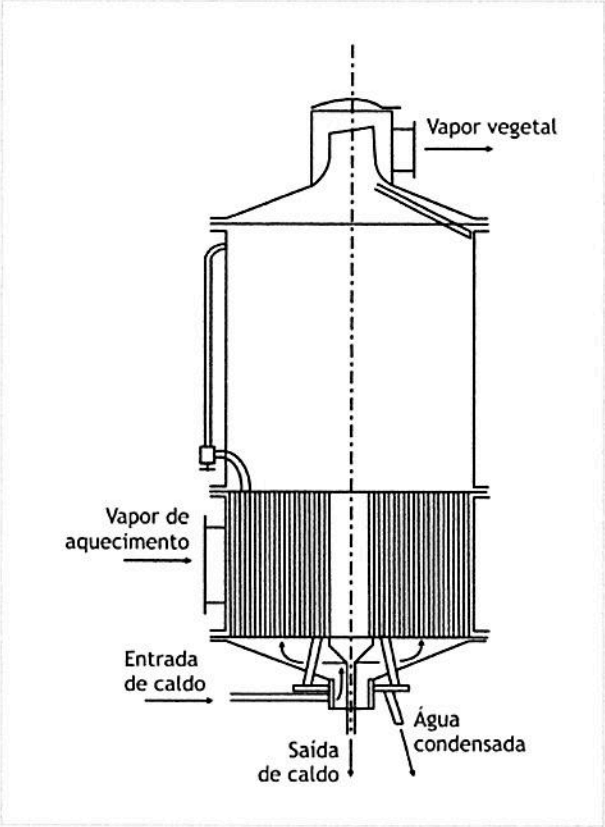
O evaporador concentra o caldo transformando ele em um xarope. Esse evaporador é constituído principalmente por um feixe tubular, também chamado de calandra tubular, na qual a transferência de calor ocorre da seguinte forma: o vapor de aquecimento envolve os tubos externamente e o caldo a ser evaporado está no interior dos tubos.

A principal característica do evaporador é a utilização do vapor de caldo (vapor vegetal) fornecido pelo 1° corpo para aquecer o caldo do 2°, o vapor produzido pelo 2° para aquecer o 3°, e assim por diante.

Figura 16 - Evaporador.

Fonte: Lundberg.

Figura 17 - Esquema do Evaporador.



Fonte: Equipe de Artes - SEaD/UFSCar

2.4.11 Cristalizador

Nesta etapa, o xarope é concentrado sob vácuo, até atingir certo grau de supersaturação. A temperatura utilizada nos cristalizadores é de 50º C, para que

haja o resfriamento lento e a cristalização do xarope. O cristalizador escolhido será o horizontal e por método de resfriamento.

Figura 18 - Cristalizador.

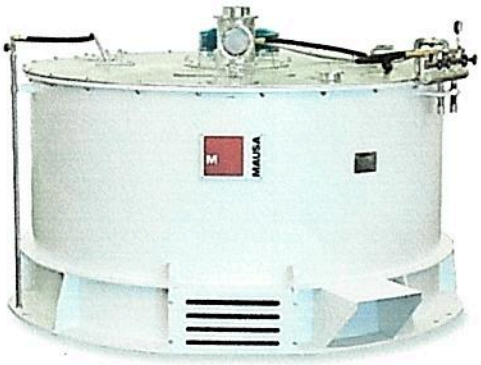
Fonte: Brumazi.

2.4.12 Centrífuga

As centrífugas são construídas por um cesto perfurado, fixado a um eixo e acionado por um motor que o gira a alta velocidade. A ação da força centrífuga faz com que o mel atravesse as perfurações da tela do cesto, ficando retidos, em seu interior, somente os cristais de sacarose.

O processo se completa pela lavagem do açúcar com água e vapor, ainda no interior do cesto.

Figura 19 - Centrífuga.



Fonte: Mausa.

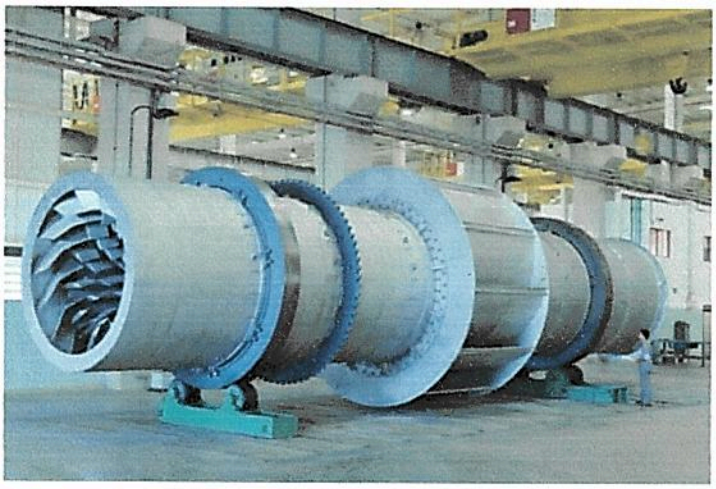
2.4.13 Secador

O açúcar úmido é introduzido no condutor de entrada do equipamento. Devido ao movimento rotativo do tambor e a inclinação das aletas os cristais de açúcar são conduzidos até a câmara de descarga passando pelas seções de secagem e de esfriamento e de peneiramento.

Os cristais secos e frios são expelidos do secador pela caixa de saída de açúcar, assim como os caroços, os quais seguem fluxos distintos. Tanto para o processo de secagem quanto para o esfriamento, se utiliza o ar ambiente, porém, na secagem o ar é aquecido á temperatura apropriada ao passar pelo aquecedor a vapor instalado ao extremo da seção de secagem.

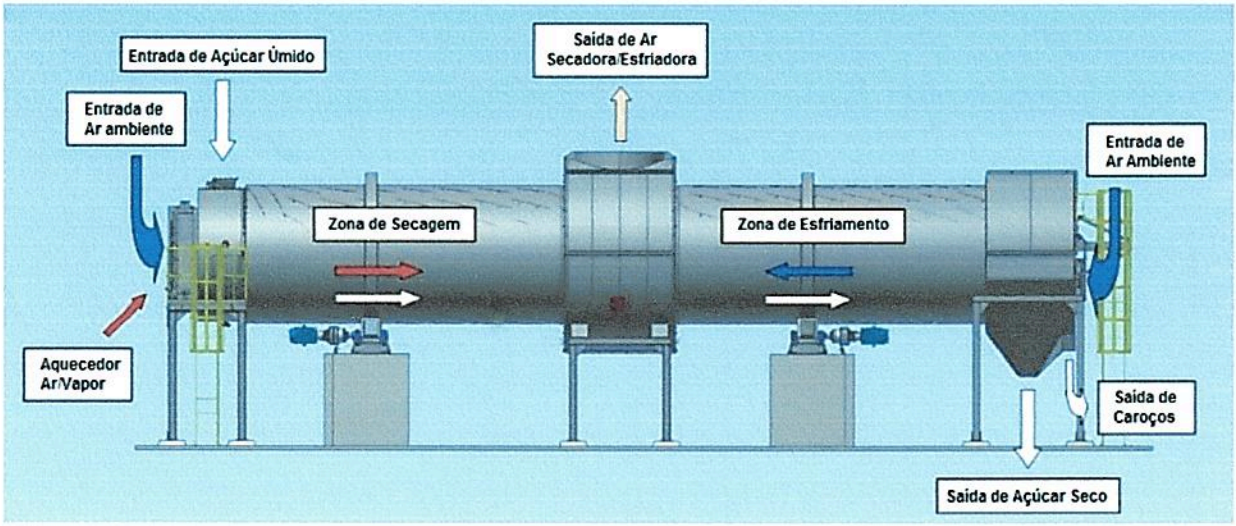
O ar de secagem e de esfriamento é removido por um ventilador no corpo central do secador, dirigindo-o ao conjunto de separação e lavagem.

Figura 20 - Secador Esfriador Rotativo.



Fonte: Mausa.

Figura 21 - Esquema do Secador.



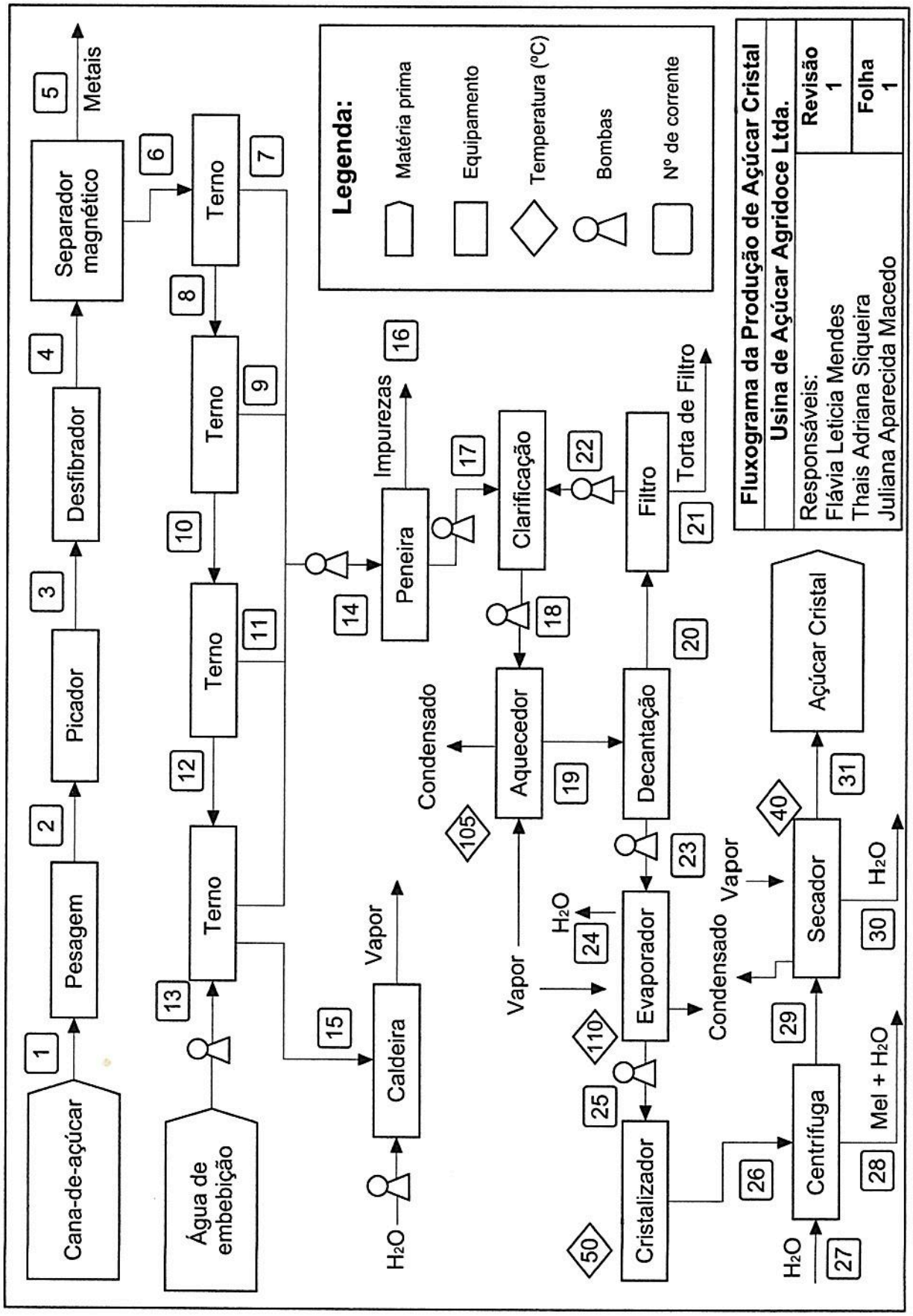
Fonte: Mausa.

2.5 Controle de Qualidade

O Controle de qualidade será feito no inicio da produção, assim que a cana-de-açúcar chega à usina serão coletadas amostras de cana para análises de quantidade de ATR (Açúcar Total Recuperável) contida na cana.

Durante o processo, serão feitas análises para controlar o pH do caldo, que deve estar entre 4,0 e 4,5 e a quantidade de sacarose contida no mesmo, assim como para verificar a granulometria dos cristais de açúcar e a quantidade de sacarose e umidade final, que deverão estar com 99,95% e 0,05%, respectivamente.

2.6 Fluxograma



3. TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Os efluentes que a indústria irá gerar são:

- Bagaço da cana-de-açúcar;
- Torta de filtro;
- Mel final ou melaço;
- Cinzas geradas pela queima do bagaço.

O bagaço é um resíduo fibroso resultado da extração do caldo pelas moendas. Pela proporção em que é produzido e devido à sua composição, o bagaço constitui-se em um dos mais importantes subprodutos para a indústria.

O bagaço será aproveitado como combustível em caldeiras, gerando vapor para aquecimento e para geração de energia elétrica para toda a produção do açúcar na usina.

Figura 22 - Depósito de Bagaço de Cana.

Fonte: Ageitec

A torta de filtro é o resíduo da filtração mecânica do lodo, quando o caldo é submetido ao tratamento de clarificação. A torta de filtro apresenta em média de 1,2 a 1,8% de fósforo (P), além de ser composto também por nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e micronutrientes. Por causa de sua composição será utilizada como fertilizante. O uso deste resíduo promove um aumento no teor de matéria orgânica, além disso, fornece nutrientes e umidade ao solo, proporcionando condições adequadas para o desenvolvimento das plantas, aumentando a qualidade da cana produzida.

Figura 23 - Torta de Filtro.

Fonte: Ageitec

O mel final ou melaço é um subproduto da fabricação do açúcar de cana, em formato líquido, viscoso, não cristalizável. A usina venderá o melaço para empresas que transformam o melaço líquido em pó, obtendo o melaço "in natura" desidratado, concentrado de alta energia, enriquecido com fósforo, cálcio e sais minerais, constituído de carboidratos e demais elementos que será utilizado em rações para alimentação animal.

A cinza do bagaço queimado é gerada em uma proporção de 25 Kg de cinza residual para cada tonelada de bagaço que alimenta o processo de cogeração.

Existem pesquisas que demonstram que a cinza do bagaço apresenta, em termos de óxidos, uma grande quantidade de dióxido de silício, normalmente acima de 60% (em massa), proveniente principalmente da epiderme das células vegetais, através da absorção de ácido monossílico (H_4SiO_4) do solo, e de areia residual que é queimada em conjunto com o bagaço nas caldeiras de vapor. Por sua composição pode ser usada como pozolana, que é um constituinte do clínquer, pois tem comportamento de cimento pozolânico. A cinza, em contato com a água e em conjunto com cimento, forma um composto aglomerante na fabricação de cimento. Utilizando as cinzas como uma parte do clínquer pode-se diminuir as emissões de CO_2 na atmosfera oriundas da queima do calcário, que produz o óxido de cálcio, principal constituinte do clínquer.

Porém, como as indústrias de cimento não utilizam as cinzas ainda, atualmente a destinação da usina será a aplicação no solo como adubo.

5. BALANÇO DE ENERGIA

ΔH da água a 22°C (295 K) → 90,7 kJ/Kg

ΔH do vapor a 120,4 °C (393,4 K) → 2706,2 kJ/Kg

$\Delta H = h_2 - h_1$

$\Delta H = 2706,2 - 90,7$

$\Delta H = 2615,5$ kJ/Kg

Calor específico do caldo → 0,895 Kcal/ °C

$Q_1 = m.Cp.\Delta t$

$Q_1 = 3382,1$ Kg . 0,895 Kcal/ °C . (120,4 – 22) °C

$Q_1 = 297854,7$ Kcal/Kg

$Q_1 = Q_{caldeira}$

$Q_1 = m_{H_2O}\ (Cp\ .\ \Delta t)$

297854,7 Kcal/Kg = m H_2O (625,7 Kcal/Kg)

$$m_{H_2O} = \frac{297854,7}{625,7}$$

$m_{H_2O} = 476,03$ Kg

6. ANÁLISE ECONÔMICA

1. Investimentos iniciais

Área total do terreno (m2)	3.200
Área total construída (m2)	2.300
Terreno alugado? (S/N)	Sim
Preço m2 do terreno	R$ 3.200,00
Preço m2 área construída	R$ 4.480,00

Investimento:	Total
Terreno (preço por m2)	R$ 0,00
Edificações (por m2)	R$ 0,00
Equipamentos	R$ 538.000,00
Veiculos	R$ 30.000,00
Instalações Elétricas	R$ 80.500,00
Instalações Hidráulicas	R$ 50.600,00
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 20.000,00
Total de Investimentos	**R$ 719.100,00**

Equipamentos:	Preço:
Centrífuga	R$ 30.000,00
Balança Rodoviária	R$ 16.000,00
Picador	R$ 35.000,00
Desfibrador	R$ 40.000,00
Separador Magnético	R$ 1.000,00
Moenda	R$ 100.000,00
Peneira Rotativa	R$ 20.000,00
Filtro a Vácuo	R$ 40.000,00
Aquecedor	R$ 16.000,00
Evaporador	R$ 65.000,00
Cristalizador	R$ 60.000,00
Secador	R$ 45.000,00
Decantador	R$ 70.000,00
Total:	**R$ 538.000,00**

2. Receita

Produtos Vendidos	Qt vendida (por mês)	Preço Unitário	Total
Açúcar Cristal 2Kg	32.624	R$ 6,00	R$ 195.744,00
Açúcar Cristal 5Kg	8.313	R$ 15,00	R$ 124.695,00
Açúcar Cristal 500 Kg	35	R$ 140,00	R$ 4.900,00
Açúcar Cristal 1200 Kg	99	R$ 350,00	R$ 34.545,00
		Total:	**R$ 359.884,00**

3. Impostos

ICMS (alíquota 18%)	R$ 64.779,12
PIS (alíquota 1,65%)	R$ 5.938,09
CONFINS (alíquota 3%)	R$ 10.796,52
Total:	**R$ 81.513,73**

4. Custos

4.1 Matéria Prima

Matéria Prima	Qt comprada (por mês)	Preço Unit.	Total
Cana de açúcar (ton)	2880	R$ 65,00	R$ 187.200,00
Cal Hidratada 25Kg	69,12	R$ 12,00	R$ 829,44
Anidrido Sulfuroso 50Kg	11,89	R$ 50,00	R$ 594,50
		Total:	**R$ 188.623,94**

4.2 Combustíveis

Combustível	Qt gasta (por mês)	Preço Unit.	Total
Combustível I	0	R$ 0,00	R$ 0,00
		Total:	**R$ 0,00**

4.3 Embalagens

Embalagens	Qt comprada (por mês)	Preço Unit.	Total
Embalagem açúcar 2 Kg	32.624	R$ 0,90	R$ 29.361,60
Embalagem açúcar 5 Kg	8.313	R$ 1,50	R$ 12.469,50
Embalagem açúcar 500 Kg	35	R$ 3,50	R$ 122,50
Embalagem açúcar 1.200 Kg	99	R$ 5,00	R$ 493,50
		Total:	**R$ 42.447,10**

4.4 Água

Água	Qt gasta (m3 por mês)	Total
Limpeza	280	R$ 1.059,77
Higiene	148,5	R$ 560,07
Chiller	0	R$ 33,77
Caldeira	0	R$ 33,77
Outros processos	0	R$ 33,77
	Total:	**R$ 1.721,15**

4.5 Esgoto e Efluente	Qt (m3 por mês)	Total
Esgoto	169	R$ 637,97
Efluente	300	R$ 1.135,77
	Total:	**R$ 1.773,74**

4.6 Energia

Gastos	Quantidade gasta	(kcal -> kWh)	Custo mensal
Motores, iluminação e administrativo	(alíquota de 2% receita)	7197,68	R$ 3.002,51
Aquecimentos elétricos (kcal/mês)	0	0,00	R$ 0,00
Resfriamento - Chiller (kcal/mês)	0	0,00	R$ 0,00
		Total:	**R$ 3.002,51**

4.7 Manutenção

Alíquota do faturamento	2%	**R$ 7.197,68**

4.8 Mão de Obra Direta

Função	N.º Func.	Salário/Fun	Encargos trabalhistas (80%)	Total
Técnico em Química	2	R$ 3.000,00	R$ 2.400,00	R$ 5.400,00
Operador de Máquinas	36	R$ 72.000,00	R$ 57.600,00	R$ 129.600,00
Técnico em Manutenção	6	R$ 18.000,00	R$ 14.400,00	R$ 32.400,00
Auxiliar de Produção	4	R$ 4.800,00	R$ 3.840,00	R$ 8.640,00
Gerente	1	R$ 3.600,00	R$ 2.880,00	R$ 6.480,00
			Total:	**R$ 182.520,00**

4.9 Mão de Obra Indireta

Função	N.º Func.	Salário	Encargos trabahistas (12%)	Total
Limpeza	6	R$ 5.280,00	R$ 633,60	R$ 5.913,60
Segurança	3	R$ 3.300,00	R$ 396,00	R$ 3.696,00
			Total:	**R$ 9.609,60**

4.10 Pró Labore

Valor mensal	R$ 3.000,00
Encargos (20%)	R$ 600,00
Total:	**R$ 3.600,00**

4.11 Depreciação

Investimento	Valor	Alíquota % a a	Depreciação mensal
Edificações	R$ 0,00	4,00%	R$ 0,00
Equipamentos	R$ 538.000,00	10,00%	R$ 4.483,33
Veículos	R$ 30.000,00	20,00%	R$ 500,00
Instalações Elétricas	R$ 80.500,00	10,00%	R$ 670,83
Instalações Hidráulicas	R$ 50.600,00	10,00%	R$ 421,67
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 20.000,00	10,00%	R$ 166,67
		Total:	**R$ 6.242,50**

4.12 Seguro

Investimento	Valor	Alíquota % a a	Custo mensal
Edificações	R$ 0,00	0,50%	R$ 0,00
Equipamentos	R$ 538.000,00	1,00%	R$ 448,33
Veículos	R$ 30.000,00	2,00%	R$ 50,00
Instalações Elétricas	R$ 80.500,00	1,00%	R$ 67,08
Instalações Hidráulicas	R$ 50.600,00	1,00%	R$ 42,17
Eq. Escritório e Laboratório	R$ 20.000,00	1,00%	R$ 16,67
		Total:	**R$ 624,25**

4.13 Juros sobre Capital Próprio 10,00%

Capital próprio	R$ 719,10
Alíquota % a m	0,50%
Custo mensal	**R$ 3,60**

4.14 Juros Financiamento 90,00%

Capital próprio	R$ 6.471,90
Alíquota % a m	1,00%
Custo mensal	**R$ 64,72**

4.15 Despesas Bancarias - Capital de Giro

percentual - faturamento	30,00%
valor descontado	R$ 107.965,20
alíquota % a m	4,00%
custo mensal	**R$ 4.318,61**

4.16 Despesas Administrativas

percentual do faturamento	1,00%
custo mensal	**R$ 3.598,84**

4.17 Despesas de Venda

percentual - faturamento	5,00%
custo mensal	**R$ 17.994,20**

4.18 Propaganda e Marketing

Tipo de indústria	Alimentícia
percentual - faturamento	20,00%
custo mensal	**R$ 71.976,80**

4.18 Aluguel e Taxas (imóvel locado)

Custo do m2 do imóvel	R$ 5,00

4.19 Serviços de Contabilidade

Número de	1

Total de aluguel	**R$ 16.000,00**

contadores	
Custo mensal	**R$ 880,00**

5. Análise de Custos

5.1 Custos Industriais

Matéria prima	R$ 188.623,94
Combustível	R$ 0,00
Embalagens	R$ 42.447,10
Água	R$ 0,00
Esgoto e Efluente	R$ 0,00
Energia Elétrica	R$ 3.002,51
Manutenção	R$ 7.197,68
Mão de Obra Direta	R$ 182.520,00
Total:	**R$ 423.791,23**

5.2 Custos Variáveis

Custos Industriais	R$ 423.791,23
Impostos s/ Faturamento	R$ 81.513,73
Imposto de Renda	R$ 0,00
Despesas Bancarias	R$ 4.318,61
Despesas de Vendas	R$ 17.994,20
Propaganda e Marketing	R$ 71.976,80
Total:	**R$ 599.594,57**

5.3 Custos Fixos

Mão de Obra Indireta	R$ 9.609,60
Pró Labore	R$ 3.600,00
Depreciação	R$ 6.242,50
Seguros	R$ 624,25
Juros sobre capital	R$ 3,60
Juros s/ financiamento	R$ 64,72
Despesas Adm.	R$ 3.598,84
Aluguel	R$ 16.000,00
Serv. Contabilidade	R$ 880,00
Total:	**R$ 40.623,50**

6. Exequibilidade Econômica

(+)	Receita	R$ 359.884,00
(-)	Custo Industrial	R$ 423.791,23
(-)	Impostos s/ Faturamento	R$ 81.513,73
(=)	Lucro Bruto	**-R$ 145.420,96**
(-)	Despesas Bancarias	R$ 4.318,61
(-)	Despesas de Venda	R$ 17.994,20
(-)	Propaganda e Merketing	R$ 71.976,80
(-)	Mão de Obra Indireta	R$ 9.609,60
(-)	Pró Labore	R$ 3.600,00
(-)	Seguros	R$ 624,25
(-)	Despesas Adm.	R$ 3.598,84
(-)	Aluguel e Taxas	R$ 16.000,00
(-)	Serv de	R$ 880,00

7. Ponto de Equilíbrio

$$\frac{\text{Custos Fixos}}{\text{Receita - Custos Variáveis}}$$

PE = -16,95%

8. Rentabilidade Líquida

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Investimentos}}$$

RL = -38,12%

	Contabilidade	
(=)	Lucro Operacional	**-R$ 274.023,26**
(-)	Juros sobre capital	R$ 3,60
(-)	Juros s/ financiamento	R$ 64,72
(=)	Lucro Tributável	**-R$ 274.091,57**
(-)	Imposto de Renda	R$ 0,00
(=)	Lucro Liquido	**-R$ 274.091,57**
(-)	Depreciação	R$ 6.242,50
(=)	Disponibilidade Liquida	**-R$ 280.334,07**

9. Lucratividade

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Receita}}$$

L = **-76,16%**

10. Retorno do Investimento

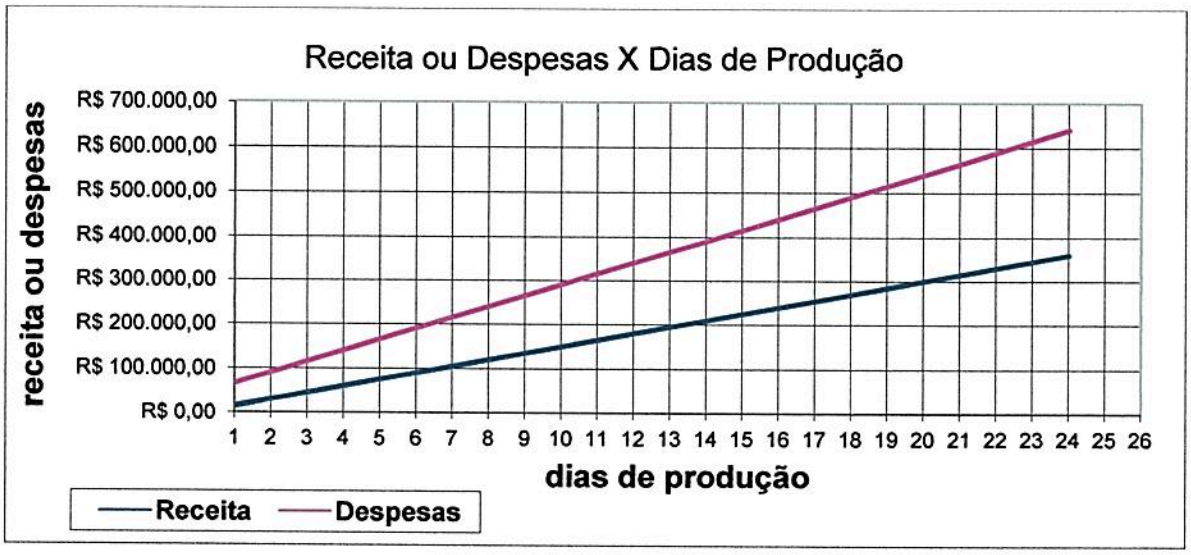
Em meses: Nunca

Em anos: Nunca

11. Ponto de Equilíbrio

Dias trabalhados por mês 24

Gráfico 2 - Correlação de Receitas ou Despesas e Dias de Produção.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministério da Agricultura. Cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar> Acesso em 21 de ago. de 2016.

Nova Cana. Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil (e no mundo). Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo/> Acesso em 21 de ago. de 2016.

FAVA NEVES, Marcos. 10 Questões Sobre o Futuro do Açúcar. Nova Cana, agosto 2013. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/coluna/fava-neves/10-questoes-futuro-acucar-270813/> Acesso em 25 de set. de 2016.

MEZAROBA, Silvana. (FECILCAM) Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais_iveepa/arquivos/9/9-04.pdf> Acesso em 27 de set. de 2016.

BARRO PINHEIRO MACHADO, FÚLVIO. Brasil, a doce terra. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993> Acesso em 27 de set. de 2016.

COPERSUCAR. Fundamentos do Processo de Fabricação de Açúcar e Álcool. Piracicaba, 1988. P.1-12 (Série Industrial, 20). Acesso em 26 de set. de 2016.

SILVA MACHADO, Simone. Tecnologia da fabricação do açúcar. Rede e-Tec Brasil. 2012. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/tecnologia_fabricacao_acucar.pdf> Acesso em 26 de set. de 2016.

Nova Cana. Como é Feito o Processamento da Cana-de-açúcar Nas Usinas. Disponível em: <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/> Acesso em 26 de set. de 2016.

Nova Cana. Uso da Água na Produção da Cana-de-Açúcar e Etanol. Fevereiro de 2013. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/uso-agua-producao-cana-etanol/> Acesso em 26 de set. de 2016.

ANTONIO DIAS PAES, Luiz. Impurezas e Qualidade da Cana-de-Açúcar. Centro de Tecnologia Canavieira. Junho de 2014. Disponível em: <http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf> Acesso em 26 de set. de 2016.

ALCARDE, Ricardo André. Outros Produtos. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html> Acesso em 26 de set. de 2016.

Produção e Fabricação de Açúcar e Álcool. Cola da Web. Disponível em: <http://www.coladaweb.com/quimica/quimica-geral/producao-e-fabricacao-de-acucar-e-alcool-parte-1> Acesso em 28 de set. de 2016.

IG São Paulo. Mascavo, Demerara e Mais: Tipos, Benefícios e Calorias do Açúcar. Disponível em: <http://saude.ig.com.br/alimentacao/dossie-do-acucar/n1238113784817.html> Acesso em 11 de out. de 2016.

Rotulagem Nutricional Obrigatória. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/rotulos/acucar/cristal.htm> Acesso em 11 de out. de 2016.

GODOY, Leandro Movio. Extração de Caldo de Cana-de-Açúcar com Uso de Moenda a vapor. 2013. Disponível em: <http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1079/Leandro%20Movio%20Godoy.pdf?sequence=1> Acesso em 16 de out. de 2016.

ALCARDE, Ricardo André. Processamento da Cana-de-Açúcar. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_102_22122006154841.html> Acesso em 17 de out. de 2016.

Brumazi. Soluções Industriais. Sistema de Preparo de Cana. Disponível em: <http://www.brumazi.com.br/produtos/sistema-de-preparo-da-cana-6/> Acesso em 17 de out. de 2016.

DJS - Equipamentos Industriais LTDA ME. Facas para Picador. Disponível em: <http://www.djsequipamentosindustriais.com.br/produtos_facas_picador.html> Acesso em 17 de out. de 2016.

DSJ - Equipamentos Industriais LTDA ME. Martelos para Desfibrador. Disponível em:<http://www.djsequipamentosindustriais.com.br/produtos_martelo_desfibrador.html#image-10> Acesso em 17 de out. de 2016.

CASTRO, B. S.; ANDRADE, S. A. C. Tecnologia do Açúcar. 1ª Edição. Recife: Editora Universitária, 2007. 381 p. Acesso em 18 de out. de 2016.

MF Rural. Balança Rodoviária Totalmente Eletrônica Sobre Piso. Disponível em: <http://www.mfrural.com.br/detalhe/balanca-rodoviaria-totalmente-eletronica-sobre-piso-nova-101840.aspx> Acesso em 19 de out. de 2016.

Jaumir Equipamentos. Balanças Rodoviárias. Disponível em: <http://jaumirequipamentos.comunidades.net/balancas-rodoviarias> Acesso em 19 de out. de 2016.

Anvisa. Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_271_2005.pdf/33a232aa-65b1-490a-b2fe-a839b34ad070> Acesso em 21 de out. de 2016.

Simisa. O processo da extração do caldo através da Moagem. Disponível em: <http://www.simisa.com.br/home/noticias.php?area=18&id=18/> Acesso em 15 de out. de 2016.

POLONIO, Walter Luiz. Filtração Direta de Lodo de Caldo de Cana: A Introdução dos Filtros Contínuos a Cácuo no Brasil. Revista Meio Filtrante, editora L3ppm, edição Nº 39, julho/agosto de 2009. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=499&link=ultima&fase=C> Acesso em 17 de out. de 2016.

BioProject Equipamentos Ambientais. Peneira Rotativa. Disponível em: <http://bioproject.com.br/peneira-rotativa.html> Acesso em 18 de out. de 2016.

Simex. Separador Magnético – Eletroimã. Disponível em: <http://www.simexbrazil.com.br/separador-magnetico-eletroima/> Acesso em 27 de out. de 2016.

Mausa. Centrífuga Contínua. Disponível em: <http://mausa.com.br/?pagina=produtos-detalhes&id=2> Acesso em 26 de out. de 2016.

Mausa. Secador Esfriador Rotativo ZT-4WD. Disponível em: <http://www.mausa.com.br/?pagina=produtos-detalhes&id=48> Acesso em 26 de out. de 2016.

Lundberg. Evaporadores de Múltiplos Efeitos. Disponível em: <http://lundbergllc.com/pt/tecnologias/evaporadores/evaporadores-de-multiplos-efeitos> Acesso em 26 de out. de 2016.

Clube Amigos do Campo Gerdau. Utilização de Torta de Filtro e Vinhaça em Cana-de-Açúcar. Disponível em: <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/utilizacao-de-torta-de-filtro-e-vinhaca-em-cana-de-acucar-1374> Acesso em 04 de nov. de 2016.

Wllana Dantas. Brasil é o 4º Maior Consumidor de Açúcar do Mundo. Disponível em: <http://www.wllanadantas.com.br/brasil-e-o-4o-maior-consumidor-de-acucar-do-mundo/> Acesso em 12 de nov. de 2016.

FOGAÇA, J. R. V. Sacarose ou Açúcar Comum. Mundo Educação. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/sacarose-ou-acucar-comum.htm> Acesso em 19 de nov. de 2016.

Equipe de Artes - SEaD/UFSCar. Estrutura molecular da frutose, glicose e sacarose. Livre Saber. 2011. Disponível em: <http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/handle/123456789/535> Acesso em 19 de nov. de 2016.

Yara. Produção Mundial de Cana. Disponível em: <http://www.yarabrasil.com.br/nutricao-plantas/culturas/cana-de-acucar/fatores-chave/producao-mundial/> Acesso em 20 de nov. de 2016.

JÚLIO, Lilian. Transformando Cana-de-açúcar em Concreto. Itambé. 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/transformando-cana-de-acucar-em-concreto/> Acesso em 21 de nov. de 2016.

Pimartins. Tratamento de Caldo. Disponível em: <http://pimartins.weebly.com/preparo-de-caldo.html/> Acesso em 23 de nov. de 2016.

Tema Procem. Desfibrador de Cana "Tema 2000". Disponível em: <http://www.temaprocem.com.br/desfibrador.html> Acesso em 24 de nov. de 2016.

SILVA, P. R. S. Simulação Dinâmica e Otimização de Evaporadores de Múltiplos Efeitos em Biorrefinarias. Rio de Janeiro 2013. Disponível em: <http://portal.peq.coppe.ufrj.br/index.php/producao-academica/dissertacoes-de-mestrado/2013-1/44-simulacao-dinamica-e-otimizacao-de-evaporadores-de-multiplos-efeitos-em-biorrefinarias/file> Acesso em 25 de nov. de 2016.

Equipe de Artes - SEaD/UFSCar. Corpo evaporador de feixe tubular vertical. Livre Saber. 2011. Disponível em: <http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/handle/123456789/596> Acesso em 25 de nov. de 2016.

Mausa. Secador Esfriador Tipo SBR-4WD. Disponível em: <http://www.mausa.com.br/downloads/ficha_tecnica/SecadorSRB_4WD.pdf> Acesso em 25 de nov. de 2016.

Brumazi. Sistema de Fabricação de Açúcar. Disponível em: <http://www.brumazi.com.br/produtos/sistema-de-fabricacao-de-acucar-12/> Acesso em 27 de nov. de 2016.

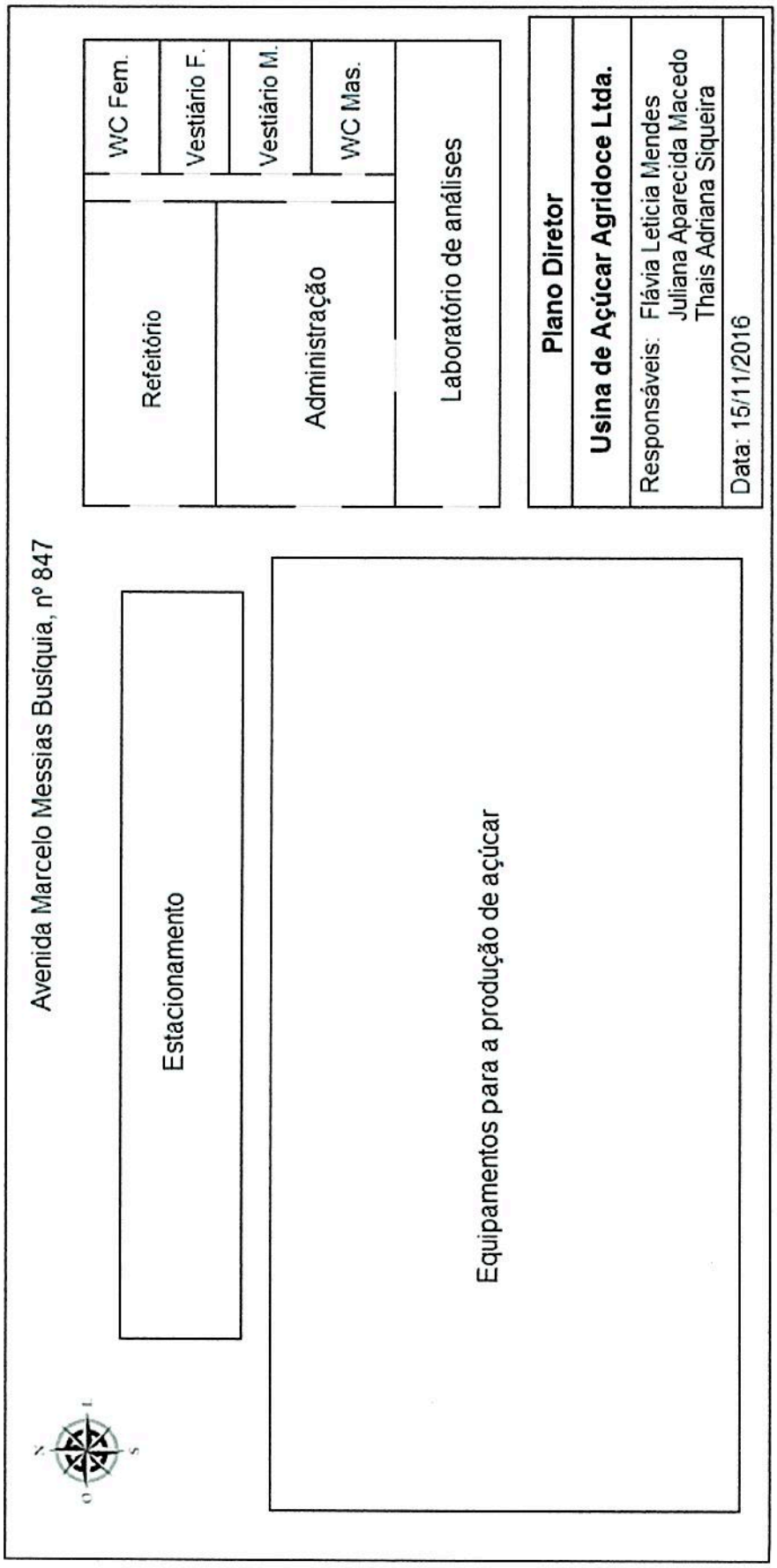
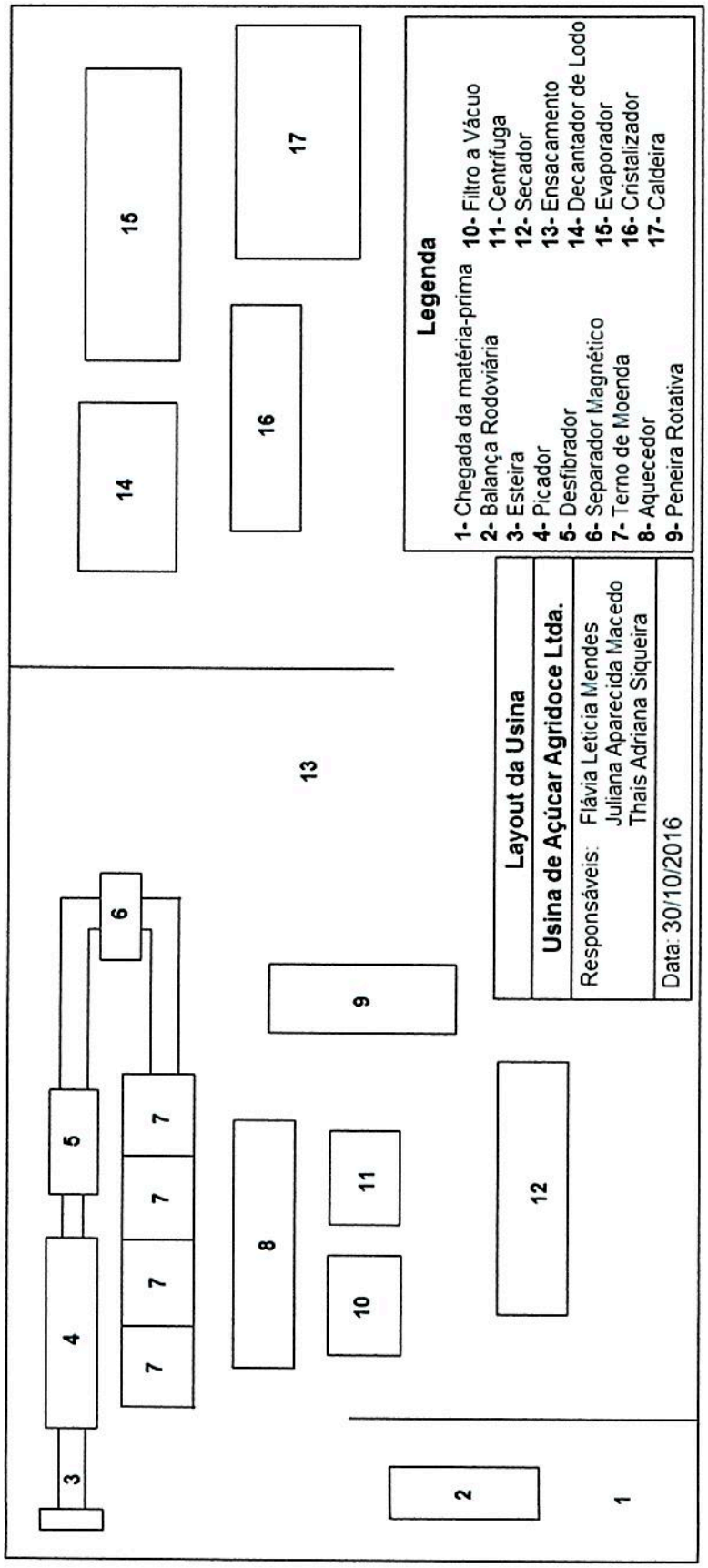
Lei Nº 4.870, De 1 De Dezembro De 1965. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4870.htm> Acesso 22 de nov. de 2016.

Normas Regulamentadoras. NR 6 – Equipamento De Proteção Individual (206.000-0/I0) <http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR_6.html> Acesso em 23 de nov. de 2016.

8. APÊNDICE

Apêndice 1 - Plano Diretor. 46
Apêndice 2 - Layout da Usina 47

Apêndice 1 – Plano Diretor



Apêndice 2 – Layout da Usina