

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO-MTA**

**ESTUDO COMPREENSIVO DO SETOR SUCROENERGÉTICO  
E ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ÁGUA ADICIONADA AO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR ÁLCOOL E  
ENERGIA ELÉTRICA**

**JOÃO PAULO MARQUES DA SILVA JUNIOR**

**SERTÃOZINHO**

**2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO-MTA**

**ESTUDO COMPREENSIVO DO SETOR SUCROENERGÉTICO E  
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ÁGUA ADICIONADA AO PROCESSO DE  
PRODUÇÃO DE AÇÚCAR ALCOOL E ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao  
Programa de Pós Graduação  
em Gestão do Setor  
Sucroenergético – MTA., sob  
a orientação do professor  
doutor Claudio Hartkopf Lopes

**JOÃO PAULO MARQUES DA SILVA JUNIOR**

**SERTÃOZINHO**

**2013**

A minha esposa Ana Carolina, por todas as grandes e “boas” horas de apoio, incentivo e principalmente pela vontade em ajudar, ao meu Filho João Paulo Neto que ainda não chegou, está por vir, já é o meu maior incentivador. Aos meus pais João Paulo e Aparecida e aos meus avós Florindo, Narciza e Terezinha que embora já se “foram”, deixaram grandes exemplos a serem seguidos. A minha irmã que nas horas mais difíceis me incentivou a continuar e nunca desistir.

## **AGRADECIMENTOS**

Os meus sentimentos de gratidão e admiração aos Professores Doutores Claudio Hartkopf Lopes e Marta Regina Verruma Bernardi pela disposição em ajudar, pela orientação dispensada, ideias, e principalmente pela ajuda na confecção desse trabalho.

A minha esposa e a toda minha família. Ao Engenheiro Agrimensor e de Segurança do Trabalho João Paulo Marques da Silva pela disposição e ajuda.

## RESUMO

Este trabalho se refere ao setor sucroenergético e em especial ao impacto da adição de água no processo de fabricação de açúcar e etanol, tendo seu início com pesquisa bibliográfica do setor como um todo e finalizando com uma análise de campo realizada nos processos da empresa.

O objetivo principal foi analisar o consumo de água, sugerindo propostas de melhoria aos processos, melhorando o consumo de vapor da planta, conseqüentemente o aumento na exportação (venda) de energia;

A metodologia adotada constou de reunião com os gestores dos processos, visando o entendimento e funcionamento dos processos e equipamentos tendo o acompanhamento do analista de processo do COI (Centro de Operações da Indústria). Através dos resultados obtidos foi utilizado ferramentas da qualidade para auxiliar na solução dos problemas verificados.

Com esta pesquisa pode-se comprovar que a adição de água está ligada diretamente ao consumo de vapor específico da planta. Foi evidenciado que ao mesmo tempo em que há necessidade da utilização de água em alguns equipamentos, em outros a água é utilizada como facilitador, não resolvendo a causa raiz dos problemas.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	01
Tema e justificativa do tema.....	02
Objetivos específicos.....	02
Metodologia do trabalho.....	02
Estrutura .....	03
<b>CAPÍTULO 1 – SERVIÇOS</b>	
1.1. A importância da agroindústria.....	04
1.1.1 O setor sucroenergético no Brasil.....	06
1.1.2 Eficiência energética X cogeração de energia.....	08
<b>CAPÍTULO 2 – BALANÇO DE MASSA</b>	
2.1 Definição de balanço de massa.....	13
2.1.1 Balanço térmico e energético de uma usina .....	17
<b>CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO</b>	
3.1 A Empresa .....	23
3.1.1 Problemas levantados .....	23
3.2.1 Tipo de Pesquisa .....	24
3.2.2 Ferramentas utilizadas.....	25
3.2.3 Método e análise da pesquisa .....	26
3.2.4 Análise dos resultados.....	32
<b>CAPÍTULO 4</b>	
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS .....	40

Figura 1. Balanço de Massa do Setor de Extração de caldo.....	18
Figura 2. Balanço de Massa do Setor de Extração de caldo.....	18
Figura 3. Equipamento limpeza gamelão.....	23
Figura 4. Equipamento limpeza gamelão (2).....	23
Figura 5. Lateral da Moenda 78" .....	24
Figura 6. Encanamento (Manifold) .....	24
Figura 7. Tambor de água do lava jato.....	25
Figura 8. Caixa de embebição .....	25
Figura 9. Peneira rotativa.....	26
Figura 10. Peneira do eletroíma .....	27
Figura 11. Bicos das mangueiras de limpeza.....	27
Figura 12. Piscinas de CaO.....	28
Figura 13. Local de prepare de polímero .....	28
Figura 14. Turbo filtros fábrica .....	29
Figura 15. Turbo filtros destilaria .....	29
Figura 16. Resfriamento de gaxeta e selo das bombas .....	30
Figura 17. Lavador de pó de açúcar .....	30
Figura 18. Representação água rejeito hidrojateamento .....	31
Figura 19. Caixa de recepção de lodo.....	31
Figura 20. Sistema de bombeamento de melão .....	32
Figura 21. Medidor de vazão.....	32
Figura 22. Filtros rotativos .....	33
Figura 23. Média de vazões durante a safra .....	33
Figura 24. Relação de água adicionada e exportação de energia com geradores de contrapressão .....	35
Figura 25. Relação de água adicionada e exportação de energia com gerador de extração e condensação .....	35
Figura 26. Relação de água adicionada e exportação de energia com o valor que é deixado de faturar ao longo da safra .....	36
Figura 27. Representação água adicionada por processo.....	36
Figura 28. Representação geradores de contrapressão x bagaço.....	37

Tabela 1. Água para evitar acúmulo bagaço gamelões .....	22
Tabela 2. Água adicionada para resfriamento de mancais .....	23
Tabela 3. Água adicionada para resfriamento de mancais (2) .....	23
Tabela 4. Água adicionada manifold para limpeza das esteiras .....	24
Tabela 5. Transbordamento de água do tambor do lava jato .....	24
Tabela 6. Água para limpeza dos porões .....	25
Tabela 7. Sistemática para limpeza da peneira rotativa .....	26
Tabela 8. Limpeza da peneira do filtro do eletroíma .....	26
Tabela 9. Mangueiras de limpeza sem bicos .....	27
Tabela 10. Água para homogeneização da CaO .....	28
Tabela 11. Preparo de polímero .....	28
Tabela 12. Água utilizada para escoamento de bagacilho na saída dos turbo filtros (fábrica) .....	28
Tabela 13. Água utilizada para escoamento de bagacilho na saída dos turbo filtros (destilaria) .....	29
Tabela 14. Água utilizada para resfriamento de selos e gaxetas .....	29
Tabela 15. Água de lavagem de pó de açúcar .....	30
Tabela 16. Água de limpeza com hidrojateamento .....	31
Tabela 17. Água de escoamento de lodo para a caixa .....	31
Tabela 18. Adição de água no melaço para composição do mosto .....	31
Tabela 19. Calibração dos medidores de vazão .....	32
Tabela 20. Água filtros prensas e rotativos .....	32

O presente trabalho de conclusão de curso, requisito indispensável para obtenção do título de pós graduação (MTA) em Gestão do Setor sucroenergético, foi desenvolvido dentro da área de gestão da qualidade e engenharia de processo, com foco e ênfase no último.

Este estudo e proposta de algumas implantações e modificações, têm o objetivo de mostrar uma visão ampla do setor sucroenergético como um todo; sua grandiosidade e pesquisar os principais pontos de adição de água no processo de fabricação de açúcar álcool. O tema foi escolhido e desenvolvido devido ao grande crescimento e grandiosidade do setor sucroenergético no Brasil. A agropecuária foi a atividade que mais cresceu nos últimos anos. A média do Produto Interno Bruto (PIB) do setor, no período de 2000 a 2010, aponta um crescimento anual de 3,67%, enquanto o PIB geral do País mostra avanço de 3,59% (média anual).

A partir do ano 2000, políticas setoriais como a do crédito rural foram destaque na economia brasileira, com a formação de uma curva de crédito em ascensão. Somente no período de 2003 a 2010, mais de R\$ 270 bilhões foram aplicados em crédito rural no País, a juros favorecidos, deixando clara a intenção do governo brasileiro de estimular de maneira preferencial a expansão do agronegócio. Não só o crescimento do PIB, mas também o das exportações brasileiras vem dependendo do crescimento da produção agropecuária. Em 2000, a participação do setor nas exportações totais do Brasil era de 24%. Em 2011, esta participação atingiu 37%. (MAPA, 2012).

Os três principais setores em termos de montante exportado em 2010 (complexo soja, complexo sucroalcooleiro e carnes) foram responsáveis por 60% das exportações agrícolas brasileiras. Esse percentual vem se mantendo entre 60% e 70% desde 2004, quando alcançou 68,6%. Os três setores também estão entre os que mais contribuíram para o crescimento do valor total das exportações agrícolas do país entre 2004 e 2010: complexo sucroalcooleiro (28%), carnes (13,8%) e soja (9,3%). (MAPA, 2011)

Entre junho de 2011 e maio de 2012, o complexo soja (grão, farelo e óleo) seguiu sendo o principal setor exportador, com as vendas externas subindo 41% e passando de US\$ 19,3 bilhões para US\$ 27,2 bilhões. O complexo sucroalcooleiro ficou na segunda posição, com exportações de US\$ 15,9 bilhões (+13,2%). Os outros três principais setores foram carnes (US\$ 15,9 bilhões, +9%), produtos florestais (US\$ 9,4 bilhões, -1%) e café (US\$ 8,2%, +14,3%).

Levando em consideração os fatores citados acima, tem-se hoje a eficiência<sup>10</sup> como palavra chave de sucesso para qualquer organização, não só sucroenergética.

Contudo, IDEA (2008), ressalta que é impossível que uma organização tenha uma cultura positiva e voltada para o sucesso se fique para trás tecnologicamente e tenha poucas ferramentas de controle.

Na busca por uma melhor eficiência térmica e energética, foi verificado e analisado in loco, através de medições e análises, dentro da instituição, os principais pontos de água adicionada ao processo de fabricação de açúcar e álcool.

### **Tema e justificativa do tema**

O tema do presente trabalho é verificar e analisar o desenvolvimento do setor e fatores que possam interferir negativamente na eficiência do processo de fabricação de açúcar e etanol.

Sendo que a análise leva em consideração os principais pontos de adição de água nos setores de extração de caldo, fábrica de açúcar e destilaria.

### **Objetivo específico**

- 1) Elaborar pesquisa bibliográfica sobre o desenvolvimento e o crescimento do setor sucroenergético como um todo (Proálcool/ IAA).
- 2) Identificar e conhecer os principais motivos do consumo específico de vapor, da usina em estudo, acima do projeto.
- 3 ) Analisar e buscar melhorias para o sistema em estudo além de aprofundar as causas dos motivos da vazão de caldo acima da normalidade moendo determinada quantia de cana.

### **Metodologia do trabalho**

Trata-se de uma pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de adquirir conhecimentos e aplicá-los na prática.

Na seqüência os dados foram analisados e tabulados, oferecendo informações de um plano de ação para o setor. De acordo com os resultados de análise dos dados da pesquisa foi proposto ação de melhoria.

### **Estrutura**

No capítulo 1 (um) está apresentada à fundamentação teórica sobre a importância da agroindústria, setor sucroenergético no Brasil.

No capítulo 2 (dois) é apresentada à segurança do trabalho no Brasil e sua importância, segurança no corte manual de cana de açúcar através de atualizações recentes, estatísticas de acidentes do trabalho e estatísticas de acidentes dentro do setor sucroenergético.

No capítulo 3 (três) são apresentadas à empresa, as atividades realizadas, os problemas levantados no processo de fabricação de açúcar e álcool a análise dos dados e resultados obtidos na pesquisa realizada junto aos processos e as sugestões de melhoria.

No capítulo 4 (quatro) as considerações finais e as recomendações que possam servir de base e inspiração para futuros trabalhos, lembrando sempre que a conscientização na indústria açucareira deve ser enfatizada para se conseguir eliminar as perdas ao extremo a fim de buscar a melhoria contínua.

## 1.1. A importância da agroindústria

A Agroindústria brasileira tem apresentado surpresas em todo o mundo, tanto a nível nacional como a nível mundial. Principalmente relacionando produtividade e qualidade nos serviços.

A agroindústria é um dos principais segmentos da economia brasileira, com importância tanto no abastecimento interno como no desempenho exportador do Brasil. Uma avaliação recente estima que sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) seja de 12%, tendo uma posição de destaque entre os setores da economia, junto com a química e a petroquímica. Na década de 70 (setenta) a agroindústria chegou a contribuir com 70% das vendas externas brasileiras. Atualmente, essa participação está em torno de 40%, não só pela diversificação da pauta de exportações, mas também pela tendência à queda dos preços das *commodities* agrícolas nos últimos 20 anos. Ainda assim, o setor cresceu e aumentou o valor das exportações em quase todos seus segmentos.

Informativo EMBRAPA (2006) cita os estímulos que à agroindústria sofreu nessas últimas décadas:

- Políticas de modernização, principalmente pelo uso do crédito rural subsidiado, de importância crescente nos anos 70, até ser eliminado ao longo dos anos 80;
- Políticas de substituição de energia, que utilizaram fundos especiais para investimento na produção de álcool e estímulo aos consumidores;
- Políticas de reestruturação agroindustrial, envolvendo financiamento da agroindústria e definição de uma política de fixação de quotas para exportação; e, finalmente, FAPESP (2006) afirma que o aumento significativo da produtividade tem motivado até mesmo a presença de comitivas técnicas estrangeiras para verificar, in loco, as razões desse sucesso.

O aperfeiçoamento genético, a introdução de tecnologias, a crescente mecanização, o uso racional de fertilizantes e defensivos contribuíram para muitos avanços nesse sentido e conduziram o país a condições de grandes produtores agrícolas e com potencial de expansão ainda maior. Mesmo sem descuidar da melhor conservação do seu meio ambiente, uma das preocupações atuais.

Segundo FAPESP (2006) muitos são os fatores responsáveis para esse salto de competência da agroindústria brasileira, em especial à paulista, cujas consequências imediatas foram resultados muito positivos sobre nossas exportações de produtos agrícolas, 72% de acréscimo entre 1992 e 2002. Outra consequência imediata foi o aumento da pesquisa científica e Tecnológica.

Contextualizando a citação acima a agroindústria brasileira tende a <sup>13</sup> ser beneficiada e valorizada cada vez mais com o aumento da tecnologia no campo. O aperfeiçoamento tecnológico e industrial está aumentando e incrementando a quantidade e qualidade de nossos produtos agroindustriais. Hoje, o conceito de tecnologia, preservação ambiental, segurança do trabalho está cada vez mais ligado diretamente com a qualidade e confiabilidade no setor.

O Informativo FUTURO AGRONEGOCIO (2010) afirma que no Estado de São Paulo, nos dois últimos anos, houve um aumento de praticamente 40% no número de pesquisadores científicos. Tais pesquisadores terão a função de estudar inovações para o setor sucroenergético, colaborando com a descoberta de novas unidades de cana de açúcar, buscando melhorias para a produtividade na colheita de cana.

PORTER (2002) afirma que a transformação tecnológica é um dos principais condutores da concorrência e da produtividade. Ela desempenha papel importante na mudança estrutural da indústria (agroindústria), bem, como na criação de novas oportunidades.

Enquanto novas usinas são construídas, outros flancos estão sendo abertos no âmbito da pesquisa tecnológica. As novidades vêm principalmente dos estudos genéticos, como novas variedades de plantas. Através destes estudos pesquisadores conseguiram aumentar em praticamente 20% a produção de sacarose da planta, ou seja, uma planta que produza mais sacarose vai gerar mais álcool em uma mesma área de cultura canavieira.

O aumento da diversidade genética dos canaviais é importante porque torna as lavouras mais protegidas contra doenças e pragas. Quando se tem pouca variabilidade genética, as plantas tornam-se suscetíveis aos mesmos problemas. (FAPESP, 2006)

### **1.1.1. O setor sucroenergético no Brasil**

O Brasil é o maior produtor de açúcar do mundo (incluindo principalmente cana de açúcar e de beterraba açucareira).

A produção de açúcar no Brasil é maior que a produção de todos os países da União Européia juntos. Levantamentos feitos pelo Pró cana informações e eventos (2006) mostra que novas unidades, na expansão das usinas já instaladas e os aportes em infraestrutura e logísticas somam 3 bilhões ao ano e que hoje, somente no estado de São Paulo, 45 novas unidades produtoras de açúcar e álcool estão em construção.

Considerando o estado de São Paulo, quem percorre as rodovias da região se impressiona com a extensão de seus canaviais, às vezes ficando até incomodado por um cheiro ácido, do vinhoto, ou de fumaça negra vindo de queimadas.

FUNDACENTRO (2004) afirma que no estado de São Paulo aproximadamente dois milhões de hectares são cobertos por cana, equivalente a um país inteiro como a Suíça.

Segundo RIPOLI (2008) o setor sucroenergético no Brasil absorve mais de um milhão de trabalhadores e, em torno de 300.000 indiretos (empresas de máquinas e insumos, assistência técnica, agro negócio, etc.), sendo responsável por 3,5% do PIB brasileiro.

A cana de açúcar é a principal cultura cultivada no estado de São Paulo, participando com aproximadamente 27% do valor da produção agropecuária, utilizando apenas 15 % de área agrícola do estado.

RIPOLI (2008) ainda afirma que o setor sucroenergético quando comparado aos principais complexos agroindustriais paulistas, só seria inferior, em termos de renda, à somatória do complexo proteico animal (pecuária, avícola e suíno) e mesmo assim em índices muito próximos, gerando uma renda maior que o dobro da soma de grãos, maior que o triplo dos sucos cítricos e oleícolas.

Contextualizando os dados e as citações acima, o setor sucroenergético é sem dúvida um importante gerador de renda e, conseqüentemente de arrecadação de impostos para os cofres públicos, municipal, estadual e federal.

Pode-se afirmar que qualquer medida que venha interferir nas relações econômicas e sociais relativas ao complexo da Agroindústria canavieira afetará sobremaneira toda a cadeia produtiva de forma que as transformações, decorrentes do aviltamento dos preços, da cana, produzirão impactos significativos sobre a renda e emprego.

Evidenciando as citações acima, pode-se dizer que o sucesso e a grandiosidade do setor dependem essencialmente dos seguintes fatores:

- Condições edafo – climáticas;
- Capital;
- Variedades;
- Utilização racional de insumos;
- Tecnologia (incorporações tecnológicas);

O setor está passando por significativas transformações podendo citar as incorporações tecnológicas como principal responsável pela expansão da produção do setor. O uso de avançadas tecnologias agrícolas, industriais e novas

formas de gestão evidenciou a preocupação em reduzir custos, enquanto que <sup>15</sup> os subprodutos da cana são cada vez mais aproveitados.

FAPESP (2006) afirma que num período de 20 anos a produção de cana deve aumentar em 35 milhões de hectares e a produção de álcool deve passar dos atuais 15 bilhões para 100 bilhões de litros por ano, gerando 5,2 milhões de empregos e uma renda de R\$ 153 bilhões. Obs: Pode-se levar em consideração subprodutos do processo: óleo fúsel, bagaço, levedura etc.

PORTER (2002) afirma que qualquer empresa envolve inúmeras tecnologias. Tudo o que ela faz envolve algum tipo de tecnologia, apesar do fato de que pode parecer que uma ou mais tecnologias dominem o produto ou o processo de produção. Qualquer tecnologia envolvida numa empresa pode ter um impacto significativo sobre a concorrência. Uma tecnologia é importante para a concorrência se ela afetar de uma forma significativa à vantagem competitiva de uma empresa ou a estrutura industrial.

### **1.1.2 Eficiência energética x cogeração de energia**

Segundo PORTER (2002) uma tecnologia é importante para a concorrência se ela afetar de uma forma significativa à vantagem competitiva de uma empresa ou a estrutura industrial. A tecnologia afeta a vantagem competitiva se tiver um papel significativo na determinação da posição do custo relativo ou da diferenciação.

O desenvolvimento tecnológico pode aumentar ou reduzir economias de escala, tornando possíveis inter-relações onde antes não eram possíveis, criar a chance de vantagens na oportunidade e influenciar quase todos os outros condutores do custo ou da singularidade.

Pode-se evidenciar claramente a afirmação de PORTER (2002) Segundo no processo de fabricação de álcool, açúcar e energia elétrica, onde sempre é possível o aperfeiçoamento de uma planta. Existem diversas medidas, que vão desde a redução de perdas, controle dos processos e treinamento da mão de obra, que podem trazer resultados a curto e médio prazo sem grandes investimentos, até a adoção de novas tecnologias e equipamentos mais eficientes. Estabelecer metas objetivas atingíveis para os processos e adotar procedimento de monitoramento estão também entre as formas mais eficazes de conseguir energia com eficiência e sem desperdício.

Segundo Revista Opiniões (2011) a adição de água sem controle no processo de fabricação de uma usina gera muitos transtornos que muitas vezes, ou melhor, na maioria das vezes não são contabilizados. Entre esses transtornos

está o consumo de vapor acima do esperado, já que em uma usina que opera com quatro efeitos de evaporação, gasta-se 0,25 Kg de vapor de escape para se evaporar 01 Kg de água do caldo (garapa), afetando diretamente a eficiência energética da planta. Outros fatores também podem ser levados em consideração: equipamentos com tempo de campanha (operação) elevados, não utilização da temperatura da vinhaça e da água condensada de processo em trocas térmicas no tratamento de caldo (ocasionando maior consumo nas baterias de aquecimento antes da entrada do caldo nos decantadores);

Diante do que foi descrito acima, Cana Mix (2013) cita a importância do processo bem controlado com consumo específico da planta dentro do planejado como chave primordial para sobra de bagaço e maior quantidade de energia gerada, seja para o consumo interno ou para a venda. Antes visto como lixo, o bagaço da cana é ainda a melhor solução para cogeração de energia na indústria açucareira por se tratar de um sub-produto inevitável dentro dos processos atuais e fabricação de açúcar e álcool. Pode-se levar em consideração uma média de 01 tonelada de bagaço para geração de 02 toneladas de vapor;

No setor sucroenergético, o principal sistema de cogeração é aquele que emprega turbinas a vapor como máquinas térmicas e que aparece vinculado a três configurações fundamentais: turbinas de contrapressão, combinação de turbinas de contrapressão com outras de condensação que empregam o fluxo excedente e turbinas de extração-condensação. A condensação de uma parte do vapor de escape, ou de uma extração de vapor de uma turbina de extração/condensação, garante as necessidades de energia térmica do sistema (FIOMARI, 2004).

### 2.1. Definição de balanço de massa

Cada vez mais as empresas do setor sucroenergético estão se aprimorando para produzir mais com menor consumo de energia, seja “ela” em forma de vapor ou elétrica.

Segundo LITTLE (1915), todo processo tecnológico é composto por um arranjo de operações básicas, não decomponíveis em operações mais simples denominadas de operações unitárias. O conjunto de operações unitárias destinados a transformar um material, denominado de matéria prima, em outro denominado produto, de maior utilização ou maior valor de mercado. As operações unitárias são em número não superior a vinte e podem ser classificadas em mecânica, de transferência de massa e de transferência de energia.

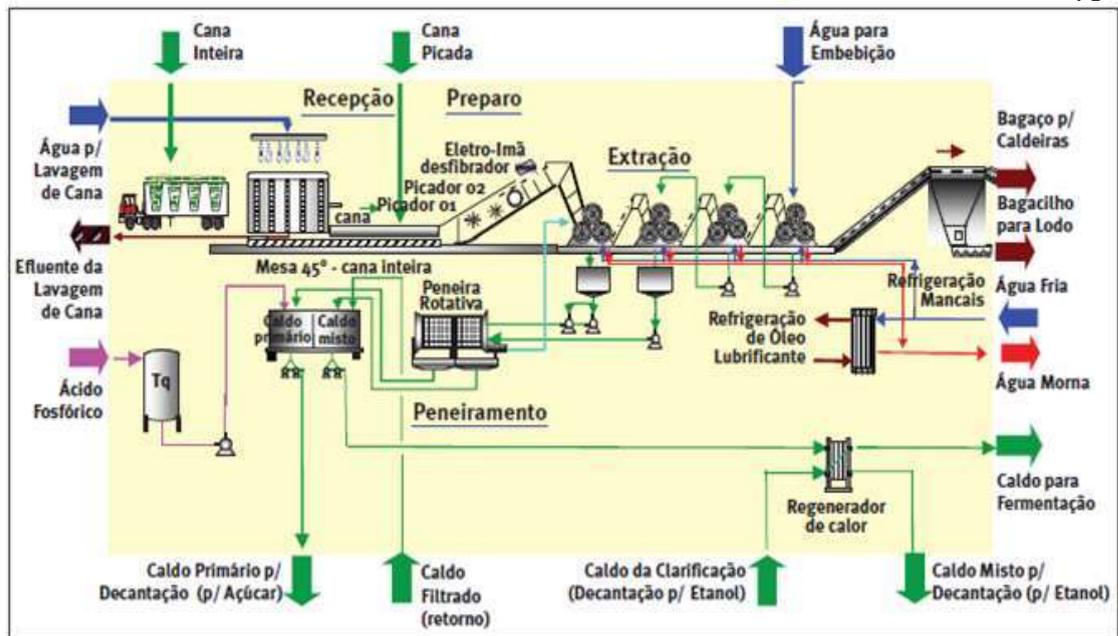
Classificação das operações e/ou processos:

- Mecânica: Quando o material processado sofre modificações estruturais sem nenhuma modificação mais profunda em seu estado ou composição.
- Física: Quando as modificações alteram a estrutura da matéria, mas sem modificarem a sua composição química.
- Química: Quando a composição química do material em processamento é modificada.
- Outras: Microbiológicas, etc.

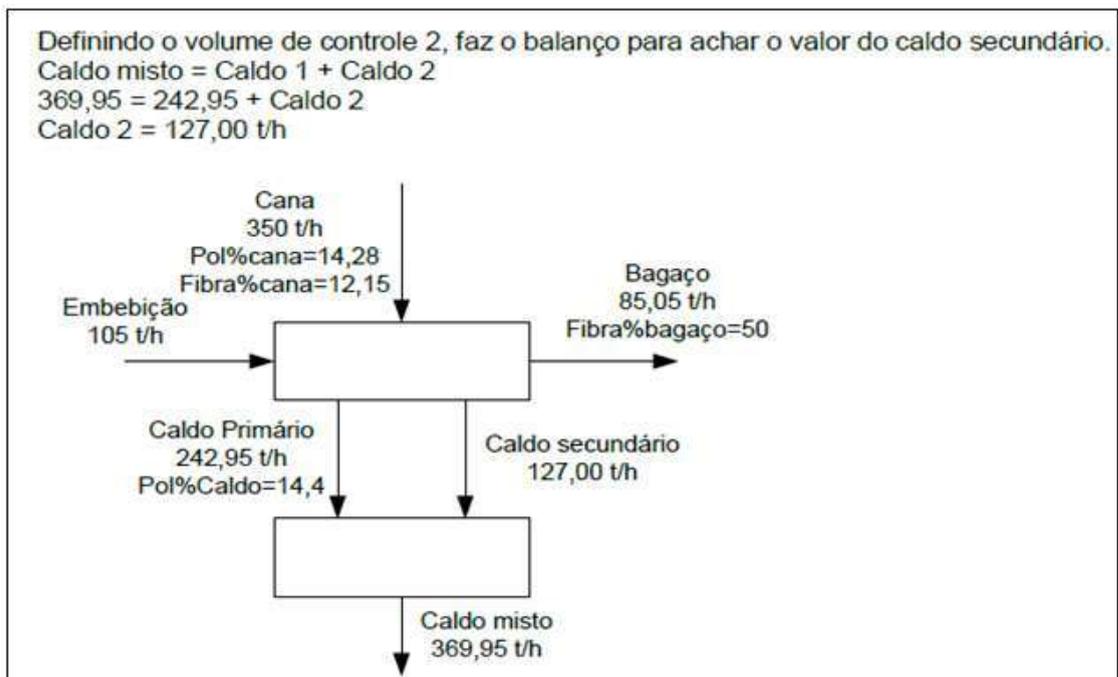
O balanço de massa consiste num pré-requisito indispensável para se resolver problemas de processos industriais.

Balanço de massa ou balanço material é o resultado da aplicação da lei de conservação da matéria em um sistema, enunciada pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier, que diz “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

O balanço de massa auxilia na tomada de decisões gerenciais, avaliando capacidade de produções, rotas alternativas, limitações, permite identificar perdas e eficiências, permite simular situações e com isso elaboração de novos projetos.



**Figura 1.** Balanço de Massa do Setor de Extração de caldo  
 Fonte: Balanço Térmico e Energético Santa Cruz (2012)



**Figura 2.** Balanço de Massa do Setor de Extração de caldo  
 Fonte: Balanço Térmico e Energético Santa Cruz (2012)

### 2.1.1. Balanço térmico e energético de uma usina

Segundo CAMPOS & CAMPOS (2004), pode-se definir balanço de energia (energético) como atividade ou instrumento destinado a contabilizar a energia disponível e a energia consumida em determinado sistema de produção. Os estudos de balanços energéticos visam determinar os pontos de estrangulamento energético fundamentando a busca por tecnologias poupadoras de energia, especialmente aquelas de origem fóssil (combustível, fertilizante, agrotóxico, energia despendida no processo de fabricação, etc).

19  
Para se realizar o controle de um processo tecnológico através de cálculos de balanço de energia e de massa, é necessário que se realize uma série de medidas como das vazões e composição dos materiais em processo, matéria-prima e produtos.

Esses valores são utilizados para a realização dos cálculos de balanço de massa, visando a determinação das eficiências das operações unitárias envolvidas.

**3.1. A empresa**

Empresa de grande porte do setor sucroenergético que teve o início de suas atividades em 1945, quando o seu proprietário, filho de imigrantes Italianos, chegou à região e adquiriu pouco mais de 900 hectares de terras. Na época o cultivo predominante era o café, que com o passar do tempo virou a cana de açúcar.

Em 1946 foi realizada a primeira moagem de cana de açúcar pela usina, quando toda a sua moagem foi transformada em aguardente, resultando na produção de dois milhões de litros.

Sempre favorável ao Proálcool à empresa começou a colocar em prática seu planejamento para aderir ao programa. Investiu em nova destilaria, passando a produzir também o álcool hidratado, neste mesmo ano foi construído o novo parque industrial de álcool, com capacidade para produzir até 180 milhões de litros do combustível. O álcool foi responsável pelo maior crescimento da empresa ao longo de sua história, proporcionando também a criação de novos empregos.

Hoje a empresa tem capacidade instalada para produzir e processar pouco mais de quatro milhões de toneladas de cana, produzindo açúcar, álcool hidratado, álcool anidro, levedura e energia elétrica.

Estão empregados atualmente 4.500 colaboradores, divididos entre duas empresas do grupo, ambas com capital 100% Nacional.

Com relação à qualidade e meio ambiente a empresa adquiriu os certificados da ISO 9001 e ISO 14001, padronizando e focando qualidade e principalmente o desenvolvimento sustentado.

**3.2. Problemas levantados**

SAMARA & BARROS (2004) afirma que, definir problema de pesquisa significa entender e explicitar quais são os problemas ou oportunidades de melhoria que geram a necessidade de informações para tomada de decisão.

Dessa forma tem-se como problema: a utilização, adição, sem controle de água no processo de fabricação de açúcar e álcool.

Foi analisado o quanto de caldo deveria ser gerado levando em consideração moagem média safra da usina e o quanto se gerou. E através deste foi analisado por setores os pontos de adição de água e proposto melhoria para os pontos críticos. Com os valores verificados, pode-se quantificar a energia que poderia ser gerada sem a adição da água no processo.

### 3.2.1. Tipo de pesquisa

GIL (2010) define pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

SAMARA & BARROS (2002) afirma que a pesquisa é utilizada para identificar as preferências, hábitos e costumes perfil sócio econômico, imagem da marca, intenções de compra e análise de participação de mercado entre outras características do mercado. Porém, além de utilizar pesquisa de mercado este trabalho é uma produção científica e para tal, deve obedecer simultaneamente a uma metodologia de pesquisa científica.

Reafirmando, GIL (2002) conceitua método científico como um conjunto de procedimentos intelectuais adotados para se atingir o conhecimento. O objetivo dos métodos científicos é proporcionar ao investigador os meios técnicos para garantir a objetividade e a precisão no estudo dos fatos sociais. Mais especificamente, visam fornecer a orientação necessária à realização da pesquisa social, sobretudo no referente à obtenção, processamento e validação dos dados pertinentes e principalmente com relação à problemática que está sendo investigada.

### 3.2.2. Ferramentas utilizadas

Foi realizado levantamento e elaborado o trabalho com os principais pontos de adição de água sem controle no processo e, através destes, foi realizado análise com as seguintes ferramentas da qualidade:

**Ishikawa** – ferramenta mundialmente conhecida, também chamada de diagrama espinha de peixe ou diagrama causa-efeito. Essa ferramenta é amplamente utilizada nas fábricas, no entanto, ela somente relaciona e analisa o que ocorre dentro da estrutura fabril, ou seja, no chão-de-fábrica. Dentre dessa abordagem (chão-de-fábrica), a ferramenta é muito eficiente, pois demonstra claramente a mudança causada em um dos ramos da espinha-de-peixe, quando se altera outro.

**5W2H** – ferramenta usada para auxiliar o grupo de trabalho no planejamento do desdobramento de ações, é uma forma de check list onde é necessário responder várias perguntas para que se chegue a real causa do

problema, ajudando assim para uma melhor tomada de decisão e ação direta na causa, esta ferramenta é proveniente do inglês em forma de perguntas (5Ws) e os (2Hs). Através desta ferramenta, as respostas as seguintes questões são definidas.

**Brainstorming** – técnica para geração de ideias, que utiliza as formas de pensamento divergente, geração espontânea e acrítica de ideias, convergente, ordenação e discussão crítica quanto à pertinência e relevância das ideias propostas para a identificação e solução de problema.

### 3.2.3. Método e análise da pesquisa

Foi realizado um levantamento levando em consideração as médias de moagem (ton/h), caldo misto bombeado para a fábrica de açúcar (m<sup>3</sup>/h), caldo misto para a destilaria (m<sup>3</sup>/h), caldo que deveria ser gerado (m<sup>3</sup>/h), caldo realmente gerado m<sup>3</sup>/h) e água adicionada ao processo (m<sup>3</sup>/h).

Através dos dados verificados e analisados acima, foi aplicado a ferramenta 5W2H, conforme pode-se verificar nas tabelas abaixo, em todos os processos de fabricação de açúcar, álcool e energia elétrica, afim de verificar o motivo do volume de caldo gerado estar em aproximadamente 150 m<sup>3</sup>/h a mais do volume que deveria ser gerado moendo em média 653 ton/h.

As informações do processo foram compiladas excluindo as menos significativas e consideradas realmente as de maior impacto aos objetivos do trabalho. Segue análise dos processos:

#### MOENDA

- Água utilizada para eliminar acúmulo de bagaço nos gamelões – adicionado 03m<sup>3</sup>/h (**3litros / tonelada de cana moída**)

**Tabela 1. Água para evitar acúmulo bagaço gamelões**

Item 01	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
1	Água para evitar acúmulo de bagaço nas paredes dos gamelões	Através de utilização de enxadas de inox	Safra 2014/15	Todos os gamelões das duas moendas	Operadores das moendas	Minimizar consumo de água	Já existem ferramentas a serem utilizadas no local.



**Figura 3.** Equipamento limpeza gamelão



**Figura 4.** Equipamento limpeza gamelão (2)

- Água adicionada na carcaça para resfriamento das caixas e mancais -  
adicionado 10 m<sup>3</sup>/h (10 litros / tonelada de cana moida)

**Tabela 2.** Água adicionada para resfriamento de mancais

Item 02	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
2	Água adicionada para resfriamento de caixas e mancais	Evitar o aquecimento dos mancais, deixando de utilizar água na cartapa. Todo mancal quando instalado, deve ser ajustado e desbastado casquilho se necessário.	Safra /Entressafra 2014/15	Moendas	Líderes das moendas	Evitar aquecimento dos mancais	Em andamento

**Tabela 3.** Água adicionada para resfriamento de mancais (2)

Item 03	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
3	Água adicionada para resfriamento de caixas e mancais	Adequar canaleta de concreto para que água utilizada se encaminhe para o tanque de água residual	Safra /Entressafra 2014/15	Moendas	Obra Civil	Evitar aquecimento dos mancais e adição de água no processo	Aguardando aprovação



**Figura 5.** Lateral da Moenda 78"

- Água utilizada no manifold para limpeza das esteiras metálicas - adição 15 m<sup>3</sup>/h de água (**15 litros / tonelada de cana moída**);

**Tabela 4.** Água adicionada manifold para limpeza das esteiras

Item 04	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
4	Água adicionada no manifold para limpeza das esteiras metálicas	Adição de vapor vegetal V1 para esta finalidade	Entressafra 2014/15	Moendas	Líderes do processo de extração	Minimizar consumo de água no processo	Aguardando aprovação



**Figura 6.** Encanamento (Manifold)

**Tabela 5.** Transbordamento de água do tambor do lava jato

Item 05	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
5	Transbordamento de água do tambor do lava jato	Utilização de bóia para controle do nível do tambor	Entressafra 2014/15	Moendas	Líderes do processo de extração	Evitar adicionar água no processo	Pendente



**Figura 7.** Tambor de água do lava jato

- Água utilizada para limpeza dos porões devido a vazamentos nas caixas de recepção de caldo para embebição - adicionado 05 m<sup>3</sup>/h (05 litros / tonelada de cana moída);

**Tabela 6.** Água para limpeza dos porões

Item 06	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
6	Água utilizada para limpeza dos porões devido a vazamento nas caixas de recepção de caldo	Troca ou reparo das caixas de embebição	Entressafra 2014/15	Moendas	Líderes do processo de extração	Evitar adicionar água no processo	Aguardando aprovação



**Figura 8.** Caixa de embebição

- Limpeza da peneira rotativa - adicionado 05 m<sup>3</sup>/h (05 litros / tonelada de cana moida) 26

**Tabela 7. Sistemática para limpeza da peneira rotativa**

Item 07	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
7	Sistemática de limpeza da peneira rotativa	Atraves de adequação da bomba e instalação de bicos de limpeza	Entressafra 2014/15	Moendas	Líderes do processo de extração	Evitar adicionar água no processo através de limpeza manual da peneira	Em andamento
Item 08	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
8	Sistemática de limpeza da peneira rotativa	Aumento da abertura da tela da peneira rotativa da moenda 78"	Entressafra 2014/15	Moenda 78"	Empresa Equilíbrio	Evitar adicionar água no processo pela peneira rotativa	Pendente aprovação da Gerência



**Figura 9. Peneira rotativa**

- Limpeza da peneira (filtro) do eletroímã - adicionado 2 m<sup>3</sup>/h (02 litros / tonelada de cana moida)

**Tabela 8. Limpeza da peneira do filtro do eletroíma**

Item 09	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
9	Sistemática de limpeza da peneira do eletroímã	Atraves de sistemática de limpeza e treinamento dos colaboradores da área	Entressafra 2014/15	Moendas	Supervisor da Processo de Extração	Evitar adicionar água do processo pela peneira rotativa	Pendente de Aprovação



**Figura 10.** Peneira do eletroíma

- Retirada do bico das mangueiras de limpeza das moendas - aproximadamente 05 m<sup>3</sup>/h, duas moendas (05 litros / tonelada de cana moída)

**Tabela 9.** Mangueiras de limpeza sem bicos

Item 10.	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
10	Colaboradores tiram os bicos das pontas da mangueira de limpeza, aumentando vazão e diminuindo pressão.	Conscientização dos colaboradores quando realizam limpeza dos piso.	Safra 2013/2014	Moendas	Supervisor do Processo de Extração	Evitar água adicionada no processo e minimização do consumo do recurso água	Em andamento



**Figura 11.** Bicos das mangueiras de limpeza

- Água adicionada para homogeneização da CaO - adicionado 35 m<sup>3</sup>/h (35 litros / 28 tonelada de cana moída)

**Tabela 10.** Água para homogeneização da CaO

Item 01	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
1	Água utilizada para homogeneização da CaO	Garantir que a medição, Baumé, seja efetuada de forma correta, garantindo concentração em torno de 08% com a instalação do medidor de vazão e também através da instalação do novo sistema de CaO com a bomba instalada logo após o hidratador, sendo bombeado diretamente para os tanques.	Entressafra 2013/2014	Local de homogeneização de CaO na fábrica de açúcar	Líderes e Supervisor da Fábrica de Açúcar	Obter melhor resultado na concentração em Baumé, não utilizando água a mais que o necessário para isso.	Pendente de Aprovação



**Figura 12.** Piscinas de CaO

- Água adicionada para preparo de polímero - adicionado 02 m<sup>3</sup>/h (02 litros por tonelada de cana moída);

**Tabela 11.** Preparo de polímero

Item 02	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
2	Água para preparo de polímero	Garantir sistemática na preparação de polímero e adequação das instalações físicas facilitando a homogeneização no preparo.	Entressafra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Líderes e Supervisor da Fábrica de Açúcar	Diminuir perdas e minimizar adição de água adicionada ao processo.	Em andamento



**Figura 13.** Local de prepare de polímero

- Água adicionada nos turbo-filtros da fábrica - adicionado 4 m<sup>3</sup>/h (04 litros / tonelada de cana moída)

**Tabela 12.** Água utilizada para escoamento de bagacilho na saída dos turbo filtros (fábrica)

Item 03	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
3	Água utilizada para auxiliar no escoamento de bagacilho na saída dos turbo-filtros fábrica	Adição da tubulação de escoamento de bagacilho é insuficiente devido ao volume gerado. Utiliza-se água para auxiliar	Entressafra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Equipe de Caldeiraria da Fábrica de Açúcar	Minimizar adição de água no processo.	Pendente de Aprovação



Figura 14. Turbo filtros fábrica

- Água adicionada nos turbo-filtros da Destilaria - adicionado 4 m<sup>3</sup>/h (04 litros / tonelada de cana moída)

Tabela 13. Água utilizada para escoamento de bagacilho na saída dos turbo filtros (destilaria)

Item 04	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
4	Água utilizada para auxiliar no escoamento de bagacilho na saída dos turbo-filtros destilaria	Tubulação de caldo para escoamento de bagacilho na saída do turbo filtro deve ser modificada, a mesma não tem vazão suficiente para escoamento. Obs.: Quando ocorre "buchas" é utilizado água para auxiliar no escoamento.	Entressafra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Equipe de Caldeiraria da Fábrica de Açúcar	Minimizar adição de água no processo.	Pendente de Aprovação



Figura 15. Turbo filtros destilaria

- Água de resfriamento de selos e gaxetas adicionado 15 m<sup>3</sup>/h (15 litros / tonelada de cana moída)

Tabela 14. Água utilizada para resfriamento de selos e gaxetas

Item 05	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
5	Água utilizada para resfriamento de selos e gaxetas	Instalação e manutenção de placas de orifício limitando a vazão mesmo com as válvulas de entrada de água de resfriamento 100% abertas.	Entressafra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Equipe de Manutenção Mecânica	Menos adição de água no processo pelo rejeito e por sucção da bomba.	Em andamento



Figura 16. Resfriamento de gaxeta e selo das bombas

- Utilização de água no lavador de pó de açúcar - adicionado 12 m<sup>3</sup>/h (12 litros / tonelada de cana moída)

Tabela 15. Água de lavagem de pó de açúcar

Item 06	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
6	Água utilizada para lavagem de pó de açúcar	Realizar o controle do brix no sistema do lavador de pó de açúcar	Safra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Líderes e Supervisor da Fábrica de Açúcar	Minimizar adição de água no processo.	Em andamento



Figura 17. Lavador de pó de açúcar

- Descarte de água de limpeza de evaporações e Pré Evaporadores - adicionado 2 m<sup>3</sup>/h (02 litros / tonelada de cana moída)

**Tabela 16.** Água de limpeza com hidrojateamento

Item 07	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
7	Água utilizada para limpeza com hidrojateamento dos equipamentos, cai no piso zero e retorna no processo pela bomba de rejeito.	Será construído rede mestre para coleta da água com destino para o bidezão.	Entressafra 2013/2014	Fábrica de Açúcar	Equipe de Caldeiraria da Fábrica de Açúcar	Redução de água adicionada no processo	Em andamento

**Figura 18.** Representação água rejeito hidrojateamento

- Excesso de água utilizada no escoamento de lodo até a caixa

**Tabela 17.** Água de escoamento de lodo para a caixa

Item 08	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
8	Água utilizada para escoar lodo até a caixa	Diâmetro da tubulação mestre que recebe lodo dos decantadores, com exceção do decantador 04, é pequena, ocasionando bucha, após análise, verifica-se que o diâmetro da tubulação é suficiente para o escoamento. Maior problema é o ângulo de inclinação desta tubulação.	Entressafra 2013/2014	Água para evitar acumulo de bagaço nas paredes dos gamelões	Equipe de Caldeiraria da Fábrica de Açúcar	Redução de água adicionada no processo	Em andamento

**Figura 19.** Caixa de recepção de lodo

- Adequação do bombeamento de melaço para composição do mosto adicionado 20 m<sup>3</sup>/h (20 litros / tonelada de cana moída)

**Tabela 18.** Adição de água no melaço para composição do mosto

Item 09	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
9	Adequação do sistema de melaço para composição do mosto	Substituição de uma das bombas centrífugas para deslocamento positivo	Entressafra 2013/2014	Bombeamento de melaço ao lado do tanque 01	Supervisor da Manutenção Mecânica	Utilizava-se água na sucção das bombas de mel, pois bombeamento com as atuais bombas não são suficientes	Em aprovação



**Figura 20.** Sistema de bombeamento de melaço

- Calibração dos medidores de vazão de caldo misto da fábrica e destilaria

**Tabela 19.** Calibração dos medidores de vazão

Item 10	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
10	Calibração dos medidores de vazão de caldo misto e clarificado	Realizar calibração do instrumento. Os mesmos não são calibrados a aproximadamente 15 anos	Entressafra 2013/2013	Tubulação de caldo para a fábrica e destilaria	Setor de instrumentação	Aumentar confiabilidade de medição do instrumento	Aguardando entressafra



**Figura 21.** Medidor de vazão

- Excesso de água utilizada nos filtros prensa e rotativo - adicionado 15 m<sup>3</sup>/h (15 litros / tonelada de cana moída)

**Tabela 20.** Água filtros prensas e rotativos

Item 10	O que?	Como?	Quando?	Onde?	Quem?	Por que?	Status
11	Excesso de água utilizada nos filtros prensas e rotativos	Definir procedimento de operação em função do brix do caldo filtrado	Entressafra 2013/2014	Seção de filtros	Supervisor da área	Redução de água no processo	Aguardando entressafra



**Figura 22.** Filtros rotativos

### 3.2.4. Análise dos resultados

Levando em consideração que o processo da usina em questão opera com 05 efeitos de evaporação, reboilers (vapor de escape), Pré- Evaporadores (Vapor V1) e três caixas de Evaporação (V2, V3 e V4), pode-se concluir que para cada 5 m<sup>3</sup> de água adicionada ao processo gasta-se 1 tonelada de vapor de escape para ser evaporada.

De acordo com o histórico de moagem e vazões de caldo gerado, tem-se que, se somadas as vazões de caldo misto para a fábrica e caldo misto para a destilaria deveria ser gerado em torno de 765 m<sup>3</sup>/h, conforme tabela abaixo, porém, o volume de caldo médio de caldo gerado foi de 911,8 m<sup>3</sup>/h, uma diferença de 147,17 m<sup>3</sup>/h a mais de caldo gerado.

Médias durante a Safra	
Caldo misto fábrica (m <sup>3</sup> /h)	711,31
Caldo misto destilaria (m <sup>3</sup> /h)	200,49
Moagem média safra (ton/h)	653,53
Volume de caldo que deveria ser gerado (m <sup>3</sup> /h)	764,63
Caldo gerado (m <sup>3</sup> /h)	911,8
Água adicionada ao processo (m <sup>3</sup> /h)	147,17

**Figura 23.** Média de vazões durante a safra

34  
A partir destes resultados obtidos, foi realizado uma simulação, comparando o quanto a usina gera de energia com está vazão excessiva de caldo gerado (água adicionada ao caldo nos processos), o quanto poderia ter gerado a mais de energia utilizando o turbo - gerador de condensação (TG-03) e também se ao invés de utilizar o TG-03 para gerar energia a usina economiza-se em bagaço e posteriormente o vende.

A usina em questão utiliza 02 turbo - geradores de contra-pressão e 01 turbo – gerador de extração e condensação. São turbo geradores pois os geradores são movimentados através de turbinas a vapor.

Turbina a vapor é um equipamento que aproveita a energia calorífica do vapor e transforma em energia mecânica, sendo um equipamento com boa eficiência quando utilizado em condições de projeto. Essa energia mecânica pode ser utilizada para mover equipamentos e quando acoplado um gerador a turbina à vapor, se obtêm a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

No setor sucroenergético, o principal sistema de cogeração é aquele que emprega turbinas a vapor como máquinas térmicas e que aparece vinculado a três configurações fundamentais: turbinas de contrapressão, combinação de turbinas de contrapressão com outras de condensação que empregam o fluxo excedente e turbinas de extração-condensação. A condensação de uma parte do vapor de escape, ou de uma extração de vapor de uma turbina de extração-condensação, garante as necessidades de energia térmica do sistema (FIOMARI, 2004).

Em usinas que tenham o objetivo de comercializar energia excedente, torna-se necessário o uso de turbinas de extração-condensação. Segundo Fiomari (2004), além de altos índices de desempenho, máquinas de condensação com extração regulada se justificam também pela sua capacidade de satisfazer a relação energia térmica e elétrica, que pode variar em uma ampla faixa. Este sistema, com maior capacidade de produção elétrica, possui normalmente turbinas de extração dupla, sendo a primeira extração, no nível de pressão em que o vapor é requerido pelas turbinas de acionamento mecânico e, a segunda, na pressão em que o vapor é consumido no processo produtivo.

Pode-se verificar abaixo, que a empresa operando no método citado anteriormente, com vazão de caldo acima do esperado, tem-se o consumo de vapor adicionado em torno 20 ton/h. Desta forma, levando em consideração a adição de água em torno de 100 m<sup>3</sup>/h, é gerado 76,19 MW/dia. Tal valor representa uma receita diária de R\$ 11.428,00 e R\$ 1.714.275,00 no ano safra.

Na figura 24 pode-se verificar uma forma representativa da receita diária.

TG-01 / TG-02				
Qde. De água adicionada ao processo (m³/h)	Demanda a mais de vapor no processo t/h	Venda de energia realizada/dia levando em consideração os turbo geradores TG-01 ou TG-02	R\$ com energia com o TG01 ou TG-02	Exportação Safra R\$/ Safra
50	10	38,10	5.714,25	857.137,50
100	20	76,19	11.428,50	1.714.275,00
200	40	152,38	22.857,00	4.571.400,00

**Figura 24.** Relação de água adicionada e exportação de energia com geradores de contrapressão

Se através da ferramenta utilizada e as propostas de melhoria forem aplicadas, a empresa deixará de adicionar os 100 m³/h de água no processo, sobrando as 20 ton/h de vapor citadas acima e optativamente poderão ser utilizadas na forma de condensação no gerador de extração-condensação (TG-03) ou optar por sobra e futuramente venda do bagaço.

Caso opte por utilizar a opção de extração e condensação no TG-03, a empresa irá gerar uma receita diária de R\$ 17.142,00 e no ano safra R\$2.571.300,00. Nesta opção a empresa tem um ganho adicional de R\$ 857.025,00 conforme figura 25.

TG-03					
Qde. De água adicionada ao processo (m³/h)	Demanda a mais de vapor no processo t/h	Venda de energia realizada levando em consideração o turbo gerador (MW/W)	R\$ com energia com o TG03	Exportação Safra R\$/ Safra	Deixa-se de faturar (R\$/Safra)
50	10	57,1428	8.571,42	1.285.713,00	428.575,50
100	20	114,28	17.142,00	2.571.300,00	857.025,00
200	40	228,57	34.285,50	5.142.825,00	571.425,00

**Figura 25.** Relação de água adicionada e exportação de energia com gerador de extração e condensação

Caso a opção não seja a extração-condensação, tem-se, conforme citado acima, a sobra de bagaço. Com a sobra de bagaço a empresa pode faturar, levando em consideração o preço do bagaço em torno de R\$50,00, R\$2.400.000,00 no ano safra. Na situação atual da empresa, com a adição de água a mais no processo, deixa-se de faturar R\$ 857.025,00 conforme tabela abaixo.

Bagaço						
Qde. De água adicionada ao processo (m³/h)	Demanda a mais de vapor no processo t/h	Sobra de bagaço por hora (01 ton de bagaço = 02 ton de Vapor)	Sobra de bagaço safra (t)	Preço do bagaço (R\$50,00/t)	Deixa-se de faturar (R\$/Safrá)	
50	10	5	24000	1200000,00	342862,50	
100	20	10	48000	2400000,00	685725,00	
200	40	20	96000	4800000,00	228600,00	

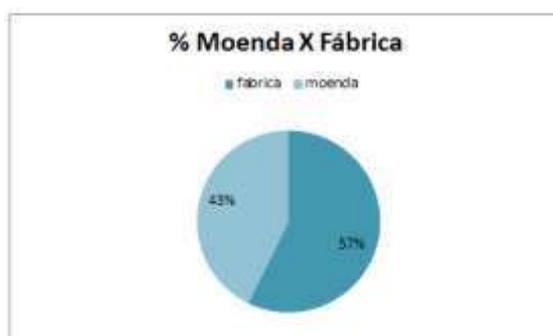
**Figura 26.** Relação de água adicionada e exportação de energia com o valor que é deixado de faturar ao longo da safra

Segue abaixo figura 27 com as medições realizadas in loco da quantidade, em m³/h, de água adicionada por processo. Tem-se 42 m³/h de água adicionada nas moendas e 61m³/h adicionados na fábrica.

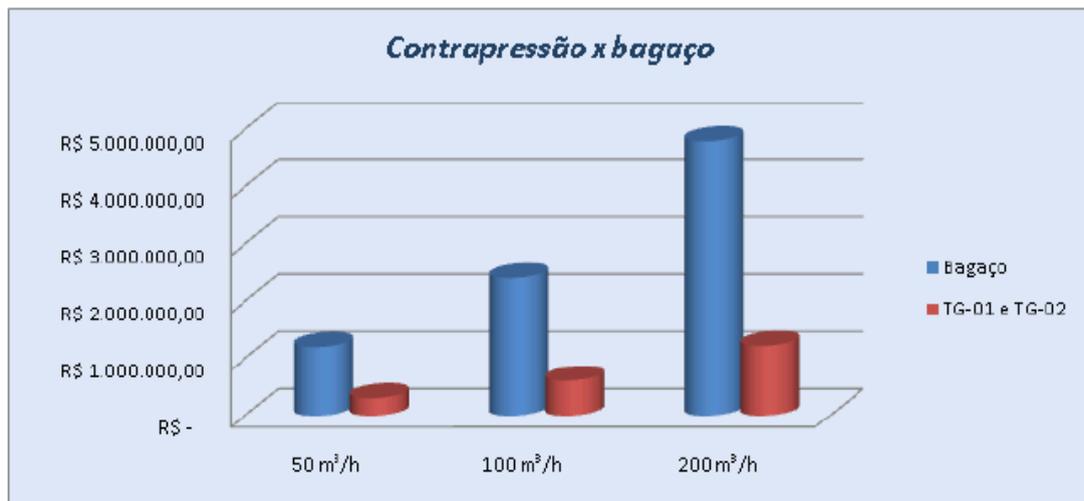
Chega-se a conclusão que a melhor opção, com os ganhos obtidos através da economia de água utilizada com o trabalho realizado, é a utilização do vapor economizado em condensação no TG-03 da usina em questão.

Adição H2O Moenda	m³/h
Água Gamelão	3
Resfriamento de mancais	10
Limpeza de porão	5
Manifold	15
Água tambor lava jato	2
Peneira rotativa	5
Peneira eletroímã	2
<b>Total</b>	<b>42</b>

Adição H2O Fábrica	m³/h
Homogenização da Cao	13
Preparo de polímero	2
Turbo filtro	4
Sacos e gavetas	10



**Figura 27.** Representação água adicionada por processo



**Figura 28.** Representação geradores de contrapressão x bagaço

O objetivo deste estudo foi mostrar a importância do setor sucroenergético como um todo e a importância do controle da adição de água utilizada no processo de fabricação de açúcar, álcool e exportação de energia elétrica.

Os objetivos específicos estavam organizados em:

1) Elaborar pesquisa bibliográfica sobre a Agroindústria, constatar a importância e grandiosidade do setor sucroenergético (sucroenergético) como um todo, balanço térmico, balanço térmico e energético em usinas de açúcar e álcool. Estes objetivos foram alcançados, conforme se apresenta no capítulo 1 e 2 deste trabalho.

O objetivo deste estudo foi mostrar a importância do setor sucroenergético como um todo e a importância da adição racional de água na fabricação de etanol, açúcar e geração de energia elétrica.

Os objetivos específicos estavam organizados em:

2) Elaborar pesquisa bibliográfica sobre a Agroindústria, constatar a importância e grandiosidade do setor sucroenergético como um todo, confronto entre eficiência energética X cogeração de energia.

3) Constatar e identificar atributos importantes com relação a adição de água. Pode-se evidenciar a realização destes problemas, pois as “causas” foram identificadas não só por meio do estudo bibliográfico, mas também com as análises o estudo e principalmente pela pesquisa de campo realizada.

4) Sugerir melhorias aos problemas apresentados. Este último objetivo também foi alcançado e tais sugestões foram apresentadas no capítulo 3 deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F.J. da C.I. **Impactos Tecnológicos, Sócio-Econômicos e Ambientais da Implantação do Corte de Cana Crua na Região de Ribeirão Preto**. São Carlos (SP): UFSCar, 1997.

CORRÊA, Henrique L.: CAON, Mauro. **Gestão de Serviços: lucratividade por meio de operações e satisfação dos clientes**. São Paulo: Atlas, 2008.

COPERSUCAR, informativo – **3º Seminário de Semana Agroindustrial**. Ed. Ave Maria Ltda, 1992.

EMBRAPA. Disponível em: <http://www.embrapa.com.br>, acesso em 21 Março de 2013.

FAPESP, Pesquisa **CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL**, 2006.

GIL, Antonio de Loureiro. **Segurança empresarial e patrimonial**. São Paulo: Atlas, 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.

I.E.A - Instituto de Economia Agrícola – **Agricultura inova em São Paulo**. São Paulo, 1999.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Qualidade total em serviços**. São Paulo, Atlas 2000.

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Disponível em <http://www.saopaulo.sp.gov.br> , acesso em 07 e abril de 2013.

PORTER, Michael E. **Vantagem Competitiva**, 4.ed. – Rio de Janeiro: Editora Campos, 2002.

RIPOLI, T. C. C. , **Biomassa de Cana de Açúcar**, 2002.

SAMARA, Beatriz Santos; BARROS, José Carlos de. **Pesquisa de Marketing: conceitos e metodologias**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SLACK, N. **Vantagens Competitiva em Manufatura**: atingindo competitividade em operações industriais, 2 ed. São Paulo: Editora Atlas 2002.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa – ação**, 9.ed. – São Paulo: Cortez Editora, 2000.

ÚNICA Disponível em [http://www.unica.com.br/pages/agroindustria\\_alta.asp](http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp)., acesso em 07 Março de 2013.

VEIGA FILHO, A. de A., et al. Cadeia Agroindustrial do Açúcar, Álcool e Subprodutos. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2008.

FIOMARI, M. C. Análise energética e energética de uma usina sucroalcooleira do oeste paulista com sistema de cogeração de energia 134 em expansão. 2004. f. 15 – 28. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

CANA MIX. Muito além do açúcar e do etanol, 56.ed.Ribeirão Preto, Fevereiro 2013.

REVISTA OPNIÕES. Expansão de Mercado, 37.ed.Ribeirão Preto, Out-Dez 2010.

SANTA CRUZ. Balanço Térmico e Energético 2012.

MAPA. *Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola, julho de 2012*. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio, Secretaria de Política Agrícola. Disponível em [http://www.agricultura.gov.br/aq\\_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e%20Dados%20B%C3%A1sicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola/Pasta%20-%20Julho%20%202012.pdf](http://www.agricultura.gov.br/aq_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e%20Dados%20B%C3%A1sicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola/Pasta%20-%20Julho%20%202012.pdf), acesso em 03/01/2014