

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG

COORDENAÇÃO GERAL DE GRADUAÇÃO

AUGUSTO SEVERINO BERNARDES DA SILVA

**UM ESTUDO DETALHADO DAS PERDAS NO PROCESSO
SUCROALCOOLEIRO: PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO**

FORMIGA – MG

2009

AUGUSTO SEVERINO BERNARDES DA SILVA

UM ESTUDO DETALHADO DAS PERDAS NO PROCESSO
SUCROALCOOLEIRO: PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Monografia apresentada à
Coordenação Geral de Graduação do
UNIFOR-MG como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.
Orientadora: Prof.^a Andréa da Silva
Peçanha.

FORMIGA – MG

2009

Augusto Severino Bernardes da Silva

UM ESTUDO DETALHADO DAS PERDAS NO PROCESSO
SUCROALCOOLEIRO: PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação Geral de
Graduação do UNIFOR-MG, como
requisito para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Andréa da Silva Peçanha
Orientadora

Examinador
UNIFOR-MG

Formiga, dezembro 2009

Dedico este trabalho a todas as
pessoas – família, amigos e
professores – que me fizeram ver a
importância dos estudos e a
conseqüente especialização
profissional.

A Deus, pela magnitude da sua onipresença em nossas vidas.

A minha família e amigos, pela compreensão na minha ausência, apoio e entusiasmo na carreira abraçada.

Aos professores e colegas, pelo companheirismo.

Aos funcionários da empresa em estudo, pela colaboração, dedicação e paciência com relevantes informações.

“Há três coisas que nunca voltam atrás: a flecha lançada, a palavra pronunciada e a oportunidade perdida”.

(Provérbio chinês)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é quantificar as perdas no processo produtivo e mostrar o quanto é importante se ter um bom planejamento e controle da produção e que o mesmo seja capaz de apoiar parte das principais decisões envolvidas no planejamento e controle de produção de uma usina de açúcar e álcool. O principal objetivo é reduzir as perdas, aumentar a produtividade, qualidade e eficiência e conseqüentemente, maximizar a rentabilidade. O estudo detalhado do processo produtivo estará voltado para a etapa industrial e o conseqüente rendimento da indústria. O tratamento matemático mostra a importância de redução das perdas desde o transporte da cana até a sua conseqüente estocagem e produção final de açúcar e álcool. O controle de perdas é peça chave em todo o processo. É preciso estar sempre atento a todos os detalhes.

Palavras-chave: perdas, processo produtivo, planejamento e controle da produção, produtividade.

ABSTRACT

The objective of this work is to quantify the losses in the productive process and to show that it is important to have a good planning and control of the production and that the same is capable to support part of the main decisions involved in the planning and control of production of an usina of sugar and alcohol. The main objective is to reduce the losses, to increase the productivity, quality and efficiency and, consequently, maximize the profitability. The detailed study of the productive process will be gone back to the industrial stage and the consequent revenue of the industry. The mathematical treatment shows the importance of reduction of the losses from the transport of the cane to its consequent estocagem and final production of sugar and alcohol. The control of losses is key piece in whole the process. It is necessary to be always attentive the whole ones the details.

Word-key: losses, productive process, planning and control of the production, productivity.

LISTA DE ABREVIATURAS

ART – Açúcar Redutor Total

AR - Açúcar Redutor

ARC - Açúcares redutores % cana

ARC = açúcares redutores % cana

ART_{bg} - Açúcares redutores totais % bagaço

ART_e - Açúcares redutores totais na água de entrada do circuito (kg/m³)

ART_{prod} - Rendimento em ART dos produtos finais

ART_s - Açúcares redutores totais na água de saída do circuito (kg/m³)

ART_t - Açúcar redutores totais % torta

ATR – Açúcar Total Recuperado

Brix - Quantidade de sólidos solúveis em uma solução de sacarose

ED_o - Eficiência obtida na destilaria.

K_t - Perda de ART na torta de filtro.

K_b - Perda de ART no bagaço

K_b - Perda de ART de bagaço (kg/t cana)

K_d - Perda de ART na destilaria.

K_d - ART perdido na destilaria (kg / t cana)

Kg – Kilo

K_i - Perdas indeterminadas em ART.

K_l - Perda de ART na água de lavagem de cana (kg/t cana)

K_l - Perda lavagem de cana em ART

K_t - Perda de ART na torta (kg / t cana)

L – Litro

PC - Pol na cana

PC - Pol na cana

PCTS - Pagamento de cana pelo teor de sacarose

pH – Potencial Hidrogenio

Pol – Teor de sacarose contida em uma solução

POL_{bg} - Pol no bagaço

POL_t - Pol da torta

QA_p - Rendimento obtido de açúcar expresso como sacarose (kg/t de cana).

Q_{bg} - Massa de bagaço (kg/ t cana)

Q_t - Massa de torta (kg / t cana

SO₂ - Dióxido de enxofre

t – tonelada

V_{água} - Volume de água utilizada em m³/t cana

VE_p - Rendimento de álcool expresso como etanol (L/t cana).

VE_p - Rendimento obtido do álcool, expresso como etanol (L / t cana).

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Exemplo de Diagrama de Pesquisa.....	40
FIGURA 2: Fluxograma de perdas no processo produtivo	44

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Porcentagem de perdas no processo	48
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- base para a conversão em reais (R\$) das perdas de açúcar e álcool....	47
TABELA 2 – Quantificação de Perdas no processo	48
TABELA 3 - Mensuração em reais (R\$) e quantidade de álcool perdido	50
TABELA 4 - mensuração de reais (R\$) e açúcar perdido.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Planejamento e Controle da Produção.....	20
3.2 Histórico do setor sucroalcooleiro	22
3.3 Importância da qualidade da matéria-prima para a eficiência industrial.....	22
3.4 Descrição do processo produtivo de açúcar e álcool	25
3.4.1 Recepção da Matéria-prima	25
3.4.2 Descarga e Processamento da Cana-de-açúcar.....	25
3.4.3 Tratamento do Caldo.....	28
3.4.4 Fabrica de açúcar.....	29
3.4.5 Fabricação de Álcool	31
3.4.5.1 Fermentação Alcoólica	31
3.4.5.2 Destilação alcoólica.....	32
3.5 Balanço de Massa de Açúcar Redutores Totais.....	33
3.5.1 ART dos Produtos Fabricados	34
3.5.2 Perdas na Lavagem da matéria-prima	34
3.5.3 Perdas no bagaço final.....	35
3.5.4 Perdas na torna de filtros ou prensas.....	36
3.5.5 Perdas de ART na Destilaria	37
3.5.6 Perdas indeterminadas de ART	38
4 METODOLOGIA.....	39
4.1. Pesquisa.....	39
4.2. Objeto de Pesquisa	41
4.3. Coleta dos Dados.....	41
4.4. Interpretação dos dados.....	42
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	43

5.1 Identificação das Perdas no Processo Industrial.....	43
5.2 Análise e Quantificação das Perdas no Processo Industrial	47
5.3 Mensuração das Perdas no Processo Industrial	49
6 SUGESTÕES PARA MINIMIZAR AS PERDAS NO PROCESSO PRODUTIVO ...	52
7 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO A – ENTREVISTA.....	57
ANEXO B – MODELO DO BOLETIM GERENCIAL DA USINA SUCROALCOOLEIRA EM ESTUDO	60

1 INTRODUÇÃO

A produção de combustíveis renováveis é o assunto do momento. O novo ardor ambientalista que percorre o mundo faz com que a produção de combustíveis de matéria-prima vegetal, um campo promissor. Cana de açúcar, mamona e outros vegetais se encontram como fonte de produção de combustíveis menos poluentes e, por vezes, mais baratos.

O processo de reestruturação da economia mundial, oriunda da crise econômica financeira, e seus reflexos sobre a economia sucroalcooleira, o aumento nos níveis de concorrência e as exigências do mercado nacional e mundial, levaram as empresas do seguimento a se empenhar em diminuir as perdas indeterminadas e determinadas decorrentes do processo de fabricação de açúcar e álcool e conseqüentemente aumentar o seu rendimento e faturamento industrial. Ora, em um mundo globalizado, em que as concorrências deixam de ser locais e passam a ser globais e ainda um cenário econômico permeado de instabilidade financeira, fica claro a importância de conter gastos e evitar desperdícios e perdas a fim de aumentar o faturamento da empresa. Este, mais tarde, poderá ser viabilizado em investimentos, retornando mais lucro.

A pesquisa mostrará através da mensuração de dados que, mesmo sem investimentos pesados, uma empresa consegue aumentar seu faturamento apenas diminuindo suas perdas determinadas e indeterminadas decorrentes do processo de industrialização da cana de açúcar. A saber, a redução desta perda e conseqüentemente, o aumento do faturamento poderão ser grandes armas para combater a crise ou simplesmente, transformar em investimento que otimizará o processo industrial.

Pode-se notar que o setor de planejamento e controle da produção em usinas sucroalcooleiras envolve todos os seus componentes, da área agrícola à industrial. Os componentes externos a estas regiões são importantes fatores que influenciam no desempenho das etapas do processo produtivo e conseqüentemente na qualidade do produto final, a partir da programação das etapas são gerados resultados importantes, como a produtividade, que mede a relação entre a quantidade de produto final obtido e a quantidade de matéria-prima processada, e a

eficiência de moagem, que mede a relação entre o tempo efetivo de operação e o tempo total estimado para a produção. Deste modo, a necessidade da implantação de alternativas de técnicas, equipamentos e recursos que beneficiem o planejamento e controle do processo produtivo se faz presente, devido aos números elevados das perdas ocorrentes na mesma, que se fez necessário a busca por incrementos na produtividade e na melhoria da qualidade dos produtos.

A pesquisa, ao abordar o Planejamento e Controle da Produção sob o ponto de vista de gerenciamento da produção. E tem como foco principal a mensuração do quanto a empresa deixou de faturar devido as perdas (indeterminadas e determinadas) do processo produtivo. Demonstrado o quanto a perda interfere no faturamento de uma empresa, exigindo que esta busque um desenvolvimento de planejamento e metas que sirvam como quadro referencial para as mesmas. Desse modo, poderá ser adotada pela empresa, no caso desta pesquisa, a Usina sucroalcooleira de Laoga da Prata, uma estratégia para manter sua competitividade no setor, tendo a máxima que norteará o discurso deste texto: produzir mais e com o menor custo será o objetivo.

1.1 PROBLEMA

Através do acompanhamento dos rendimentos industriais da usina sucroalcooleira em estudo é possível perceber a existência de alguns fatores que interferem diretamente na produtividade, contribuindo assim para que a empresa não cumpra suas metas (produção, rendimento e custo). Dentre esses fatores podemos citar as perdas indeterminadas e determinadas, ambas decorrentes do processo de fabricação de açúcar e álcool. As perdas indeterminadas são aquelas que não são rotineiras e não é possível mensurar onde elas ocorrem e as determinadas podem ser mensuradas, identificadas e pré-definidas, tais como no bagaço, torta de filtro e destilação.

Na busca pela excelência dos produtos da empresa e lucratividade, percebe-se que as perdas influencia diretamente no faturamento da empresa.

Diante desta necessidade, elaborou-se a seguinte questão-problema: “Quais são as perdas que interferem no processo produtivo e quanto à empresa deixa de faturar como as perdas, implantação de um monitoramento da produção poderá auxiliar na identificação e na minimização das perdas para que a melhoria do processo contribua para um aumento da produção e do faturamento?”

1.2 JUSTIFICATIVA

Através deste trabalho tem-se a oportunidade de ampliar os conhecimentos quanto ao processo produtivo de açúcar e álcool, especificamente nas perdas no processo industrial de açúcar e álcool e no planejamento e controle da produção, e assim coletar e fornecer informações para comandar e controlar o sistema produtivo, principalmente quanto as perdas decorrentes do processo e proporcionar o feedback à empresa. Por esse motivo, as funções de planejar e controlar são imprescindíveis para qualquer empresa que pretenda aumentar a sua produtividade e lucratividade.

As contribuições deste trabalho advêm no sentido de propor aperfeiçoamentos para o autor e para empresas do ramo sucroalcooleiro, com o objetivo de incrementar o seu processo produtivo e, conseqüentemente, melhorar os seus resultados e faturamento.

A pesquisa trata-se de uma mensuração e monitoramento e identificação das perdas no processo produtivo e a importância de saber o quanto a empresa esta deixando de faturar em R\$ (moeda corrente) e o quanto é importante se ter um planejamento e controle da produção para minimizar as perdas no processo sucroalcooleiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Descrever e analisar o processo produtivo numa usina do ramo agroindustrial localizada em Lagoa da Prata – MG, onde tem-se por finalidade a fabricação de açúcar e álcool.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e quantificar as perdas de processo de fabricação de açúcar e álcool.
- Mensurar as perdas em Kg açúcar, L litros de álcool e em R\$ perdidos na safra de 2008.
- Identificar as interferências das perdas no rendimento e faturamento da empresa estudada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Para manter o mercado em pleno crescimento e aumentar a produtividade, os profissionais de planejamento têm que buscar soluções a cada dia mais inovadoras para conter os gastos e reaproveitar os insumos orgânicos das empresas, apoiados em uma tendência mundial ao ambientalismo e as causas sociais do consumo responsável. Do plantio, passando pelo corte, transporte, moenda e industrialização, o uso da cana como matéria prima para açúcar e álcool se esbarra em certos elementos comuns a qualquer empresa que, se não solucionados, podem acarretar em sérios problemas de desperdícios e, conseqüentemente prejuízos.

Com a escassez dos recursos ambientais, a sustentabilidade deve ser um recurso encontrado pelas empresas para continuarem desenvolvendo suas atividades com compromisso social sem perder em lucratividade, pelo contrário, encontrando soluções que, aplicadas em seus processos podem facilitar a execução de tarefas e diminuir o desperdício.

3.1 Planejamento e Controle da Produção

O planejamento e controle da produção é uma atividade indispensável nas empresas que tem como principal objetivo a maximização da produtividade e conseqüentemente da lucratividade, sendo assim o estudo de seus conceitos torna-se necessário para o desenvolvimento desse trabalho. Para Santos (1999), a competitividade pode ser definida como um conjunto de ações em que o quanto menor o custo das operações maior a chance da empresa se fortalecer como marca e como fonte de recursos. Ora, a lucratividade está diretamente ligada à quantia gasta na produção.

Corrêa e Corrêa (2008) afirmam que planejamento e controle da produção é um dos principais conceitos da administração da produção e operações. E o seu principal propósito, de acordo com Slack (1997), é garantir que a produção ocorra eficazmente e produza bens e serviços como se deve.

Planejar, de acordo com Corrêa (2008), é compreender como a situação presente e a visão do futuro influencia na tomada de decisões para que se atinjam determinados objetivos, é também projetar o futuro diferentemente do passado. Já Zaccarelli (1986, p.1) conceitua o planejamento sob a nomenclatura de programação e controle da produção, então para ele sua definição é, “[...] *um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa*”.

Ao escrever sobre planejamento e controle da produção, Harding (1981) afirma que o seu objetivo é cumprir as datas de entrega a um custo mínimo, através do planejamento da seqüência das atividades da produção, já os controles atuam como fiscalizadores das atividades, desde a elaboração dos planos de comercialização de longo prazo até a elaboração dos relatórios dos resultados atingidos. Machline et al. (1984, p. 251) descrevem o planejamento e controle da produção como uma “[...] *função administrativa que tem por objetivos fazer os planos que orientarão a produção e servirão de guia para o seu controle*”.

Através da análise de todas essas conceituações entende-se que, apesar de não haver um único conceito universal sobre planejamento e controle da produção, todos eles vão na mesma direção, isto é, indicam que ele constitui-se num sistema de informações que comanda e coordena o processo produtivo, objetivando atender aos requisitos de qualidade, quantidade e tempo contratados a um custo mínimo e proporcionar o feedback dos resultados atingidos. Além disso, um plano de controle de produção levará a uma produção consciente, aquela que busca reaproveitar todos os resíduos industriais em prol da conservação ambiental e da boa relação entre organização/sociedade.

Após fazer um breve estudo dos conceitos de planejamento e controle da produção será apresentado o histórico do setor sucroalcooleiro no Brasil e em Minas Gerais para que se possa ter uma melhor compreensão das origens do setor.

3.2 Histórico do setor sucroalcooleiro

No início da colonização do Brasil os portugueses mantiveram a extração do Pau Brasil como a principal atividade econômica. Esta teve um curto tempo de duração, pois o Brasil passou a ter períodos econômicos geralmente vinculados à produção agrícola. Após a extração do Pau Brasil, o solo fértil e a facilidade de mão de obra escrava contribuíram para que os interesses dos colonizadores passassem a se resumir no plantio da cana-de-açúcar e no comércio de seus derivados, tornando-se no século XVII a maior fonte de riqueza do país. Outro fator que contribuiu para o início do plantio foi o grande apelo internacional que o açúcar possuía, era exportada principalmente para a Europa (AVELLAR, 1976).

Inicialmente o plantio da cana-de-açúcar concentrava-se no litoral nordestino, com o fim das capitânicas hereditárias e com a abolição da escravatura, a produção dos derivados da cana-de-açúcar passou a se concentrar na região Sudeste, destacando-se principalmente o estado de São Paulo. Atualmente o setor sucroalcooleiro movimenta no país cerca de R\$ 18 bilhões por ano e o Brasil é considerado o maior produtor de açúcar do mundo, gerando trezentos mil empregos diretos. (BURNQUINST, 1999)

Manoel (1986, p .129-130) afirma que “[...] até o final da década de 1950 a política expansionista concentrou-se na ampliação da capacidade produtiva do parque industrial e da lavoura da cana-de-açúcar”. A partir daí, no entanto, surgiu uma preocupação com a eficiência dos produtores, que possibilitasse competirem no mercado internacional, segundo Manoel (1986) o aumento da competitividade dependia do aproveitamento da capacidade, do grau de eficiência do sistema produtivo e da estrutura de comercialização.

3.3 Importância da qualidade da matéria-prima para a eficiência industrial

A qualidade da matéria prima fornecida a indústria para o processamento é de suma importância para a diminuição das perdas no processo industrial, além ter influência direta na qualidade dos produtos finais (açúcar e álcool), sendo assim é de

grande importância possuir um conhecimento sobre as influências dessa qualidade no processo produtivo.

Quando não se tem uma boa saúde (qualidade) na cultura de cana, a mesma promove grandes perdas industriais, além de favorecer a formação de substâncias coloridas, que contribui para o aumento e mudança de cor, que conseqüentemente influenciará na qualidade dos produtos finais (MUTTON, 2008).

Ao analisar a produção de etanol, a qualidade da matéria-prima afeta diretamente a eficiência fermentativa levando à queda do rendimento alcoólico. A cada 1% de infecção devido à broca da cana, a uma redução de 0,20% na produção de álcool e quando a 1% de infecção devido à broca gigante na cana provoca a perda de 0,63% no processo e conseqüentemente queda de rendimento industrial (PAYNE, 1989).

As Impurezas Mineraias estão ligadas diretamente ao processamento da cana, pois seus grandes números provocam menor extração através das moendas, que por sua vez aumenta a perda de açúcar no bagaço, aumenta a produção de torta proveniente da decantação e nota-se um aumento das suas perdas, favorecendo a formação de incrustações e a corrosão no interior das caldeiras, além de comprometer a qualidade do produto obtido. A presença destas impurezas contribuem diretamente para a contaminação dos caldos com microrganismos indesejáveis ao processo de fermentação, aumentando as perdas microbiológicas e assim, comprometendo a eficiência e o rendimento industrial (HUGOT, 1977).

A quantidade de impurezas que chegam à indústria junto com a matéria-prima tem grande variação, essa quantidade varia de acordo com a forma de colheita, podendo sofrer alterações devido as condições climáticas (chuva) que aumenta a quantidade de impurezas mineraias. A impureza vegetal sofre grande influência da forma que a cana é queimada (PAYNE, 1989).

Stupiello (2006) afirma que as impurezas vegetais têm influencia direta no processamento da matéria-prima e que através da perda de capacidade da fábrica de 3 a 15 % e tem uma perda de extração do processamento de 1 a 4 %; aumentando a quantidade de bagaço produzido devido ao aumento da fibra, com qualidade comprometida, além da incorporação de componentes indesejáveis.

Para se obter um produto final com qualidade é necessário purificar o caldo após a extração. A operação necessita de um caldo claro, transparente e brilhante que é obtido após a eliminação das impurezas dissolvidas e em suspensão no mesmo, sem afetar a quantidade de açúcar. Sendo assim a decantação é diretamente prejudicada quando se processa a cana que está submetida a longos intervalos de tempo entre a queima e o corte. Além de propiciar a formação de elevados números de substâncias que dificultam a clarificação. Ainda é de suma importância salientar que o aumento de tempo na decantação resulta em maior tempo de retenção do caldo no decantador, provocando ainda destruição de açúcares devido a função e condições operacionais de pH e temperatura do caldo dentro do equipamento. (MUTTON, 2008)

Hugot (1977) afirma que no processo de fermentação alcoólica quando não se tem os cuidados mínimos ao observar a qualidade da matéria-prima, pode ocorrer a formação de outros microrganismos, principalmente bactérias, que produzem fermentações indesejáveis, resultando em produtos estranhos à fermentação alcoólica normal. O autor ainda afirma que as bactérias contaminantes produzem ácidos orgânicos que por sua vez provocam fermentações paralelas, que reduzem o rendimento fermentativo, além de modificar as características do vinho diminuindo o teor alcoólico, que quando ocorre as perdas são mais elevados, caracterizando as perdas de açúcares no processo de deterioração microbiana.

A destilação do álcool corresponde à separação das diversas frações do vinho através de evaporação e sucessiva condensação do vapor após a fermentação, assim como de outras impurezas que estejam presentes no vinho. Quanto maior a concentração destas substâncias indesejáveis (impureza), mais rigorosa deverá ser a destilação. Considerando-se que o álcool (hidratado ou anidro) deve atender especificações quanto aos teores máximos de componentes, verifica-se que estas operações de purificação do destilado sempre são acompanhadas de perdas, que resultam em reduções das eficiências do processo (FERNANDES, 2003).

3.4 Descrição do processo produtivo de açúcar e álcool

Neste tópico é descrito, de forma genérica, o processo de fabricação de açúcar e álcool, identificando os pontos de perdas determinadas e indeterminadas em todos os setores do processo produtivo. Tendo como base os estudos realizados por Hugot (1977), Payne (1989), Fernandes (2003) e Medeiros (2005), além da experiência profissional adquirida pelo autor deste trabalho. Para entender o processo produtivo de açúcar e álcool é preciso haver uma interação entre o campo e a indústria, pois a matéria-prima (cana) fornecida pelo campo é responsável pela produção dos açúcares e a indústria é responsável pela recuperação (fabricação de açúcar e álcool). Sendo assim entende-se que o estudo deste processo é de grande importância para a compreensão do tema proposto para este trabalho.

3.4.1 Recepção da Matéria-prima

A etapa industrial inicia-se com a pesagem, onde os caminhões que transportam a matéria-prima são preparados para facilitar a descarga da cana e a retirada de amostras. Sendo assim o caminhão passa pela balança e durante a pesagem algumas cargas são sorteadas para análise do teor de açúcar. Quando isso acontece o caminhão passa pela sonda no laboratório PCTS (pagamento de cana pelo teor de sacarose), onde é coletada amostras para determinar a pol, AR, ART, ATR, no mínimo 20% da cana própria é analisada e 100% das canas compradas. É através desta análise que se paga a cana (HUGOT, 1977).

3.4.2 Descarga e Processamento da Cana-de-açúcar

Após a realização das amostragens, os caminhões seguem para a área de recepção e moagem, onde é efetuada a descarga com guinchos hyllo, que descarregam a cana diretamente na mesa alimentadora, a alimentação de cana para

as moendas é feita através da mesa alimentadora, com a função básica de lavar e conduzir a cana até a esteira principal do sistema de extração de caldo.

A grande parte das impurezas minerais (terra) que vem com a carga do caminhão do campo, é removida na mesa alimentadora, que utiliza água para lavagem da matéria-prima. A mesa alimentadora trata-se de um equipamento fixo, inclinado a um ângulo de 45 graus, para aumentar eficiência de lavagem, construído por vigas e chapas metálicas, tendo aproximadamente 11 metros de largura, 6 de altura por 6 de comprimento. A cana é conduzida na mesa por arrastadores presos a diversas correntes metálicas especiais, movidas através de engrenagens fixas a um eixo principal, acionado por conjunto moto-redutor elétrico. (HUGOT, 1977)

Devido aos grandes problemas ocorridos nesta etapa, tais como perdas de açúcar, altos custos envolvidos na instalação, meio ambiente, tende-se a fazer com que as usinas interrompam a etapa de lavagem da cana. Sendo assim, é possível citar outros fatores agravantes que aumentam o número de perdas de açúcares e custos do processo, como a cana “machucada”, o grande volume de água utilizado, o projeto da mesa alimentadora, a superfície exposta ao contato (lavar cana picada é proibitivo), o tempo de contato entre a cana e a água e a vedação entre a mesa e a esteira de alimentação. (HUGOT, 1977)

Hugot (1977) afirma que após a cana lavada, a mesma é lançada a uma esteira metálica denominada esteirão de cana, pertencente ao sistema de extração, com a finalidade de conduzi-la até o preparo. A esteira é horizontal de pequena inclinação, que direciona a cana ao nivelador, picador e desfibrador, caracterizando o preparo da cana esta etapa operação mais importante realizada antes da extração, a sua eficiência é medida pela eficiência de quebrar e abrir a estrutura da cana em maior número possível de células da cana, onde se localiza o açúcar, facilitando sua retirada por esmagamento nas moendas. Esta operação exige grande potência dos equipamentos envolvidos (niveladores, picadores e desfibradores), devido a quantidade de cana e ao sistema utilizado (atrito e choque mecânico), para picar e desfibrar a manteria-prima.

Depois da preparação a cana cai em uma esteira de borracha e passa pelo eletroímã onde é eliminado todas as partículas magnética contida na cana, logo em seguida se inicia a alimentação dos conjuntos de extração de caldo do tipo ternos de moenda, cada conjunto de moenda é composto por seis ternos, cada terno possui

de três a cinco rolos, que caracterizam-se pela extração do caldo por esmagamento ou prensagem, ou seja, submetem a cana desfibrada a uma pressão mecânica muito grande, que aumenta a medida que o mesmo é extraído após passar por cada terno sucessivamente. A eficiência deste processo é de grande importância para a minimização das perdas, pois no bagaço resultante da prensagem se concentra cerca de 3 a 4% da perda de açúcar (PAYNE, 1989).

Fernandes (2003) descreve a grande perda decorrente do processo de moagem, podemos citar fatores que interferem diretamente nos resultados tais como, Regulagem da moenda para as condições operacionais da usina, constância na alimentação da cana, fibra da cana, impurezas vegetais e mineral na cana, limpeza e assepsia freqüentes, esteirão e das chapas do preparo para minimizar as perdas microbiológicas, vedações, volume e temperatura da água de embebição proporcional à cana moída e fibra%cana, avaliação rotineira da extração terno a terno, regularidade da operação (aproveitamento de tempo), acionamentos dos rolos (pressão do vapor), estado dos rolos (soldas de enchimento) – procedimento, umidade e pol do bagaço gerado – amostragem contínua e representativa, rotação das moendas

A redução da perda de 0,2 % quando se aplica corretamente assepsia em uma moenda pode reduzir sensivelmente as perdas ocasionadas por atividade bacteriana. O caldo escorrendo para fora do coletor, respingos de caldo, quedas de bagaço, caldo estagnado, etc., são perdas visíveis, porém, de difícil quantificação, sendo da ordem de 0,1%. (PAYNE, 1989)

O bagaço resultante da prensagem é levado por uma esteira até as caldeiras onde é utilizada como matéria-prima para a mesma, onde é queimado para produção de vapor, o bagaço que sobra é enviado para o depósito ao ar livre e fica a disposição para retornar ao processo quando necessário, sendo assim é mantido um estoque estratégico para o iniciar a próxima safra, o vapor produzido pela caldeira alimenta as turbinas para movimentação de máquinas e turbo – geradores que produzem energia para o consumo interno necessário para a fabricação de açúcar e álcool e a co-geração junto a concessionária, sendo assim o vapor de escape produzido pelas turbinas e geradores é utilizado para no processo de aquecimento evaporação e cozimento de açúcar e também na produção de álcool (FERNANDES, 2003).

3.4.3 Tratamento do Caldo

Apesar da lavagem da cana no início do processamento, o caldo extraído nas moendas ainda contém grande quantidade de impurezas orgânicas e minerais tais como, terra, cera vegetal, e microorganismos, que precisam ser eliminados para se ter uma boa qualidade de açúcar e eficiência na produção de álcool, o objetivo do tratamento de caldo é obter um caldo claro, límpido e brilhante após a eliminação das impurezas (MEDEIROS, 2005).

O processo de preparação ou limpeza do caldo se inicia com o tratamento químico que começa com a sulfitação, onde é adicionado ao caldo dióxido de enxofre (SO_2), que tem por finalidade ajudar na obtenção de um caldo límpido e menos viscoso, em seguida é adicionado leite de cal para neutralizar o pH e ajudar na decantação. Após o tratamento químico o caldo é direcionado ao decantador onde é realizada a decantação por meio de clarificação. Para acelerar o processo de decantação, destruir microorganismos que podem vir a prejudicar a produção, e impurezas, é elevada a temperatura do caldo sob pressão, até $105\text{ }^\circ\text{C}$ em aquecedores a vapor, para em seguida é despressurizado e reduzida a temperatura para $98\text{ }^\circ\text{C}$ por flasheamento, onde é eliminada grande quantidade de impurezas microbiológica (HUGOT, 1977).

Na decantação é retirada a maioria das impurezas presentes neste ponto do processo, onde as mais pesadas que o caldo, e por consequência se precipitam para o fundo do meio em que se encontram, ou seja, decantam quando a velocidade de movimentação do mesmo é baixa. Onde o caldo sobe lentamente pelo equipamento em direção a saída, enquanto a sujeira mais pesada desce em direção ao raspador. A decantação é ainda acelerada pela adição química de polímeros floculantes, que aglutinam e aumentam o peso das impurezas suspensas, precipitando-as mais rapidamente. (PAYNE, 1989)

Após a decantação, os resíduos (terra, cera vegetal) resultantes deste processo é chamados de lodo, onde o mesmo é bombeado para os filtros pressas onde é filtrado e extraído o máximo de açúcar possível, nesta etapa do tratamento do caldo é onde se concentra as perdas de torta de filtro, de uma maneira geral a perda determinada neste setor é verificada através da pol ou ART na torta. Outras

perdas podem ser citadas em toda etapa do tratamento de caldo como vazamentos, respingos, transbordamentos, inversões, decomposição, arraste, Inversão de sacarose e decomposição de açúcares em função da exposição por longos períodos a diferentes pHs e temperaturas elevadas. Além das perdas indeterminadas, ou seja, a destruição de açúcar por inversão da sacarose, degradação de glicose, frutose e sacarose, sendo assim ela pode ser maior quanto maior for a temperatura do caldo, maior o Brix da solução, xarope ou massas, maior o tempo que o caldo ficar a essas condições, quanto mais extremo for o pH (PAYNE 1989).

3.4.4 Fabrica de açúcar

Após o tratamento do caldo, ou seja, clarificado, o caldo é formado basicamente por água e açúcar dissolvido, entra numa fase de concentração, ou seja, da retirada gradativa de água até o ponto da saturação, onde ocorre a solidificação do açúcar.

Para Payne (1989) a evaporação é a primeira fase desta concentração onde é realizada através de equipamentos contínuos denominados evaporadores, que eliminam aproximadamente 90% da água contida no caldo. Apesar da grande quantidade de água eliminada, o resultado da evaporação, o xarope, denominação do caldo concentrado a 60%, ainda continua na fase líquida, sem atingir o ponto de saturação (concentração a 60%, significa que, sessenta por cento da mistura é sólido solúvel - especialmente o açúcar - e o restante é água).

As perdas neste setor estão também relacionadas com inversão de sacarose e decomposição de açúcares em função da exposição por longos períodos a diferentes pHs e temperaturas elevadas, temperaturas – variando de 60 a 120°C, pH – 5 a 7, tempo de residência – 25 a 45 min. Outras perdas acentuadas que ocorrem neste setor estão relacionadas com arrastes entre os vários efeitos e principalmente no último. A ordem de grandeza destas perdas é diretamente dependente do nível de instrumentação, procedimentos operacionais, oscilações (vazão caldo, pressão de vapor), eficiência dos separadores de arraste e projeto das caixas (PAYNE, 1989)

A próxima fase da concentração, é a mais importante e mais complexa da produção de açúcar que chamada de cozimento, devido a definição que será tomada para a qualidade da produção do açúcar pois nesta etapa define o tipo, o formato e o tamanho dos cristais de açúcar. O xarope resultante da evaporação e após a flotação, possui uma grande parte de açúcar cristalizável - a sacarose, e uma pequena parte de outros açúcares, tais como, glicose, frutose, que não se solidificam, ou seja, não se cristalizam mesmo no ponto são chamados por isso de mel do açúcar. O corpo do cozedor, que é um pouco mais baixo que o do evaporador, devido a alta densidade média da massa cozida, é ligado a um condensador barométrico por multijato de alta capacidade que condensa a água evaporada e gera a depressão necessário para a perfeita operação. O resultado desta operação é uma massa açucarada denominada de massa cozida, formada por cristais de açúcar (cristais de sacarose), mel de açúcar (glicose, frutose) e uma pequena parcela de água (HUGOT, 1977).

As perdas decorrentes do setor de cozimento estão também relacionadas com inversão de sacarose e decomposição de açúcares em função da exposição por longos períodos a diferentes pHs e temperaturas elevadas tais como, temperaturas – variando de 65 a 75oC; pH – 5 a 6,5; tempo de residência – 45 min a 4h. O Cristais de açúcar são bastante estáveis a temperaturas abaixo de 70oC, mas acima de 80oC caramelização, inversão e decomposição já são perceptíveis. A Questões como arraste e vazamentos (tubos furados), mesmos cuidados/providências devem ser tomados (PAYNE, 1989).

Devido a complexidade deste setor, devemos ter um cuidado especial com a operação do equipamento durante o cozimento, podemos citar alguns cuidados na condução do cozimento para máxima recuperação cuidados com preparo e conservação da semente, evitar cortes excessivos, evitar formação de falsos cristais: diluição correta dos méis e limpeza dos vácuos e tubulações de corte, Brix da massa – evitar a condução do cozimento com a massa “bamba”; controlar o cozimento através de análises de pureza e porcentagem de cristais (FERNANDES, 2003)

Após o cozimento o açúcar já se encontra, em estado sólido na forma de cristais e presente na massa cozida, precisa ser separado do mel, que se encontra em estado líquido. A centrifugação é um processo de separação sólido/líquido que utiliza a força centrífuga como agente separador. As centrifugas de açúcar,

responsáveis por esta separação, são equipamentos formados por um cesto cilíndrico construído em chapa perfurada, montado com um eixo central em posição vertical e acionado diretamente por um motor elétrico, também em posição vertical, de grande potência e rotação elevada controlada eletronicamente (FERNANDES, 2003)

Nesta parte do processo é possível identificar as perdas como: vazamentos; respingos; transbordamentos de calhas e tanques de mel; vedações de bombas; queda de açúcar nas esteiras transportadoras, para a minimização destas perdas e de grande importância termos os seguintes análises, uniformidade e tamanho dos cristais – cuidados nas etapas do cozimento; regulagem do tempo de lavagem; cuidados com a separação de méis para garantir uma diferença de pureza entre mel rico e mel pobre de pelo menos 5 pontos (PAYNE, 1989).

3.4.5 Fabricação de Álcool

3.4.5.1 Fermentação Alcoólica

A fermentação alcoólica é a operação mais complexa e importante da fabricação do álcool, por tratar com organismos vivos e concentrar mais de 95% da eficiência da produção. É uma reação química exotérmica que transforma as moléculas de açúcar, em moléculas de álcool e gás carbono liberando energia térmica.

O caldo clarificado vindo da preparação de caldo, o mel vindo da produção de açúcar e água tratada, são misturados continuamente em proporções tais que a mistura agora denominada mosto, tenha uma concentração final de sólidos dissolvidos da ordem de 20%.A mistura, ao final do processo, passa se chamar vinho fermentado e é formada por água, álcool, fermento e uma pequena quantidade de outros elementos. Após a fermentação o vinho é enviado a centrifugação é um processo de separação de misturas líquido-líquido heterogêneas, que utiliza a diferença de densidade dos elementos que a compõem para promover a separação.

O fermento, que será reutilizado na produção após tratamento especial, é separado do vinho em equipamentos rotativos denominados de centrífugas de levedo. O vinho é enviado através de sistema de bombeamento e tubulações de aço inox para as colunas de destilação (HUGOT, 1977).

3.4.5.2 Destilação alcoólica

A destilação é um processo de separação de misturas líquido-líquido homogêneas, que utiliza a diferença do ponto de ebulição dos elementos que a compõem para promover a separação.

Assim, a destilação total utiliza uma seqüência de destilações parciais que aumentam a porcentagem de álcool nos vapores, até atingir um ponto técnico econômico viável de concentração definido para o álcool hidratado como sendo 96,4% em volume. Para se conseguir o álcool anidro concentrado a 99,5% em volume, utiliza-se um processo denominado de desidratação, que consiste em colocar o álcool hidratado com uma concentração de 96,4%; em contato com um elemento hidrocópico denominado de monoetilenoglicol ou através da peneira molecular que tem a capacidade de absorver grande parte da água presente na mistura (HUGOT, 1977).

As perdas nesta etapa do processo são normalmente monitoradas e mensuradas através do controle de perdas realizado através do monitoramento dos efluentes das colunas de destilação e retificação – vinhaça e flegmassa - podendo representar perdas maiores que 0,5% do álcool produzido, a degasagens dos condensadores não são quantificadas diretamente, mas merecem cuidados especiais, podendo representar perdas também de até 0,5% do álcool produzido. Podemos citar ainda as variáveis relacionadas às perdas em vinhaça/flegmassa; excesso de alimentação de vinho na coluna destiladora, teor alcoólico do vinho baixo e/ou oscilante, temperatura e pressão das colunas com valores abaixo das recomendações, pressão do vapor de alimentação das colunas muito baixas e/ou oscilantes, internos dos pratos danificados, como calotas soltas, bandejas trincadas

e/ou bloqueando parcialmente os ladrões, vazamento no trocador de vinhaça (PAYNE, 1989).

3.5 Balanço de Massa de Açúcar Redutores Totais

O balanço de açúcar redutor totais é o um dos cálculos mais recomendado nas indústrias que fabricam açúcar e álcool, pois o mesmo tem como objetivo detectar e mensurar todas as perdas de açúcares (glicose, sacarose, frutose) decorrentes do processo industrial diante desta afirmação é de grande importância o estudo deste balanço. Esse balanço foi desenvolvido principalmente por Antônio Carlos Fernandes em seu livro “Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar” e possui o objetivo de detalhar as perdas de açúcares que ocorrem no processo, e o total de Açúcar Redutores correspondentes aos produtos finais (açúcar, álcool).

Algumas usinas produtoras de açúcar possuem o objetivo de retirar o máximo de sacarose no mel final, então é conveniente e possível realizar o “balanço de massa de pol” para detalhar as perdas de açúcar (sacarose) que ocorrem no processo industrial. Quando uma usina tem uma produção de açúcar e mel final sem esgotar a sacarose na seção de cristalização do açúcar ou quando tem-se a fabricação de açúcar e álcool na mesma planta industrial, é conveniente e recomendável realizar o “balanço de massa de Açúcares Redutores Totais” Ao realizar o balanço de pol, é difícil controlar e mensurar as perdas de açúcares que ocorrem no processo industrial, principalmente nas águas condensadas dos multijatos dos evaporadores e dos vácuos, na água de lavagem de cana, nas canaletas. É nestas águas residuais que ocorre a inversão da sacarose e os métodos analíticos medem açúcares redutores totais ou carboidratos totais (FERNANDES, 2003).

Desta mesma forma Fernandes (2003) salienta que com a utilização do balanço de ART é possível detectar diversas perdas de ART no processo, algumas podem ser mensuráveis e outras não. As perdas não detectáveis e as não mensuráveis, juntamente com todos os erros de amostragem, análise e de medição, resultam nas perdas denominadas “perdas indeterminadas”.

Fernandes (2003) demonstra os cálculos relacionados para uma tonelada de cana, de modo a facilitar o entendimento das fórmulas. Após as afirmações acima é naturalmente que nos processo industrial, os cálculos devem ser realizados com o total de massa de ART correspondente a cada produto, sendo assim o presente autor descreve as formulas matemáticas.

3.5.1 ART dos Produtos Fabricados

De acordo com Fernandes (2003) o índice de rendimento de fabricação do açúcar e do álcool (ART_{prod}) é dado por:

$$ART_{prod} = QA_p/0,95 + VE_p/0,6475 \text{ onde:}$$

QA_p = rendimento obtido de açúcar expresso como sacarose (kg/t de cana).

VE_p = rendimento de álcool expresso como etanol (L/t cana).

Obs.: Quando há produção de leveduras secas ou venda de xarope ou mel, estes devem ser convertidos ART e o resultado acrescentado ao rendimento ATR obtido com açúcar e álcool.

Exemplo

$QA_p = 36,28$ kg de sacarose por tonelada de cana

$VE_p = 59,39$ L de etanol por tonelada de cana

$$ART_{prod} = 36,28/0,95 + 59,39/0,6475$$

$$ART_{prod} = 129,90 \text{ kg/t cana}$$

3.5.2 Perdas na Lavagem da matéria-prima

A estocagem ou a espera da matéria prima no pátio é a primeira perda identificada. A lavagem de cana é a segunda etapa onde podemos detectar e mensurar as perdas de açúcares. Com base nos estudos de Fernandes a cana

inteira, geralmente colhida em área onde foi utilizada a queima para auxílio da na retirada das palhas, existem relatos de perdas de até 6,0 kg açúcares/t cana, ou seja, quase 4% do ART da cana entrada. Em situações de alta exsudação de açúcares pelos colmos após a queima, há justificativas técnicas e econômicas para eliminação da lavagem de cana, principalmente em épocas secas (FERNANDES, 2003).

Quando as usinas utilizam o sistema de circuito fechado devem ser medidos os açúcares totais na água de entrada e na água de saída. A diferença deve ser multiplicada pelo volume de água utilizada por tonelada de cana, sendo assim é possível a mensuração das perdas de açúcares na água de lavagem da cana. A medição correta do volume de água por tonelada de cana nem sempre é possível em escala de rotina, sendo comum a aplicação de um valor constante, embora o volume possa ser variável de acordo com as condições de trabalho (PAYNE, 1989).

$$K_l = V_{\text{água}} * (ART_e - ART_s)$$

K_l = perda de ART na água de lavagem de cana (kg/t cana)

$V_{\text{água}}$ = volume de água utilizada em m³/t cana

ART_e = açúcares redutores totais na água de entrada do circuito (kg/m³)

ART_s = açúcares redutores totais na água de saída do circuito (kg/m³)

3.5.3 Perdas no bagaço final

Fernandes (2003) afirma que a quarta perda ocorre no bagaço final e que esta é uma das maiores perdas de açúcares possíveis de determinação direta no processo de industrialização da cana. Sendo assim após conhecer a quantidade de bagaço, pode-se calcular a perda no bagaço final pela multiplicação da quantidade de bagaço pelo teor de ART no bagaço.

Segundo Fernandes (2003) o teor de ART no bagaço pode ser determinado e mensurado através do extrato do bagaço no digestor ou no caldo extraído do bagaço na prensa. Entretanto, esta determinação é trabalhosa e de custo relativo alto. Como alternativa, pode ser obtido assumindo que a relação entre os açúcares

redutores % com a pol da cana é igual entre os açúcares redutores % bagaço com a pol do bagaço e que a soma da pol na forma de açúcares invertidos com os açúcares redutores fornece os açúcares redutores totais. Provavelmente, esta relação no bagaço é maior do que na cana, devido às inversões de sacarose que ocorrem ao longo da moenda, o que resulta em ART no bagaço estimado menor do que o real.

$$ART_{bg} = POL_{bg} * (1/0,95 + ARC/PC)$$

$$ART_{bg} = \text{açúcares redutores totais \% bagaço}$$

$$POL_{bg} = \text{pol no bagaço}$$

$$ARC = \text{açúcares redutores \% cana}$$

$$PC = \text{pol na cana}$$

Conhecendo o teor estimado de ART do bagaço (ART_{bg}) pode ser calculada a perda de açúcares no bagaço final (K_b) em kg/t cana:

$$K_b = Q_{bg} * ART_{bg}/100$$

$$K_b = \text{perda de ART de bagaço (kg/t cana)}$$

$$Q_{bg} = \text{massa de bagaço (kg/ t cana)}$$

3.5.4 Perdas na torna de filtros ou prensas

Torta de filtro são as impureza resultantes da decantação do caldo, Fernandes (2003) afirma que normalmente é realizada a pesagem de toda a torta que sai dos filtros, sendo assim pode-se ter a quantidade de torta por tonelada de cana (kg /t cana), para a obtenção e mensuração da perda de ART contido na torta utiliza o seguinte cálculo;

$$ART_t = POL_t * (1/0,95+ ARC/PC)$$

$$ART_t = \text{açúcar redutores totais \% torta}$$

$$POL_t = \text{pol da torta}$$

$$ARC = \text{açúcares redutores \% cana}$$

PC = pol na cana

A perda de açúcar na torta kg_t em kg / t cana :

$$K_t = Q_{tf} * (ART / 100)$$

K_t = perda de ART na torta (kg / t cana)

Q_t = massa de torta (kg / t cana).

3.5.5 Perdas de ART na Destilaria

Para Fernandes (2003) as perdas decorrentes da fermentação e destilação podem ser calculadas em relação a eficiência obtida. Assim, a diferença entre a quantidade de ART consumido para produzir álcool e aquela necessária com eficiência de 100% representada “perda” de ART no processo da destilaria, sendo assim calculada;

$$K_d = (VE_p / 0,6475) * ((100/ED_o)-1)$$

K_d = ART perdido na destilaria (kg / t cana)

VE_p = rendimento obtido do álcool, expresso como etanol (L / t cana).

ED_o = eficiência obtida na destilaria.

Além das perdas citadas acima na descrição do balanço de ART (água de lavagem de cana, bagaço final da moenda, torta, destilaria, outras perdas também podem se mensuradas e quantificadas no processo industrial como a água de canaletas, multijatos uma das grandes dificuldades encontrada pelo autor é a confiabilidade na medição do volume da águas residuárias, pode se notar que quando temos uma exatidão nas medições das perdas temos uma grade diminuição das perda indeterminadas.

3.5.6 Perdas indeterminadas de ART

Entende-se por perdas indeterminadas de ART todas as perdas que não foi detectadas e mensuradas no decorrer do processo ou até mesmo erros nas amostragens.

Fernandes (2003) calcula as perdas indeterminadas através da diferença entre o ART da cana e a perdas mensuráveis no decorrer do processo e a dos produtos conforme a formula;

$$K_i = 10 \cdot \text{ART} - k_l - k_b - k_t - k_d - \text{ART}_{\text{prod}}$$

K_i = perdas indeterminadas em ART.

ART = teor de açúcar redutores totais contido na cana entrada na industria.

K_l = perda lavagem de cana em ART

K_b = perda de ART no bagaço

K_t = perda de ART na torta de filtro.

K_d = perda de ART na destilaria.

ART_{prod} = rendimento em ART dos produtos finais.

4 METODOLOGIA

Os itens abordados na metodologia esclarecem o tipo de pesquisa, a natureza do estudo, o objeto de estudo, e como foram coletados os dados e a forma de interpretação das informações adquiridas.

4.1. Pesquisa

Segundo Barros e Lehfeld (1999, p.14) a pesquisa *“é a exploração, é a inquisição, é o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade”*.

Já Para Gil (2007), a pesquisa pode ser utilizada quando não se tem respostas e soluções diante de um problema, ou até mesmo quando as respostas (informações) disponíveis estão de um modo que não haja uma adequação ao problema relacionado.

Gil (2007) afirma também que a pesquisa é um procedimento racional e sistemático com a função de proporcionar respostas aos problemas que são indicados e que não se tenha informações suficientes para resolvê-los.

Para o desenvolvimento deste trabalho e a realização da pesquisa foi utilizado como modelo o esquematizado por Gil (2007), lembrando que o exemplo citado não se torna regra no desenvolvimento deste, pois o pesquisador tem a liberdade de manipular seu trabalho de acordo com a situação encontrada ao longo de seus estudos.

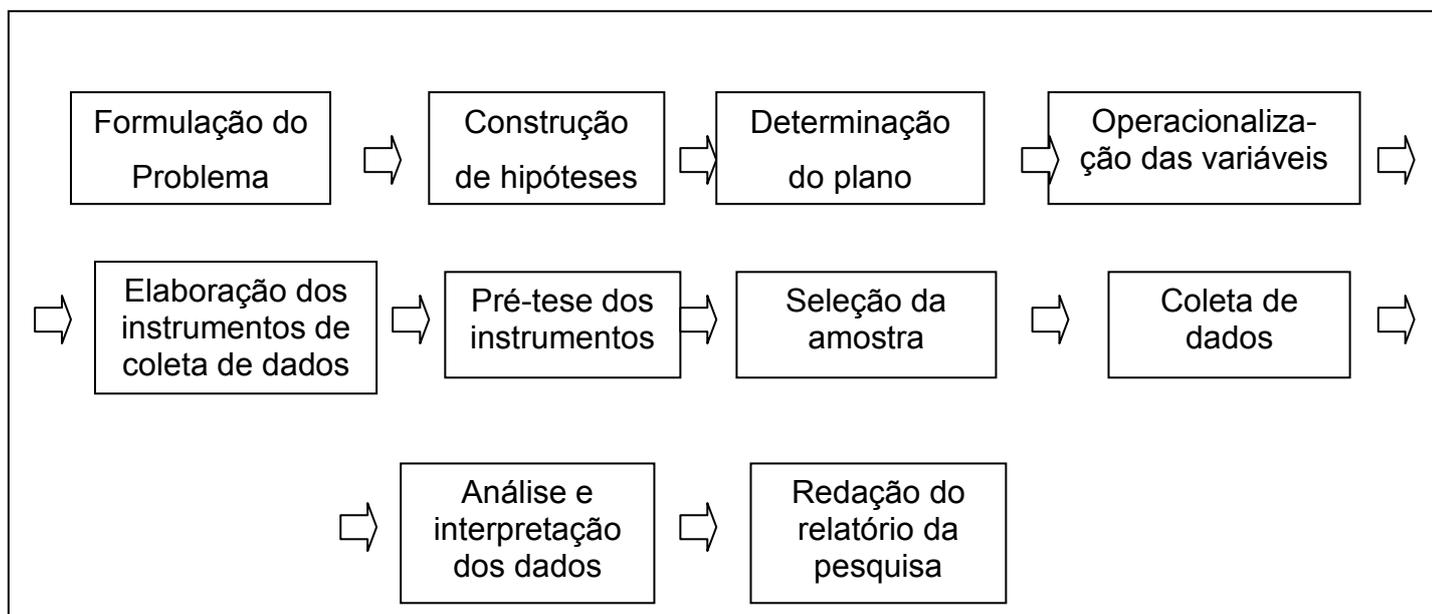


FIGURA 1: Exemplo de Diagrama de Pesquisa

FONTE: Gil (2007, p.21)

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os métodos de estudo de campo, pesquisa quantitativa, descritiva, bibliográfica.

Richardson (1999) afirma que o método quantitativo é caracterizado pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

Amplamente utilizado na condução da pesquisa, o método quantitativo representa, em princípio, a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitar distorções de análises e interpretação, possibilitando, conseqüentemente, uma margem de segurança quanto as inferências. É frequentemente aplicado nos estudos descritivos, naqueles que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, bem como nos que investigam a relação de causalidade entre fenômenos. (RICHARDSON, 1999 p.70)

Gil (2007) Descreve que a pesquisas descritivas tem como objetivo principal descrever a características de determinada população ou fenômeno ou, então, estabelecer relações entre as variáveis. Com isso ele afirma que diversos estudos podem ser classificados sob este título e pode – se considerar uma das suas características mais relevante a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Para Richardson (1999) o estudo de natureza descritiva é “propõe-se investigar ‘o que é’, ou seja, descobrir e conhecer as características de um fenômeno como tal. Com isso pode considerar como objeto de estudo em uma situação específica, de um grupo ou de um indivíduo.”

Na pesquisa bibliográfica Gil (1999), descreve que a pesquisa bibliográfica desenvolve-se a partir de um material já existente, podendo se principalmente de livros e artigos científicos, tendo como principal vantagem, residir no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. É um benefício muito importante quando o problema da pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço. Em várias situações, não existe outra forma de conhecer os fatos passados senão com base em dados secundários.

4.2. Objeto de Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa, do ramo sucroalcooleiro, localizada na cidade de Lagoa da Prata – MG. A empresa pesquisada tem como atividade principal a industrialização de açúcar, álcool e cogeração. De acordo com a experiência do autor que trabalha nesta empresa nota-se a quantidade de perdas que correntes do processo produtivo, sendo perdas determinadas e indeterminadas, nota-se também que as perdas são mostradas em porcentagem de ART (açucares) o que as vezes dificulta a percepção de valores R\$ e quantidade de açúcar e álcool perdido. Com base nestas afirmações, o autor mostrará ao longo deste trabalho o quanto a usina perde em reais (R\$), açúcar e álcool, ou seja, o quanto a mesma deixa de faturar em seu período de safra.

4.3. Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi realizada através das análise dos boletins fechamento diários da empresa em estudo como mostra o ANEXO B, onde tem todas as

informações necessárias (matéria-prima processada, produção de açúcar e álcool, perdas (determinadas) em todos os setores, perdas indeterminadas, análises laboratoriais de todos os pontos do processo) para o desenvolvimento deste, e de observações realizadas no campo industrial da empresa.

Outro ponto importante na coleta dos dados foi a observação não-participante:

Nesse tipo de observação o investigador não toma parte nos conhecimentos objeto de estudo como se fosse membro do grupo observado, mas apenas atua como espectador atento. Baseado nos objetivos da pesquisa, e por meio de seu roteiro de observação, ele procura ver e registrar o máximo de ocorrências que interessa ao seu trabalho. (RICHARDSON, 1999 p. 260)

Como fala Oliveira (1999), a parte de coleta de dados, é um dos períodos da pesquisa onde gasta tempo, exigindo do pesquisador paciência, perseverança e esforço pessoal, além do cuidadoso registro dos dados e de um bom preparo na interpretação dos dados.

4.4. Interpretação dos dados

Para realizar a interpretação dos dados quantitativos, foi utilizados cálculos descritos por Fernandes (2003), o Microsoft Word e o Excel 2007, onde foram elaborado gráficos e tabelas com o intuito de esclarecer os resultados da pesquisa, facilitando a compreensão e interpretação dos dados.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para iniciar as análises das perdas decorrentes do processo de fabricação de açúcar e álcool, foram adotadas algumas ferramentas de grande importância para o desenvolvimento do processo, tais como: boletim gerencial, gráficos, tabelas, fluxogramas. O uso dessas ferramentas auxiliou na identificação das principais perdas do processo produtivo da empresa. Neste tópico é abordado os resultados obtidos pelas pesquisas realizadas na usina sucroalcooleira da cidade de Lagoa da Prata – MG.

5.1 Identificação das Perdas no Processo Industrial

Nesta primeira etapa do estudo foi realizada a identificação das perdas no processo produtivo, as perdas podem ser classificadas em: determinadas, ou seja, são as perdas que podem ser quantificadas, mensuradas e monitoradas para que possam ser reduzidas e indeterminadas, ou seja, sabemos que existe mais não são identificadas rotineiramente.

Para Fernandes (2003) as perdas indeterminadas são todas as perdas que não foram detectadas e mensuradas ao longo do processo produtivo, podendo ser por transbordamento, erro de amostragem, vazamento, etc.

A Figura 2 representa um fluxograma elaborado para facilitar os estudos e a visualização das perdas decorrentes do processo produtivo.

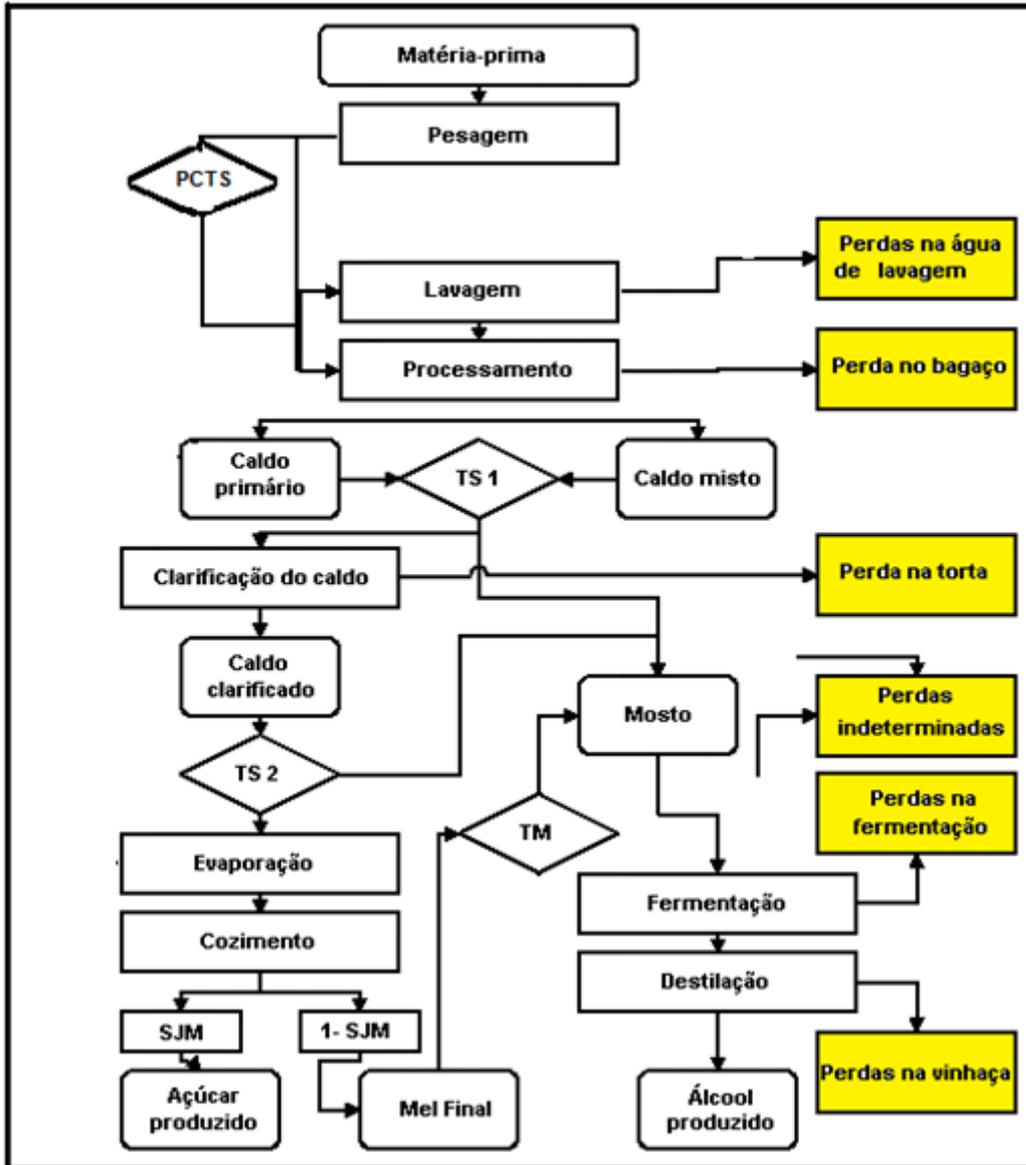


FIGURA 2: Fluxograma de perdas no processo produtivo

FONTE: Dados da pesquisa

Através do fluxograma podemos identificar onde ocorrem as perdas no processo industrial, Hugot (1977) afirma que a etapa industrial se inicia com a pesagem dos caminhões que transporta a matéria-prima, após a pesagem o caminhão segue com a matéria-prima, quando o mesmo é sorteado passa para a coleta de amostra no laboratório PCTS, as análises realizadas neste laboratório serve como parâmetro para o pagamento de cana dos fornecedores e também tem a finalidade de identificar a quantidade de ART que está dando entrada na indústria.

Após a pesagem e possível coleta de amostras no laboratório, o caminhão segue para descarga na mesa alimentadora através dos hillo, em seguida começa a

lavagem da cana para dar início no processamento, neste período ocorre a primeira perda determinada do processo, que é a perda na lavagem da cana. Os fatores que têm influência direta nesta perda são: a quantidade de impurezas vegetais (palhas) e impurezas minerais (terra, areia), a cana “machucada” (amassada), a quantidade de água utilizada, o tempo em que a cana fica em contato com a água e a vedação na mesa alimentadora para que a cana caia fora da máquina, etc.

Como cita Hugot (1977) o próximo passo é o processamento, ou seja, a extração do caldo (açúcar líquido) contido na cana, através do esmagamento ou prensagem, este processo deve ocorrer de forma mais eficiente possível, para a minimização das perdas no bagaço, que é resultante do processo de extração.

Segundo Payne (1989) é no bagaço onde se concentra cerca de 3 a 4% de perda de açúcares (ART). Através da análise de ART do bagaço mede-se a eficiência do processamento da moenda. É possível citar alguns fatores que interferem diretamente na eficiência do processamento e conseqüentemente na perda no bagaço, tais como: regulagem da moenda, quantidade elevada de impurezas minerais e vegetais, limpeza para evitar a perda microbiológica, volume e temperatura da água de embebição.

Depois de todo processo de extração da matéria-prima o caldo é enviado para tratamento, apesar da lavagem da matéria-prima no início do processo o caldo resultante da extração contém grande quantidade de impurezas orgânicas, minerais, vegetais e microbiológicas. Mediante este fato julga-se necessário o tratamento do caldo que tem por finalidade a obtenção de um caldo claro, límpido e isento de impurezas e conseqüentemente um produto final de qualidade. Esta etapa inicia com o tratamento químico com a dosagem de dióxido enxofre (SO_2), que tem por finalidade a obtenção de um caldo límpido e menos viscoso. Após este tratamento e adicionado ao caldo o leite de cal para neutralizar o pH e ajudar na decantação das impurezas.

Depois do tratamento químico o caldo é direcionado a decantação que é realizada por meio de clarificação e tem a finalidade de retirar todas as impurezas contidas no caldo. As impurezas (lodo) resultantes deste processo é enviado para o filtro onde são recuperados os açúcares que estão junto com as impurezas. Nesse processo ocorre a segunda perda determinada, a perda na torta. É possível citar que um alto número de impurezas pode contribuir para o aumento desta perda,

juntamente com a ineficiência da operação do filtro. Nesta etapa observa-se também a existência de perdas por vazamento, respingo, transbordamento, inversão de sacarose (que é caracterizado como perda indeterminada).

A próxima etapa do processo é a evaporação. Nesta o caldo clarificado passa por equipamentos contínuos onde é eliminada aproximadamente 90% da água que esta contida no caldo. As perdas nesta etapa estão relacionadas à inversão de sacarose ocorrendo devido ao longo prazo de exposição a diferentes pH e altas temperaturas. E também as perdas nas águas residuárias que ocorrem devido aos arrastes das caixas de evaporação.

Após a evaporação do caldo, ou seja, a retirada da água, inicia-se o processo de cozimento e cristalização do açúcar. Neste processo observa-se a existência de perdas na água do multijato, chamadas de águas residuárias. É possível citar ainda as perdas por inversão e decomposição da sacarose, arraste e vazamento devido aos tubos furados dos equipamentos (cozedores).

O mel final enviado pela fábrica de açúcar e o caldo clarificado, são misturados dando origem ao mosto. A partir da alimentação das leveduras com o mosto inicia-se a fermentação, esta etapa é uma das mais complexas por tratar-se de organismo vivos. Após a fermentação, que ocorre por meio de uma reação química exotérmica que transforma a molécula de açúcar e a molécula de álcool, o composto fermentado recebe o nome de vinho fermentado que é composto por água, álcool e fermento (levedura).

Em seguida o vinho é enviado para a centrífuga onde ocorre a separação, o fermento retorna novamente ao processo e o vinho é enviado aos aparelhos de destilação. As perdas de ART deste setor estão ligadas diretamente com a qualidade da matéria-prima, e também com a eficiência do tratamento do caldo. Quando é enviado um caldo ou mel com pouca qualidade o fermento não desenvolverá o seu papel, diminuindo o rendimento fermentativo, ou seja, as moléculas de açúcares não são convertidas em álcool. No processo ocorrem também perdas por vazamento em bombas, tubos e trocadores de calor.

O vinho resultante da fermentação é direcionado aos aparelhos de destilação, onde através de diferentes pontos de ebulição ocorre a separação de água e álcool. Nesta etapa as perdas são monitoradas e mensuradas, ou seja,

perdas determinadas, o monitoramento dos efluentes das colunas de destilação e retificação vinhaça e flegmassa. As variáveis que contribuem para o aumento das perdas são: o excesso de alimentação de vinho na coluna, teor alcoólico do vinho baixo, a instabilidade da pressão de vapor na coluna e vazamento no trocador de calor vinhaça.

5.2 Análise e Quantificação das Perdas no Processo Industrial

A quantificação e mensuração das perdas no processo produtivo é sem dúvida uma ferramenta de grande valia para a gerência industrial, pois a mesma serve como apoio, podendo auxiliar o processo de análise e melhorias da eficiência do processo industrial, sendo assim a redução das perdas esta diretamente ligada ao faturamento da empresa. Com base nos boletins de informações industrial da safra de 2008, e com base nos estudos realizados por Fernandes (2003), podemos identificar onde ocorre as perdas no decorrer do processo industrial, mediante a esta quantificação poderemos mostrar onde a empresa deverá iniciar a redução e correção do processo.

TABELA 1- base para a conversão em reais (R\$) das perdas de açúcar e álcool

Dados	Quantidade
Pol % Cana (%)	14,85
Moagem Ton.	1.524.892,81
ART Entrado ton	245.989,29
Preço Açúcar sacas 50 kg (R\$)	45,19
Preço Álcool hidratado comb. Litro (R\$)	0,5785

FONTE: Dados da pesquisa 2009

A Tabela 1 mostra todos os dados necessários para o desenvolvimento matemático e a quantificação e mensuração em reais (R\$) do açúcar e álcool perdidos. Os dados foram retirados dos boletins de informações da empresa em estudo conforme o modelo em anexo, o preço da saca de açúcar e litro de álcool foi estabelecido conforme os dados disponíveis em no site www.udop.com.br (dia 11-05-09) as 19:30 hs.

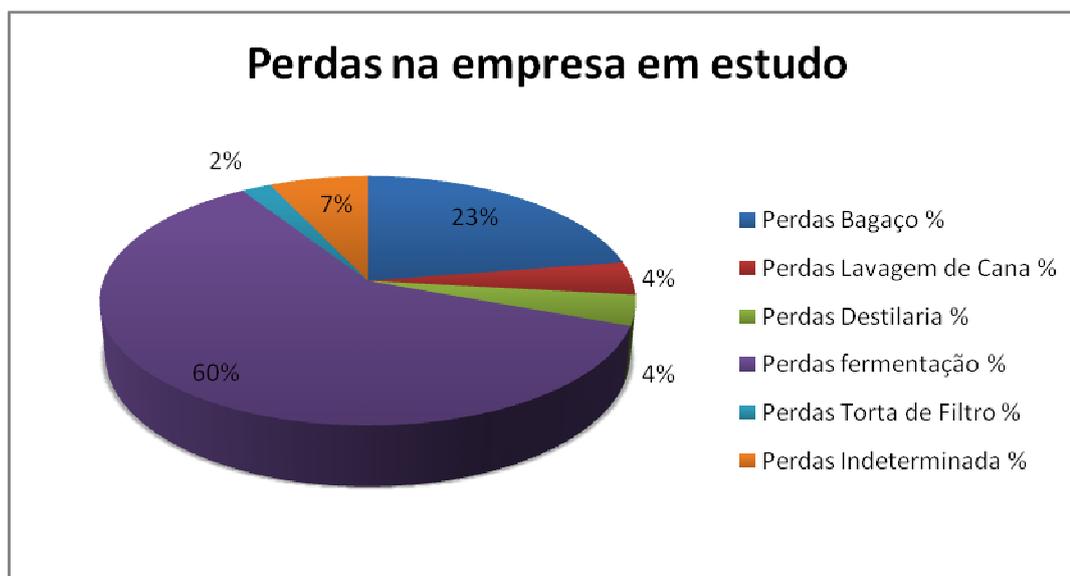
TABELA 2 – Quantificação de Perdas no processo

% de perda na empresa em estudo, no ano de 2008.	
Perdas	Perdas %
Perdas Bagaço %	3,95
Perdas Lavagem de Cana %	0,75
Perdas Destilaria %	0,69
Perdas fermentação %	10,57
Perdas Torta de Filtro %	0,37
Perdas Indeterminada %	1,22
Perdas Total %	17,55

FONTE: Dados da pesquisa 2009

Através da Tabela 2 é possível construir o Gráfico 1

GRÁFICO 1 - Porcentagem de perdas no processo



FONTE: Dados da pesquisa, 2009.

O Gráfico 1 deixa evidente que 60% das perdas, estão na fermentação, sendo assim é indicado e viável que este ponto seja o primeiro a efetuar as correções para minimização das perdas. Como foi descrito nos estudos acima, a perda na fermentação esta diretamente ligada à qualidade da matéria-prima, ficando evidente que o tratamento de caldo não efetuou o seu papel, que é eliminar as impurezas tanto minerais, vegetais e microbiológicas, outro ponto que tem grande influência é a limpeza (assepsia) da moenda.

O segundo ponto a ser atacado é o bagaço onde se concentra 23% das perdas decorrentes do processo. Como foi citado acima os pontos que interferem

diretamente na perda do bagaço são: regulagem da moenda, a quantidade elevada de impurezas minerais e vegetais, a qualidade da limpeza da moenda (para evitar a perda microbiológica) e o volume e temperatura da água de embebição.

O terceiro ponto a ser analisado e monitorado são as perdas indeterminadas que corresponde cerca de 7% das perdas, de acordo com os estudos realizados os fatores que aumenta as perdas indeterminadas são transbordamento, vazamento (bombas, tubos, caixa), destruição de sacarose nos evaporadores e cozedores.

O quarto e quinto ponto de correção devem ser realizados, respectivamente, nos procedimentos de lavagens de cana e destilação onde ambos correspondem a 4 % das perdas. O último ponto onde deve ser efetuado as correções é na torta de filtro, esta corresponde a 2% das perdas decorrentes do processo.

5.3 Mensuração das Perdas no Processo Industrial

O processo de reestruturação da economia mundial, devido à crise econômica financeira, ao aumento dos níveis de concorrência e as exigências que o mercado impõe, leva as empresas do seguimento a se empenhar em diminuir as perdas (determinadas e indeterminadas) decorrentes do processo industrial e conseqüentemente aumentar o seu rendimento industrial bem como o seu faturamento. Diante da instabilidade financeira mundial, fica evidente a preocupação das empresas em conter gastos, evitar desperdícios e perdas.

Mediante a esta preocupação de conter e controlar os gastos é necessário a mensuração das perdas já quantificadas, em quantidade de açúcar perdido, quantidade de álcool perdido e mostra em reais (R\$) o quanto a empresa deixou de faturar.

Na tabela abaixo será realizado o estudo das perdas caso elas estivesse voltada para a fabricação de álcool, ou seja, se fosse convertida na fabricação do álcool.

TABELA 3 - Mensuração em reais (R\$) e quantidade de álcool perdido

Mensuração das perdas em quantidade de álcool e R\$ perdido na empresa em estudo				
Perdas	Perdas			
	%	ART Perdido ton.	Álcool perdido m ³	Álcool pedido R\$
Perdas Bagaço %	3,95	9.714,31	6.290,02	3.638.774,56
Perdas Lavagem de Cana %	0,75	1.857,09	1.202,46	695.625,85
Perdas Destilaria %	0,69	1.695,99	1.098,15	635.280,69
Perdas fermentação %	10,57	25.999,68	16.834,79	9.738.928,28
Perdas Torta de Filtro %	0,37	907,04	587,31	339.756,18
Perdas Indeterminada %	1,22	3.004,61	1.945,48	1.125.461,86
Perdas Total %	17,55	43.178,71	27.958,22	16.173.827,41

FONTE: Dados da pesquisa 2009

Para a realização dos cálculos matemáticos foi utilizado a forma matemática de Fernandes (2003) onde ele descreve que para cada Kg de ART se tem 0,6475 litros de álcool, o preço base do litro de álcool foi retirado do site www.udop.com.br dia 11-05-09 às 19:30 h, onde o litro de álcool hidratado está sendo comercializado a R\$ 0,5785.

Ainda com base nos estudos matemáticos de Fernandes (2003) podemos concluir que a empresa em estudo deixou de produzir 27.958,22 m³ de álcool e deixou de faturar R\$ 16.173.827,41, devido as perdas.

Com estudo realizado nos permite afirmar que, as perdas (determinada) nos setor sucroalcooleiro sempre vão existir devido à particularidade do ramo, mais é válido ressaltar que as perdas devem ser monitoradas para que as mesmas sejam o mínimo possível.

Vale ressaltar que se a empresa diminuir 1 % das suas perdas caso ela esteja fabricando álcool ela estaria produzindo a mais 279.580 (duzentos e setenta e nove mil e quinhentos oitenta) litros de álcool, e aumentando o seu faturamento em R\$ 161.738,27, faturamento que poderia ser voltado para a otimização do processo.

Na tabela abaixo será realizado o estudo das perdas caso elas estivesse voltada para a fabricação de açúcar, ou seja, se fosse convertida na fabricação de açúcar.

TABELA 4 - mensuração de reais (R\$) e açúcar perdido.

Mensuração das perdas em quantidade de açúcar e R\$ perdido na empresa em estudo.				
Perdas	Perdas			
	%	ART Perdido ton.	Açúcar perdido sacas	Açúcar perdido R\$.
Perdas Bagaço %	3,95	9.714,31	204.505,68	9.241.611,68
Perdas Lavagem de Cana %	0,75	1.857,09	39.095,42	1.766.722,25
Perdas Destilaria %	0,69	1.695,99	35.703,92	1.613.460,06
Perdas fermentação %	10,57	25.999,68	547.345,30	24.734.534,08
Perdas Torta de Filtro %	0,37	907,04	19.094,91	862.898,93
Perdas Indeterminada %	1,22	3.004,61	63.252,98	2.858.402,27
Perdas Total %	17,55	43.178,71	908.998,21	41.077.629,27

FONTE: Dados da pesquisa 2009

Para a realização dos cálculos matemáticos foi utilizado a fórmula matemática de Fernandes (2003) onde ele descreve que a para cada Kg de ART se tem 1,0526 kg de açúcar, o preço base da saca de açúcar foi retirado do site www.udop.com.br acessado no dia 11-05-09 às 19:30 h, onde a saca de 50 Kg de açúcar estava sendo comercializada a R\$ 45,19

Com base nos estudos matemáticos de Fernandes (2003) foi possível concluir que a empresa em estudo deixou de produzir 908.998,21 sacas de açúcar, deixando de faturar R\$ 41.077.629,27, caso as perdas fossem convertidas apenas na fabricação de açúcar.

Através do estudo realizado é possível afirmar que as perdas (determinadas) nos setor sucroalcooleiro sempre vão existir devido à particularidade do ramo, mas é valido ressaltar que as perdas devem ser monitoradas para que atinjam os menores números possíveis.

Vale ressaltar que se a empresa diminuir 1 % de suas perdas caso a produção esteja voltado para a fabricação de açúcar, ela estaria produzindo a mais 9.089,98 sacas de açúcar, e aumentaria o seu faturamento em R\$ 410.776, 29, faturamento que poderia ser investido na otimização do processo industrial.

6 SUGESTÕES PARA MINIMIZAR AS PERDAS NO PROCESSO PRODUTIVO

Neste tópico é apresentada algumas possíveis soluções para a minimização das perdas no processo produtivo. Uma vez que o mesmo atua diretamente no planejamento que aumente o faturamento da Usina em estudo, embasado nos autores já citados acima.

Para minimizar as perdas no processo produtivo torna-se necessário a implantação de um programa de monitoramento de perdas. Para a implantação e êxito do programa é necessário ter um cronograma de atividades que tem por base 3 pontos essenciais (definir o objetivo, definir a missão e, por fim, plano de ação eficiente e eficaz) é de suma importância se ter um comprometimento e pró-atividade nos pontos de correção.

O objetivo deste é definir um programa para reduzir perdas no processo produtivo de açúcar e álcool desde a recepção da matéria-prima até os produtos finais. Conseqüentemente, maximizando a eficiência industrial da Usina.

A grande missão é monitorar as operações envolvidas no processo de fabricação de açúcar, álcool, tendo em foco principal os pontos de vulnerabilidade de perdas de açúcar, agindo com pro-atividade e comprometimento. Garantindo o desempenho de suas funções de forma eficiente e eficaz, visando sempre as metas estabelecidas ou até sua superação.

Para que se tenha uma o comprimento e ação eficaz nos pontos de melhoria é necessário se ter um plano de ação que contenha: Setorização do processo; identificação dos responsáveis para cada setor; Ter definido os principais indicadores para cada setor – variáveis a serem monitoradas; Estabelecer metas (padrão ideal) e objetivos da perda; Definir as variáveis que interferem em cada indicador selecionado; Definir metodologia para monitorar as variáveis; Disponibilização das variáveis e indicadores no campo; Definir as ações corretivas para cada não-conformidade identificada; Preparar os planejamentos de safra: estratégico, tático e operacional; Preparar e aplicar treinamento em toda equipe envolvida;

Para obter êxito no programa de monitoramento, se faz necessário uma reunião semanal com a apresentação dos dados como análise de metas atingidas e planos de ações para os futuros objetivos. Além disso, outro fator de suma importância é uma reunião mensal, com a gerência, que mostre o levantamento das ações realizadas e o possível aumento do faturamento conseqüente da concretização do plano.

As não-conformidades verificadas e não previstas nas ações corretivas propostas, elaborar ações (Documentar novo procedimento), definir um responsável e o prazo para execução.

Para a implantação do programa de monitoramento de perdas não precisamos de investimentos pode usar alguma ferramentas que podem nos auxiliar na elaboração de ações e melhorias em todo o processo: 5W2H, 5 porquês, Ciclo PDCA e Lição Ponto a ponto

7 CONCLUSÃO

Após os estudos realizados na empresa do ramo sucroalcooleiro localizada na cidade de Lagoa – MG, onde os principais objetivos foram identificar, quantificar e mensurar as perdas decorrentes do processo produtivo de açúcar e álcool. Após a identificação e quantificação das perdas o autor deste trabalho mostrou o quanto à empresa deixou de produzir (açúcar e álcool) e ainda mostrou o quanto à empresa deixou de faturar R\$ (moeda corrente), sendo assim é valido ressaltar que diante da instabilidade financeira em que o mundo se encontra, fica evidente a necessidade de conter gastos, evitar desperdícios, bem como as perdas decorrentes do processo produtivo.

Diante dos estudos realizados fica evidente que a empresa em estudo pode minimizar as perdas como já citado no decorrer do trabalho as empresas do ramo sucroalcooleiro tem as perdas definidas (determinadas). O estudo ainda nos permite concluir que não precisa de grande investimento para diminuir as perdas, precisa apenas de um monitoramento e acompanhamento e atitudes, ou seja, ter um plano de ação eficiente e eficaz, como sugerido pelo autor a implantação de um programa de monitoramento das perdas, que através da eficiência do plano de ação a empresa poderá diminuir as perdas.

Fica claro nos estudos que as perdas têm influencia direta no faturamento e rendimento da empresa, através das análises de dados permite concluir que após a diminuição das perdas a empresa poderá esta revertendo o seu faturamento em possíveis investindo para otimização do processo, que proporcionar mais lucro.

REFERÊNCIAS

AVELLAR, Hélio de Alcântara. História administrativa e econômica do Brasil 2. ed. Rio de Janeiro: FENAME, 1976.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Projeto de Pesquisa: Propostas Metodológicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1999.

BURNQUINST, H.L. **Panorama da Safra Sucrieira na Região Centro-Sul**. Revista Preços Agrícolas, dezembro, 1999, p. 7-10.

CORRÊA, Henrique Luiz; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e Operações**. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II /ERP**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Entrevista: A medida das perdas industriais. **Revista eletrônica manutenção y Qualidade**, 1 julho 2008. Disponível em: <http://www.myq.com.br/html/informativo/noticias_27/info27_02.htm>. Acesso em: 5 maio 2009.

FERNANDES, Antonio Carlos. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. Ed. Piracicaba: Stab, 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HARDING, H.A. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1981.

HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira**. Volume I e II. São Paulo: Mestre Jou, 1977.

MACHLINE, Claude et al. **Manual de administração da produção**. V.1. 7. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1984.

MANOEL, Álvaro. **Política Agrícola, Eficiência e Concentração na Agricultura Brasileira: um estudo do setor canavieiro paulista**. São Paulo, 1986, 180p. Tese de Doutorado (Depto. De Economia) – Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, F. **Processo de fabricação de açúcar**. Apostila de treinamento e consultoria. Disponível na Usina Luciania, 2005

MUTTON, Márcia Justino Rossini. **Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica**. Jaboticabal, 2008. Disponível em: <[HTTP://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position_paper_painel2_marcia.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position_paper_painel2_marcia.pdf)> Acesso em: 28 maio 2009.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de Oliveira. **Tratado de Metodologia Científica: Projetos de Pesquisas, TGI, TCC, Monografias, Dissertações e Teses**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo: Nobel/Stab, 1989.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

STUPIELLO, J. P. **Curso de Qualidade da matéria-prima**. 2006 CD-Room.

ZACCARELLI, Sérgio B. **Programação e Controle da Produção**. 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1986.

ANEXO A – ENTREVISTA

Entrevista retirada da Revista Eletrônica Manutenção y Qualidade, para exemplificar uma empresa que já adotou o método de quantificação das perdas em kilos de açúcar, litros de álcool e em reais (R\$).

EMPRESA QUE ADOTA PROGRAMA DE QUANTIFICAÇÃO E REDUÇÃO DAS PERDAS NO PROCESSO PRODUTIVO

Diante da necessidade de se manter no mercado algumas empresas já adotarão o monitoramento quantificação e mensuração das perdas do processo produtivo em kg de açúcar, litro de álcool. Como podemos citar como exemplo a empresa a Equipav S/A Açúcar e Álcool, com localização no estado de São Paulo, com isso, vem obtendo maior sensibilização junto aos profissionais que atuam em suas unidades com reflexos em maior eficiência e produtividade operacional sem abrir mão da Qualidade. Segue em seguida a entrevista realizada pela **Revista eletrônica manutenção y Qualidade Ano II • nº 027 • 01 de julho de 2008, consultada em 05-05-2009 as 20:10 h, disponível no site: <http://www.myq.com.br/html/informativo/noticias_27/info27_02.htm>**, com o químico industrial Luiz Fabiano de Azevedo, gerente de Garantia da Qualidade da Equipav Açúcar e Álcool.

MyQ - Quais as principais razões das perdas industriais registradas na Equipav e as metas a serem alcançadas com o programa ora implantado para reverter o quadro?

Luiz Azevedo - O principal objetivo é reduzir as perdas, aumentar a produtividade, qualidade e eficiência e, conseqüentemente, maximizar a rentabilidade. Este ano queremos manter a nossa eficiência relativa acima de 97,5%.

MyQ - Quando uma equipe de profissionais da Equipav passou a atuar no monitoramento de perdas e quais os resultados obtidos até o momento?

Luiz Azevedo - Sempre tivemos pessoas monitorando perdas, porém este ano incluímos mais profissionais de outras áreas e formações para atuarmos mais

efetivamente nas causas fundamentais e soluções definitivas das perdas. A equipe é formada pelos diretores, gerentes, supervisores e engenheiros de todas as áreas da indústria. Cada um contribui com a sua especialidade, o que soma em torno de 15 pessoas. Atualmente nossa eficiência relativa está acima de 98%.

MyQ - Quais controles foram adotados para se evitar perdas e manter e/ou aumentar os parâmetros de processo com mais rendimento e eficiência?

Luiz Azevedo - Ações preventivas através de rotas de Manutenção com foco maior em disponibilidade de equipamentos e em eliminação/redução de perdas, monitoramento com análises das causas e ações corretivas dos parâmetros de processo, análises das causas das perdas industriais, rastreabilidade microbiológica, amostragens ponderais, treinamento dos profissionais e melhor comunicação/divulgação dos resultados obtidos, bem como das ações tomadas para solução dos problemas, quantificação das perdas em sacos de açúcar, litros de álcool e R\$ (valores em moeda corrente).

MyQ - Eficiência operacional na indústria em geral também é reflexo de uma Manutenção eficiente que busca resultados. De que modo se dá essa relação na Equipav? O mesmo ocorre em relação à Biopav?

Luiz Azevedo - A Manutenção tem um aliado muito forte que é o MPT, na Equipav chamado de AME - Ações Mantenedoras Equipav que visam ações preventivas, melhor qualificação dos envolvidos com a Produção e Manutenção. Realização de rotas de Manutenção com foco maior em disponibilidade de equipamentos e em eliminação/redução de perdas. Análises profundas das causas fundamentais e soluções com base em 5W2H, também quantificando as paradas da indústria em R\$. O mesmo conceito também ocorrerá na Biopav, pois a filosofia de trabalho é do Grupo Equipav.

MyQ - Alta produtividade com qualidade, com baixo custo operacional, é meta que rege qualquer negócio em mercado altamente competitivo. Quais os índices obtidos na usina e metodologias aplicadas para se elevar cada vez mais o padrão no Grupo Equipav?

Luiz Azevedo - Nossa eficiência relativa está acima de 98% e nossa eficiência operacional de tempo está acima de 96%. Com esses números nos tornamos competitivos no mercado sucroalcooleiro. Adotamos várias metodologias e

ferramentas de gestão, entre elas ISO 9001, 5S, MPT (AME), HACCP, PDCA, 5W2H, Kaizen e outras. Atuamos fortemente em treinamentos para melhor qualificação dos nossos colaboradores.

MyQ – Pode detalhar melhor o conceito de conversão de perdas adotado na Equipav e que também será implantado na Biopav?

Luiz Azevedo - O conceito é simples. Para quantificar as perdas em sacos de açúcar ou litro de álcool, temos que saber o volume/quantidade do produto/material em processo e o resultado da análise de ART (Açúcar Redutor Total) do mesmo, o que normalmente ocorre em ppm (mg/L ou mg/kg) ou %. Com a amostragem ponderal ou contínua, melhoramos a representatividade dos resultados. De posse desses dados podemos calcular e converter em kilos, litros, sacos de açúcar ou qualquer outra medida. Adotamos sacos de açúcar, litros de álcool e valores em Reais porque todos que trabalham na usina conhecem e essas medidas fazem parte do dia-a-dia de cada colaborador, facilitando a sensibilização para ações positivas.

Brasil entende muito de álcool. Tem fama e desempenho de campeão. Mas, como qualquer "time" que entra em campo, achando que já ganhou, pode correr o risco de sofrer inesperadas derrotas. O "salto alto" equivale a redução de lucros ou até a ocorrência de prejuízos. A fermentação com baixa eficiência, por exemplo, pode interferir no rendimento.

O controle de perdas é peça chave em todo o processo. É preciso estar sempre atento a todos os detalhes. A utilização de leveduras selecionadas é determinante para não comprometer a produção. Mas, só isto não é suficiente. Afinal, qual está prevalecendo: a que foi introduzida no processo ou a contaminante? Se for a "invasora", o prejuízo será certo, porque elas floculam, produzem espuma e não aproveitam todo o açúcar.

Diante deste trabalho já realizado na empresa Equipav S/A Açúcar e Álcool, fica claro e comprovado a importância de se monitor e mensurar as perdas decorrentes do processo industrial de açúcar e álcool, em R\$, quantidade de açúcar e álcool perdido, como afirma Luiz Azevedo na entrevista o comprometimento de todos os colaboradores de diversas as áreas se torna uma ferramenta fundamental.

ANEXO B - MODELO DO BOLETIM GERENCIAL DA USINA SUCROALCOOLEIRA EM ESTUDO

Boletim Diário

DESCRIÇÃO	UN.	DIÁRIO	SEMANAL	MENSAL	SAFRA
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS					
Indice Pluviométrico	mm			0,00	0,00
QUALIDADE DA CANA					
Pol Cana (PCTS)	%	11,48	11,22	11,17	11,17
Pol Cana (Digestor)	%	11,74	11,71	11,15	11,15
Brix Cana (PCTS)	%	16,43	16,22	16,37	16,37
Fibra Cana (PCTS)	%	11,95	12,16	13,61	13,61
Fibra Cana (Digestor)	%	14,6	13,9	14,3	14,3
Umidade da Cana	%	71,52	72,20	72,25	72,25
Pureza da Cana (PCTS)	%	82,47	81,90	82,89	82,89
AR Cana (PCTS)	%	0,69	0,70	0,66	0,66
AR Cana (Digestor)	%	0,78	0,78	0,78	0,78
ART Cana (PCTS)	%	12,91	12,65	12,55	12,55
ART Cana (Digestor)	%	12,9263	13,0084	12,5032	12,5032
ATR Cana	kg/tc	115,61	113,23	112,35	112,35
Impureza Mineral Corte Manual	kg/tc	8,68	8,62	14,76	14,76
Imp Mineral Corte Mecanizado	kg/tc	12,03	12,15	16,03	16,03
Impureza Mineral	kg/tc	10,57	10,66	15,50	15,50
Impureza Vegetal	%	9,52	12,15	10,10	10,10
Horas de Queima	h	40,53	37,69	66,54	66,54
Tempo de Permanência	h	18,83	16,56	21,91	21,91
DADOS DE MOAGEM					
Entrada de Cana Crua	t	7.067,81	13.085,01	75.509,72	75.509,72
Entrada de Cana Queimada	t	5.479,24	8.888,45	36.204,31	36.204,31
Cana Moída Moenda A	t	12.547,05	21.973,46	111.714,03	111.714,03
Cana Moída Moenda B	t				
Cana Moída para Açúcar	t	5.091,59	8.248,84	30.118,10	30.118,10
Cana Moída para Álcool	t	7.455,46	13.724,62	81.595,93	81.595,93
Cana Moída Total	t	12.547,05	21.973,46	111.714,03	111.714,03
Moagem Horária Efetiva Moenda A	t/h	615,05	594,95	529,58	529,58
Moagem Horária Efetiva Moenda B	t/h				
Moagem Horária Efetiva Global	t/h	615,05	594,95	529,58	529,58
Moagem Diária Efetiva Moenda A	t	14.761,20	14.278,80	12.709,92	12.709,92
Moagem Diária Efetiva Moenda B	t				
Moagem Diária Efetiva Global	t	14.761,20	14.278,80	12.709,92	12.709,92
Estoque de Cana	t	0,00	0,00	0,00	0,00
Horas Paradas Moenda A	h	3:36	11:04	116:23	116:23
Horas Paradas Moenda B	h				
Horas Perdidas	h	3:36	11:04	116:23	116:23
Horas Efetivas de Moagem Moenda A	h	20:24	36:56	210:57	210:57
Horas Efetivas de Moagem Moenda B	h				
Horas Efetivas de Moagem	h	20:24	36:56	210:57	210:57
Dias Efetivos		0,85	1,54	8,79	8,79
ART Água de Lavagem de Cana	%	0,5678	0,5289	0,0979	0,0979
ART Águas Residuais Moenda	%				
Embebição Cana Moenda A	%	8,01	9,88	15,04	15,04
Embebição Cana Moenda B	%				
Embebição Cana Moenda Média	%	8,01	9,88	15,04	15,04
Embebição Fibra Moenda A	%	54,86	71,08	105,17	105,17
Embebição Fibra Moenda B	%				
Embebição Fibra Moenda Média	%	54,86	71,08	105,17	105,17
Extr Abs ART-Digestor Moenda A	%	90,7779	90,9344	91,7010	91,7010
Extr Abs ART-Digestor Moenda B	%				
Extr Abs ART-Digestor	%	90,7778	90,9344	91,7008	91,7008
Extr Reduzida 12.5 Moenda A	%	92,1044	91,8475	92,7456	92,7456
Extr Reduzida 12.5 Moenda B	%				
Extr Reduzida 12.5 Global	%	92,1043	91,8475	92,7455	92,7455
Fibra Bagaço	%	44,80	44,43	44,39	44,39
Umidade Bagaço	%	50,60	50,57	50,94	50,94
Bagaço Cana	%	32,59	31,29	32,21	32,21
Pol Bagaço	%	2,81	2,84	2,68	2,68
ART Bagaço	%	3,6579	3,7695	3,2211	3,2211

CAUSAS DE PARADAS					
Operação	h	1:53	3:57	27:31	27:31
Elétrica	h	0:03	2:55	49:17	49:17
Instrumentação	h		0:17	5:59	5:59
Mecânica	h		1:20	12:36	12:36
Logística	h	1:40	2:35	8:51	8:51
Mão de Obra Rural	h				
Greve	h				
PEQ	h				
Programada	h				
Intempéries	h			12:09	12:09
Total	h	3:36	11:04	116:23	116:23
TRAT DE CALDO E FABRICAÇÃO					
Pol da Torta dos Filtros	%	1,40	2,17	2,23	2,23
ART da Torta dos Filtros	%	1,65	2,44	2,49	2,49
Umidade Torta	%	70,20	70,12	66,94	66,94
Torta Produzida	kg	361.980	582.040	3.366.320	3.366.320
Kg de torta por Toneladas de Cana	kg/tc	28,85	26,49	30,13	30,13
ART Águas Multi Jatos Filtros	%				
Brix Xarope	%	58,32	56,76	55,53	55,53
Pureza do Xarope	%	78,45	76,83	78,92	78,92
ART Águas Multi Jatos Evaporação	%	0,2931	0,3126	0,1059	0,1059
Pureza da Massa A	%	83,78	83,20	81,27	81,27
Pureza da Massa B	%	75,45	77,26	76,28	76,28
Pureza da Massa C	%				
Horas de Turbinação Cristal	h	24:00	48:00	336:00	336:00
Pureza do Magma B	%	91,12	88,88	90,58	90,58
Pureza do Magma C	%				
Pureza do Mel B	%	61,67	57,87	59,58	59,58
Pureza do Mel Final	%				
ART Mel Final	%				
ART Águas Residuais Fábrica	%	1,6226	1,6880	0,5435	0,5435
ART Águas Multi Jatos Vácuos	%				
Mel Final Produzido	kg				
Mel Final por tonelada de cana	kg/tc				
Mel em Estoque	kg				
Açúcar em Processo	sc	25.574	25.574	25.574	25.574
FERMENTAÇÃO E DESTILAÇÃO					
ART Mel Fermentação	%	38,12	38,92	45,64	45,64
ART no Mosto	%	17,28	13,63	13,22	13,22
ART nas Águas Residuais Destilaria	%				
Horas Perdidas de Destilação	h				
Horas Efetivas de Destilação	h	24:00	48:00	336:00	336:00
°GL Vinhaça Geral	°GL	0,057	0,041	0,029	0,029
°GL Flegmaça Geral	°GL	0,050	0,036	0,028	0,028
Álc Vinhaça relação Álcool Abs	%	0,97	0,58	0,46	0,46
Álc Flegmaça relação Álcool Abs	%	0,13	0,09	0,07	0,07
Varição de Álcool em Processo	l	287.438,99	338.632,43	695.508,11	695.508,11
DADOS DE PRODUÇÃO					
Açúcar					
Refinado Granulado	sc	0,00	0,00	0,00	0,00
Açúcar Cor 100	sc	0,00	0,00	0,00	0,00
Açúcar Cor 150	sc	0,00	0,00	0,00	0,00
Açúcar Cor 250	sc	10.260,00	10.260,00	10.260,00	10.260,00
Açúcar Cor 400	sc	0,00	0,00	0,00	0,00
Açúcar Cor VHP	sc	400,00	3.140,00	36.560,00	36.560,00
Açúcar Total	sc	10.660,0	13.400,0	46.820,0	46.820,0
Açúcar a 100%	sc	10.203,6	13.329,8	46.573,5	46.573,5
Álcool					
Produção Horária Efetiva de Álcool	l	22.298,33	16.533,98	13.512,36	13.512,36
Produção Diária Efetiva de Álcool	l	535.159,92	396.815,52	324.296,64	324.296,64
Álcool Anidro ANP	l				
Álcool Anidro Industrial	l				
Álcool Anidro Especial	l				
Álcool Hidratado Reprocessado para	l				
Álcool Anidro produzido no Reprocesl	l	0	0	0	0
Álcool Anidro Total Descontado Reprl	l	0	0	0	0
Álcool Hidratado ANP	l	535.160	793.631	4.540.152	4.540.152
Álcool Hidratado Total Descontado Rl	l	535.160	793.631	4.540.152	4.540.152
Produção Álcool Total	l	535.160	793.631	4.540.152	4.540.152
Produção de Álcool a 100%	l	509.205	755.812	4.341.598	4.341.598
Produção Óleo Fúsel	l				
Levedura					
PROD VAPOR E GERAÇÃO ENERGIA					

Horas de Geração de Vapor	h	24:00	48:00	336:00	336:00
Produção de Vapor Total	t/h	241,26	216,80	549,66	549,66
Vapor Condensado	t	0,000	0,000	0,000	0,000
Consumo Vapor no Processo/tc	kg/t	461,485	473,584	1.653,188	1.653,188
Energia Gerada	MWh	318,000	574,000	9.407,000	9.407,000
Energia Vendida	MWh	0,000	0,000	0,000	0,000
Cons Energia Processo por tc	KW/tc	25,345	26,122	84,206	84,206
Energia de Irrigação	MWh	0,000	0,000	0,000	0,000
EFICIÊNCIAS E RENDIMENTOS					
Aprov. de Tempo Agrícola	%	93,06	94,62	96,95	96,95
Aprov. de Tempo Industrial	%	91,94	82,33	72,03	72,03
Aproveitamento de Tempo	%	85,00	76,94	62,78	62,78
Aproveitamento de Tempo Fábrica	%	100,00	100,00	100,00	100,00
Aproveitamento de Tempo Refinaria	%	0,00	0,00	0,00	0,00
Aproveitamento de Tempo Destilaria	%	100,00	100,00	100,00	100,00
Eficiência Industrial - ART	%	84,27	86,72	82,41	82,41
Eficiência Relativa - ART	%	93,16	96,10	92,08	92,08
Eficiência Máxima - ART	%	90,46	90,24	89,50	89,50
RTC Fermentec	%	90,87	91,87	87,21	87,21
Mix Álcool	%	59,42	62,46	73,04	73,04
Mix Açúcar	%	40,58	37,54	26,96	26,96
Rendimento Industrial Açúcar	kg/tc	97,09	97,53	89,28	89,28
Rendimento Industrial Alcool	l/tc	69,64	70,14	63,86	63,86
Rendimento Industrial Unicop	sc/tc	2,10	1,67	1,48	1,48
Rendimento Fermentação (Batelada)	%				
Rendimento Fermentação (Sub. Produ	%	88,23	88,08	87,48	87,48
Rendimento Destilação (Batelada)	%				
Rendimento Destilação (Contínua)	%	98,90	99,33	99,47	99,47
Rendimento Geral da Destilaria - Ba	%	87,26	87,49	87,02	87,02
ART RECUPERADO					
Cana	kg	1.621.869	2.858.396	13.967.829	13.967.829
Álcool	kg	786.417	1.167.277	6.639.889	6.639.889
Açúcar	kg	537.032	701.568	2.451.237	2.451.237
Processo	kg	43.342	610.090	2.420.144	2.420.144
Total	kg	1.366.791	2.478.935	11.511.270	11.511.270
% ART RECUPERADO					
Álcool	%	48,49	40,84	47,54	47,54
Açúcar	%	33,11	24,54	17,55	17,55
Processo	%	2,67	21,34	17,33	17,33
PERDAS EM KG DE ART					
Ág de Lavagem de Cana	kg	10.334	22.604	43.564	43.564
Ág Residuárias Moenda	kg				
Bagaço	kg	149.574	259.170	1.159.034	1.159.034
Torta	kg	5.986	14.226	83.733	83.733
Ág Multi Jatos Filtros	kg				
Ág Col Barométricas/ Multi Jatos Fák	kg	23.917	45.515	73.610	73.610
Ág Residuárias Fábrica	kg	237.924	444.921	889.539	889.539
Ág Residuárias Destilaria	kg				
Ág Multi Jatos Vácuo	kg				
Águas Multi Jatos Total	kg	23.917	45.515	73.610	73.610
Águas Residuárias Total	kg	237.924	444.921	889.539	889.539
Destilaria	kg	114.817	166.906	1.000.151	1.000.151
Indeterminadas	kg	-287.474	-573.881	-793.072	-793.072
Totais	kg	255.078	379.461	2.456.559	2.456.559
% ART PERDIDO					
Ág de Lavagem de Cana	%	0,6372	0,7908	0,3119	0,3119
Ág Residuárias Moenda	%				
Bagaço	%	9,2223	9,0670	8,2979	8,2979
Torta	%	0,3691	0,4977	0,5995	0,5995
Ág Multi Jatos Filtros	%				
Ág Col Bar/ Multi Jatos	%	1,4747	1,5923	0,5270	0,5270
Ág Residuárias Fábrica	%	14,6697	15,5654	6,3685	6,3685
Ág Residuárias Destilaria	%				
Ág Multi Jatos Vácuo	%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Águas Multi Jatos Total	%	1,4747	1,5923	0,5270	0,5270
Águas Residuárias Totais	%	14,6697	15,5654	6,3685	6,3685
Destilaria	%	7,0793	5,8391	7,1604	7,1604
Indeterminadas	%	-17,7249	-20,0770	-5,6778	-5,6778
Totais	%	15,7274	13,2753	17,5873	17,587