

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

**REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA**

**ALTAMIRO ANTONIO SARCHESI**

Catanduva  
Julho de 2015

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

**REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA**

**ALTAMIRO ANTONIO SARCHESI**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em gestão do setor  
Sucroenergético – MTA  
Orientador: Prof.Dr.Antonio Roberto Crystal Bello

Catanduva  
Julho de 2015

***Dedico aos meus pais que mesmo sendo pessoas simples, sempre priorizaram a educação dos seus filhos!***

#### AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a DEUS por me dar saúde, inteligência e permitir a realização desse sonho.

A minha esposa Fátima e minha filha Amanda por me apoiarem incondicionalmente nessa etapa.

Ao apoio e a confiança dos meus superiores imediatos da Nobleagri Potirendaba através do Gerente industrial Jorge Donda, ao Coordenador de extração e utilidades Jose Paulo Frasson e ao RH representado por Dayse Borges de Lima e sua equipe.

A Biocana representada por sua presidente Leila Alencar Monteiro de Souza e a secretária Cinthia de Moraes Allio, que não mediram esforços para realização desse curso em Catanduva SP.

A UFSCar através do coordenador Prof. Dr. Octavio Antonio Valsechi e todos os professores que contribuíram de forma decisiva para o sucesso do grupo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Roberto Crystal Bello pela parceria e apoio e a todos os colegas que tanto agregaram e contribuíram.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
1.1. Breve história do início da indústria da cana de açúcar no Brasil a evolução na produção de açúcar, álcool e o uso de água .....	8
<b>2. OBJETIVO</b> .....	10
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	11
3.1. Evolução da fabricação de açúcar.....	11
3.2. Evolução da fabricação de álcool .....	14
3.3. Consumo de água pelas usinas de açúcar no Brasil.....	16
3.4. A importância do setor sucroenergético para o Brasil .....	19
<b>4. GESTÃO DE REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA</b> .....	24
4.1. Onde podemos economizar água?.....	25
4.1.1. Moenda .....	26
4.1.2. Caldeira.....	28
4.1.3. Tratamento de caldo e fabricação de açúcar .....	30
4.1.4. Fermentação .....	31
4.1.5. Destilaria .....	31
4.1.6. Controle e manejo da vinhaça.....	32
4.1.7. Concentração da vinhaça.....	33
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	35
5.1. Como as usinas podem economizar água? .....	35
5.1.1. Case I: Usinas Itamarati.....	35
5.1.2. Case II:Usina Guaira .....	36
5.1.3. Case III:Grupo Cerradinho (atualmente Grupo Nobleagri) .....	38
5.1.4. Comentário geral dos estudos de casos apresentados.....	39
5.1.5. Proposta de um sistema de reuso de água em uma usina .....	40
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45

## RESUMO

A agroindústria da cana de açúcar como descreveu HOLLANDA et al.(1993), foi uma das primeiras atividades econômicas do Brasil e teve seu início em meados do século XVI com os primeiros engenhos de cana. Na década de 1870, as primeiras usinas surgiram disfarçadas de Engenhos Centrais para conseguir financiamentos oficiais com prioridade para fabricação de açúcar. Em 1931 começa a ser adicionada a proporção de 5% de etanol anidro a gasolina e com as crises do petróleo em 1952 chega a 20%. Com a criação do Proálcool em 1975 a produção chega a 580,0 milhões de litros de etanol elevando também o consumo de água e a formação de efluentes altamente contaminantes do meio ambiente. Atualmente as usinas estão em busca de melhores números tanto de consumo de água como também o de descarte de efluentes, ainda há muito para melhorar. Segundo o manual ANA (2009), água apropriada para o consumo humano é a doce que representa apenas 2,5% do total de águas do mundo (os outros 97,5% são água salgada, disposta em mares e oceanos). Os brasileiros até que são privilegiados, já que detêm em seu território 13,7% da água doce do mundo, porém deste total, 80% estão nos rios da Amazônia. São Paulo abriga apenas 1,6% de toda essa fatia brasileira. No ano de 2014 houve uma grande crise hídrica em várias cidades do estado de São Paulo, o nível dos reservatórios das hidrelétricas baixou tanto que a geração de energia elétrica foi seriamente afetada a ponto de quase parar. Neste trabalho, o reuso da água na indústria de açúcar e etanol da cana é abordado procurando alternativas de diminuição do consumo, como também de obter melhores índices de sustentabilidade do que os atuais.

Palavras-chave: uso de águas, reuso de águas, sustentabilidade, setor sucroenergético.

## **ABSTRACT**

The agribusiness of sugarcane as described HOLLANDA et al. (1993), was one of the first economic activities in Brazil and started in the mid-sixteenth century with the first sugar mills. In the 1870, the first plants appeared disguised as Mills stations to get official funding priority for the manufacture of sugar. In 1931, starts to be added the proportion of 5% anhydrous ethanol and gasoline with the oil crisis in 1952 reaches 20%. With the creation in 1975, Proálcool production reaches 580.0 million gallons of ethanol also raising the consumption of water and the formation of highly polluting effluents to the environment. Currently the plants are in search of better numbers both water consumption as well as the disposal of effluents, there is still much to improve. According ANA Manual (2009), water suitable for human consumption is sweet which represents only 2.5% of the total world water (97.5% others are saltwater disposed in seas and oceans). Brazilians until you are privileged, since it holds in its territory 13.7% of the world's fresh water, but this total, 80% are in the rivers of the Amazon. São Paulo is home to only 1.6% of this entire Brazilian slice. In 2014 there was a major water crisis in cities across the state of São Paulo, the level of hydroelectric reservoirs of lowered so much that the generation of electricity has been seriously affected to the point of almost stopping. In this work, the water reuse in the sugar industry and sugarcane ethanol is approached looking for alternatives to declining consumption, as well as best sustainable rates than the current ones.

Keywords: use of water, water reuse, sustainable, sugarcane industry

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Breve história do início da indústria da cana de açúcar no Brasil a evolução na produção de açúcar, álcool e o uso de água.**

O Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro (SEBRAE/RJ, 1993) apud HOLLANDA et al.(1993), faz um relato de como funcionava os primeiros engenhos do Brasil. A utilização da força hidráulica, através da roda d'água, do tipo vertical, para a movimentação dos moinhos, foi à energia motriz mais recorrente nos primeiros engenhos, simultânea à força humana e à tração animal. A escolha de um ou outro tipo de energia dependia de fatores econômicos e geográficos. O uso do braço escravo ocorria de modo esporádico, pois é sabido o baixo rendimento e a lentidão das moendas assim acionadas. No entanto, foi usado em ampla escala na maioria das demais atividades dentro do engenho: preparo da terra, colheita, transporte de cana, outras tarefas de produção dentro da fábrica. No engenho de animais, almanjarras ou trapiches, eram utilizados cavalos, mulas ou bois, sendo estes últimos os preferidos. Nas terras onde não havia disponibilidade de recursos hídricos, esse tipo de energia motriz era realmente a melhor solução. A superioridade dos engenhos d'água, que depois passaram a se conhecidos como engenhos reais, era incontestável. Antes de tudo, por conta da produtividade, avaliada como o dobro da produtividade de um engenho de tração animal. Um açude ou tanque era construído nos pontos onde o rio fazia sua queda natural. A água era conduzida por diferença de nível, através de regos e calhas de madeira, sobre mourões ou condutores de alvenaria elevados por arcos – aquedutos. Além de movimentar a roda d'água, a água também abastecia a casa de caldeiras. O engenho, geralmente, ficava a poucos metros do reservatório. As primeiras políticas de ocupação e defesa territorial privilegiaram a margem dos rios ou as áreas junto ao mar, principalmente por causa da facilidade de transporte da produção e dos insumos. Nesse caso, os engenhos d'água eram os mais convenientes. Mais adiante, com a interiorização do povoamento, e a localização de engenhos em terras distantes desses recursos hídricos e mais altas, os trapiches passaram a aumentar sua participação no total, embora seu desempenho fosse bem



menor. Esse fato, também, ampliou as chances de produção de açúcar por parte de lavradores com menos recursos. A máquina a vapor foi introduzida na empresa açucareira a partir de 1815, primeiramente na Bahia, quando essa tecnologia já estava bem desenvolvida na Europa, e duas décadas após sua utilização nas Antilhas. O emprego da energia a vapor liberou a localização do engenho da contiguidade em relação às quedas d'água, pastagens, matos, etc.; mas exigiu uma mão de obra mais especializada e um maior capital de investimento. E, ainda, não resultou imediatamente num aumento de produção, já que as primeiras máquinas eram dimensionadas para substituir uma almanjarra e não uma roda d'água. O vapor era usado, não só para movimentar as moendas, mas também para produzir calor no cozimento do caldo. Como meio de transporte, foi usado, pela primeira vez no Brasil, em 1819, na Bahia. As primeiras máquinas eram importadas da Europa. Com o passar dos anos, o vapor iria alterar fundamentalmente as relações de produção até então dominantes no fabrico do açúcar. Nas três etapas na moagem independentemente o engenho dos recursos naturais como força hidráulica e pastagens; no cozimento pela introdução do vácuo, agilizando a evaporação e a cristalização do açúcar; na purga – pela introdução das centrífugas, eliminando o demorado clareamento por decantação. O vapor, um dos catalisadores da transformação do engenho em usina, permitiu a mecanização de quase todas as operações de transporte dentro da fábrica, unificando numa caldeira central toda a energia necessária para acionar as várias etapas do processo. Devido à versatilidade de seus espaços, muitos engenhos experimentaram diferentes formas de energia ao longo do tempo, o que não resultou em mudanças substanciais nos edifícios. Na medida em que foram introduzidas novas relações de produção, com os engenhos centrais e com as usinas, é que surge um novo edifício fabril, com nova inserção e novas relações espaciais, e com diversas técnicas construtivas, empregando, por exemplo, o aço e o zinco.

Como podemos perceber a dependência de água nos primeiros engenhos de cana era total e com o passar do tempo, foi aumentando a quantidade de açúcar e subprodutos produzidos conseqüentemente o uso da água foi cada vez maior.

## 2. OBJETIVO

Nas usinas para o uso industrial existem duas opções de obtenção de água, a que entra nas usinas com a própria cana de açúcar, conforme FERNANDES (2003), a água representa mais 70% do peso dos colmos.

Se fizermos as contas, considerando uma moagem de 600 ton./h, temos uma vazão por volta de 440 m<sup>3</sup>/h de água entrando no processo que depois de reaproveitada, pode ser usada em várias áreas assim podemos diminuir a captação em poços ou mananciais (rios ou represas).

A água captada é usada em vários processos, com níveis diferentes de reutilização, onde uma parcela é devolvida para os cursos de água após os tratamentos necessários (efluentes), e outra parte é destinada juntamente com a vinhaça, à fertirrigação. A diferença entre a água captada e a água lançada é a água consumida internamente (processos).

Atualmente algumas usinas estão instalando concentradores de vinhaça para reduzir o volume que vai para o campo e também utilizar essa água na indústria.

Embora na outorga de concessão do uso de água já esteja previsto um valor máximo de consumo e as usinas até consigam atender, não podemos nos acomodar, pois toda mudança que visa diminuir, reutilizar ou eliminar o uso de água é bem vinda.

Um levantamento realizado pelo centro de tecnologia canavieira (CTC 2012) revelou que no Estado de São Paulo, o valor médio do consumo de água captado pelas usinas foi de 1,26 m<sup>3</sup> por tonelada de cana processada.

O objetivo desse trabalho é discutir o modelo atual e propor o uso mais racional da água, veremos exemplos de algumas usinas e equipamentos que com poucas modificações podem contribuir para alcançar consumos bem menores que a média do setor.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Evolução da fabricação de açúcar**

Segundo MACHADO (2010), os próprios fornecedores dos equipamentos acabaram por adquirir os antigos engenhos e montar suas indústrias de processamento de açúcar. A maioria das novas indústrias estava no Nordeste e São Paulo e passaram a ser chamadas de "usinas de açúcar". Apesar da novidade, o açúcar derivado da cana não fazia frente ao de beterraba (em 1900 ultrapassava mais de 50% da produção mundial). A 1ª grande guerra, iniciada em 1914, devastou a indústria de açúcar europeia. Esse fato provocou um aumento do preço do produto no mercado mundial e incentivou a construção de novas usinas no Brasil, notadamente em São Paulo, onde muitos fazendeiros de café desejavam diversificar seu perfil de produção. No final do século XIX, o Brasil vivia a euforia do café (70% da produção mundial estavam aqui). Após a abolição da escravatura, o governo brasileiro incentivou a vinda de europeus para suprir a mão-de-obra necessária às fazendas de café, no interior paulista. Os imigrantes, de maioria italiana, adquiriram terra e grande parte optou pela produção de aguardente a partir da cana. Inúmeros engenhos se concentraram nas regiões de Campinas, Itu, Mogi-Guaçu e Piracicaba. Mais ao norte do estado, nas vizinhanças de Ribeirão Preto, novos engenhos também se formaram. Na virada do século, com terras menos adequadas ao café, Piracicaba, cuja região possuía três dos maiores Engenhos Centrais do estado e usinas de porte, rapidamente se tornou o maior centro produtor de açúcar de São Paulo. A partir da década de 1910, impulsionados pelo crescimento da economia paulista, os engenhos de aguardente foram rapidamente se transformando em usinas de açúcar, dando origem aos grupos produtores mais tradicionais do estado na atualidade. Foi nessa época, que Pedro Morganti, os irmãos Carbone e outros pequenos refinadores formaram a Companhia União dos Refinadores, uma das primeiras refinarias de grande porte do Brasil. Em 1920, um imigrante italiano com experiência em usinas de açúcar, fundou em Piracicaba uma oficina mecânica que logo depois se transformaria na primeira fábrica de equipamentos para a produção de açúcar no Brasil onde esse pioneiro era Mário Dedini. Essa expansão da

produção também ocorria no Nordeste, concentrada em Pernambuco e Alagoas. As usinas nordestinas eram responsáveis por toda a exportação brasileira e ainda complementavam a demanda dos estados do sul. A produção do Nordeste somada à de Campos, no norte fluminense e a rápida expansão das usinas paulistas acenavam para um risco eminente a superprodução. Para controlar a produção surgiu o IAA (Instituto do Açúcar e Alcool), criado pelo governo Vargas em 1933. O IAA adotou o regime de cotas, que atribuía a cada usina uma quantidade de cana a ser moída, a produção de açúcar e também a de álcool. A aquisição de equipamentos novos ou a modificação dos existentes também precisava de autorização do IAA. Por ocasião da 2ª Guerra Mundial, com o risco representado pelos submarinos alemães à navegação na costa brasileira, as usinas paulistas reivindicaram o aumento da produção para que não houvesse o desabastecimento dos estados do sul. A solicitação foi aceita e nos dez anos subsequentes os paulistas multiplicaram por quase seis vezes sua produção. No início da década de 50, São Paulo ultrapassou a produção do Nordeste, quebrando uma hegemonia de mais de 400 anos. Desde a 2ª Guerra Mundial, os esforços da indústria açucareira brasileira se concentraram na multiplicação da capacidade produtiva. As constantes alterações na cotação do açúcar no mercado internacional e os equipamentos obsoletos forçaram uma mudança de atitude para a manutenção da rentabilidade. Coube à Coopersucar (Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo) formada em 1959 por mais de uma centena de produtores paulistas para a defesa de seus preços de comercialização e iniciativa de buscar novas tecnologias para o setor. A indústria açucareira da Austrália e a África do Sul representavam o modelo de modernidade desejada. Do país africano vieram vários equipamentos modernos. Na agricultura, a busca por novas variedades de cana mais produtivas e mais resistentes às pragas e doenças, iniciada em 1926, por ocasião da infestação dos canaviais pelo mosaico, foi também intensificada e teve início o controle biológico de pragas. Entidades como Coopersucar, o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e o IAA Planalçucar foram responsáveis por esses avanços. Esse período de renovação culminou com a elevação dos preços do açúcar no mercado internacional que atingiram a marca histórica de mais de US\$ 1000.00 a tonelada. Com os recursos decorrentes desse aumento de preço foi

criado pelo IAA o FUNPROÇUCAR que financiou em 1973 a modernização das indústrias e a maioria das usinas foi totalmente remodelada. Esses fatos foram de importância fundamental para o próprio Brasil enfrentar as crises do petróleo que se seguiram a partir de 1973, através do Proálcool. Esse programa de incentivo à produção e uso do álcool como combustível em substituição à gasolina, criado em 1975, alavancou o desenvolvimento de novas regiões produtoras como o Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Em menos de cinco anos a produção de pouco mais de 300 milhões de litros ultrapassou a cifra de 11 bilhões de litros, caracterizando o Proálcool como o maior programa de energia renovável já estabelecido em termos mundiais, economizando mais de US\$ 30 bilhões em divisas. No final da década de 70, apareceram os adoçantes sintéticos, com amplas campanhas publicitárias, para concorrer com o açúcar. Paralelamente nos EUA, o principal mercado consumidor de açúcar, desenvolveu-se a produção de xaropes de frutose, obtidos a partir do milho, para uso industrial, substituindo o açúcar em alimentos e refrigerantes. No início da década de 80, o xarope de frutose ocupou mais de 50% do mercado que originalmente era do açúcar. Hoje, praticamente 70% do milho produzido nos EUA, que também é o maior produtor mundial desse cereal, é destinado à produção de xarope de frutose e álcool combustível, elevando os EUA à condição de segundo maior produtor mundial de álcool (7 bilhões de litros). Esses novos produtos, suas campanhas e o pequeno incremento na demanda mundial, derrubaram o preço do açúcar a patamares poucas vezes igualado na história recente. As usinas brasileiras se beneficiaram porque possuía o álcool como salvaguarda. Apesar das dificuldades, da globalização, da rápida mudança de paradigmas a que está submetida, a indústria açucareira brasileira continua em expansão. Sua produção no final do milênio chegou a 300.000.000 de toneladas de cana moída/ano em pouco mais de 300 unidades produtoras; 17 milhões de toneladas de açúcar e 13 bilhões de litros de álcool. A procura por diferenciação e produtos com maior valor agregado é constante. Novos sistemas de administração e participação no mercado são rapidamente incorporados. O setor não mais se acomoda à resignação do passado e busca novas alternativas, como a cogeração de energia elétrica.

### 3.2 Evolução da fabricação de álcool

De acordo com MICHELLON et al.(2008), nessa fase inicial foi intensificada a produção de álcool anidro para ser utilizado como aditivo à gasolina, reduzindo a importação de petróleo e, conseqüentemente, diminuindo o déficit no balanço de pagamentos. Importante frisar que a sua implementação se deu devido à crise do açúcar no mercado mundial, surgindo como um programa de energia alternativa.

Para BRAY et al.(2000), esse período se inicia com o surgimento do Proálcool até o denominado “segundo choque do petróleo”. O Proálcool lançado em 1975 permitiu o desenvolvimento do mercado brasileiro, possibilitando ao país alcançar grande escala e competitividade na produção de etanol. Favoreceu ainda a instalação de uma infraestrutura adequada para a comercialização de etanol hidratado puro, paralelamente à comercialização de gasolina misturada ao etanol anidro.

Segundo MICHELLON et al. (2008), em 1979 houve novo conflito no Oriente Médio entre Irã e Iraque, que fez com que o petróleo atingisse preços muito mais elevados, eclodindo o segundo choque do petróleo e marcando a segunda fase do Proálcool. Nesta fase, o Proálcool passou a exercer uma importância mais expressiva e, de certa forma, rompeu com a questão da primeira fase, a qual envolvia a solução dos problemas dos produtores do subsetor 5 devido à crise açucareira, passando a ser um programa efetivamente alternativo quanto à substituição de energia. O governo passou a estimular, além da produção de álcool anidro, a produção de álcool hidratado para ser utilizado no consumo de veículos movidos exclusivamente a álcool e para utilização do combustível nos setores químicos.

De acordo com GOLDEMBERG (2010) apud MENDONÇA (2008), em 1986, com a queda nos preços do barril de petróleo, os efeitos foram sentidos no Brasil a partir de 1988; simultaneamente ao espaço de tempo decorrido, houve a

falta de recursos públicos para subsidiar os programas de estímulo aos combustíveis alternativos, resultando em uma sensível queda no volume de produção de energia. Foram interrompidos pelo governo os financiamentos e subsídios para as novas destilarias do Proálcool e as empresas passaram a operar de acordo com as condições existentes. O Proálcool continuou como um plano de energia alternativa e de substituição à gasolina, mas com perspectivas pouco definidas e problemas institucionais até fins dos anos de 1995. Até a safra de 1993/1994, houve estagnação na produção alcooleira nacional e nas seguintes, obteve-se um pequeno crescimento em relação à safra 1985/1986.

Essa estagnação, conforme BRAY et al.(2000), foram resultados do deslocamento da matéria-prima (cana-de-açúcar) para fabricação de açúcar. A produção de álcool cresceu menos que a sua procura, com as vendas de veículos a álcool, em 1985, alcançando níveis superiores a 95,8% das vendas totais de veículos de ciclo Otto para o mercado interno. A fase de redefinição do Proálcool coincide com a liberação dos mercados de álcool combustível em todas as suas fases de produção, distribuição e revenda, com seus preços sendo determinados pelas condições de oferta e procura. No início do programa, o preço dos combustíveis no Brasil era regulado pelo governo, que tinha a Petrobras como agente principal do setor. Apenas em maio de 1997, os preços do álcool anidro deixaram de ser controlados e em fevereiro de 1999, o mesmo ocorreu que substituíria com desempenho igual o álcool hidratado. 60% de álcool hidratado, 34% de metanol e 6% de gasolina.

De acordo com MICHELLON et al. (2008), com o preço do açúcar reagindo no mercado internacional e o menor incentivo do governo para a produção de álcool, os usineiros foram levados a priorizar a produção de açúcar em detrimento à de álcool.

Segundo BRAY et al.(2000), no início do ano de 1996, o setor passou por uma nova crise financeira, com discussão de uma retomada do Programa Nacional do Álcool, com previsão de terminar os subsídios dados ao setor.

Para MENDONÇA (2008), em 1999 o Proálcool se caracterizava como um programa em crise, sendo que a origem dessa crise advinha da época da sua criação, pois foi instituído com fortes subsídios ao setor produtivo e a diminuição parcial desses subsídios levou à quebra de algumas unidades.

Conforme mencionou MICHELLON et al.(2008), nesta última fase, após ascensão e declínio, quando o Proálcool parecia fadado ao fracasso, o programa ganhou novo fôlego, decorrente, em parte, do novo aumento do preço do petróleo no mercado internacional, da conscientização do Protocolo de Kyoto e do surgimento dos veículos flexfuel. A nova alta no preço do petróleo retomou a discussão da dependência do combustível fóssil, estimulando a busca de fontes alternativas renováveis de energia. Houve também, a maior conscientização sobre o Protocolo de Kyoto, reativando os projetos de substituição de combustíveis fósseis pelos renováveis, os quais são menos poluentes. Em março de 2003, foi lançado no mercado brasileiro o veículo bicombustível, movido tanto a álcool como a gasolina, tecnologia conhecida como *flex fuel*, ou veículo de combustível duplo, que chegou para estimular a demanda doméstica de álcool. Hoje, a opção já é ofertada para quase todos os modelos das indústrias e, os veículos bicombustíveis ultrapassaram pela primeira vez os movidos a gasolina no mercado interno. Em decorrência das elevadas cotações do preço do petróleo no mercado internacional, a indústria tem a expectativa de que essa participação aumente ainda mais. O Brasil presenciou um aumento dos canaviais com o objetivo de ofertar, em elevada escala, o combustível alternativo e renovável. O plantio vem avançando adiante nas tradicionais áreas do interior de São Paulo e do Nordeste, espalhando-se pelos cerrados. A iniciativa privada é quem lidera essa corrida para ampliação de unidades e construção de novas usinas, confiante de que, a partir de agora, o álcool terá cada vez mais importância como combustível no Brasil e no mundo.

### **3.3. Consumo de água pelas usinas de açúcar e álcool no Brasil**

Segundo citou BERMANN (2008), na produção de um litro de etanol gasta-se 13 litros de água, e ainda sobram 12 litros de vinhaça, subproduto extremamente poluente normalmente utilizado na fertirrigação dos canaviais. Houve



uma redução significativa no consumo de água pelas usinas no Centro-Sul do país na última década. Segundo o levantamento, o consumo médio de água em 1990 era de 5,6 metros cúbicos por tonelada de cana-de-açúcar produzida. Sete anos depois, esse consumo médio estava em 5,07 metros cúbicos por tonelada. O dado de 2005 revela que, na média, as usinas captavam 1,8 metros cúbicos de água por tonelada produzida. A usina utiliza uma grande quantidade de água nos processos, principalmente para resfriamento de equipamentos e sistemas, média de 21m<sup>3</sup>/tc aproximadamente. (m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana processada). Nos valores médios de eficiência industrial atual, onde cerca de 85 litros de etanol são produzidos por tonelada de cana processada em uma destilaria anexa, o consumo de água é de 0,92 m<sup>3</sup>/tc. (m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana processada) que corresponderia a 10,8 litros de água por litro de etanol. A redução de consumo de água para processar uma tonelada de cana a partir da reutilização da água em circuitos fechados estabelece muitos pontos de melhoria que se aplicados vão resultar em grande economia de água e de capital.

A seguir está a figura 1 que mostra uma captação de água bruta típica nas usinas de açúcar e álcool no Brasil.



Figura 1- Captação de água típica nas usinas de açúcar  
Foto: FONASARI JUNIOR (2009)

De acordo com SILVA(2015), a otimização do consumo hídrico da usina é essencial para a sustentabilidade do agronegócio sucroalcooleiro. Dessa

forma, empregar sistemas de água fechados fazendo somente a reposição das perdas de processo traz enormes vantagens econômicas para a usina e diminui a captação de água bruta de rios, lençóis freáticos e mananciais. Tecnologias como a limpeza a seco da cana-de-açúcar para a queima da palha nas caldeiras de alta pressão fazem com que o consumo diminua entre 11 a 13%, em relação à lavagem úmida que é bem usual atualmente. A substituição do "spray", sistema de refrigeração por aspersão, pela torre de resfriamento reduziria as perdas de 5 a 8% para 1,5 a 3%, no total do balanço hídrico. Adotando-se o conjunto de medidas propostas pela pesquisa, pode-se adequar a captação da água das usinas à legislação ambiental informática agropecuária, para reduzir ainda mais esses números é necessária o tratamento do reuso da água contida no efluente e a realização de processos como a concentração e a biodigestão da vinhaça. Há três décadas, a captação de água na indústria sucroalcooleira era de 15 a 20 m<sup>3</sup> por tonelada de cana. Uma redução ocorreu devido à legislação ambiental e à implantação do sistema de cobrança pela utilização de recursos hídricos, decorrentes da Constituição Federal de 1988. Um levantamento realizado pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC, 2013), revela que em 1997 a captação de 34 usinas da Coopersucar, que chegou à média de 5 m<sup>3</sup> por tonelada, já em 2012, no estado de São Paulo, o valor foi de 1,26 m<sup>3</sup> por tonelada de cana processada.

Para economizar água é necessário fechar os circuitos, mas são necessários alguns cuidados, segundo TROVATI (2004), o tratamento da água de resfriamento pode ser feito com o emprego de diversas técnicas e métodos, sejam eles químicos, físicos ou uma combinação de ambos. A escolha do melhor método deve se basear na sua eficiência e, evidentemente, no seu custo fixo e operacional. Deve-se, também, considerar a legislação ambiental de controle. Os objetivos do tratamento da água de resfriamento são: Evitar a formação de incrustações, minimizar os processos corrosivos, controlar o desenvolvimento microbiológico. Muitas vezes, a solução completa ou eliminação destes problemas torna-se tecnicamente difícil ou inviável do ponto de vista financeiro. Assim, o tratamento pode ter por objetivo minimizar as consequências do problema, possibilitando a convivência com o mesmo e otimizando a relação custo/ benefício do processo.

Com a evaporação da água no sistema de resfriamento, há a necessidade de reposição da mesma.

### **3.4. A importância do setor sucroenergético para o Brasil**

Segundo MARRA (2008), o setor sucroenergético é um dos mais dinâmicos e promissores da agricultura brasileira, fazendo parte do cenário da agroenergia. O mais importante e atual marco do progresso do setor sucroenergético é a bioeletricidade. A utilização do bagaço e da palha da cana de açúcar na geração de energia abriu uma grande fronteira para o desenvolvimento e o fortalecimento do setor, na medida em que a bioeletricidade passa a ser considerada uma das mais importantes fontes de geração de energia elétrica. A álcoolquímica, que compreende uma importante gama de produtos do etanol (polietileno, cloretos de polivinila e etila, etileno glicol e acetaldeído, entre outros) vem resgatando como um novo fator de desenvolvimento e sustentabilidade do setor sucroenergético. Tendo conhecido momentos de projeção nos anos 1980, a álcoolquímica foi descartada, em virtude dos altos custos relativos os quais, atualmente, foram recontabilizados em favor da retomada dessa atividade. Todos esses fatores apontam para um grande desenvolvimento e fortalecimento do setor nos próximos anos.

A movimentação em produção, exportação, geração de empregos e outros do setor sucroenergético do Brasil em 2008/2009 pode ser visto a seguir conforme a tabela 1.

Tabela 1: Setor sucroenergético do Brasil 2008/2009 (Procana, 2009), adaptado por Carlos Eduardo Freitas Viana.

<b>Movimentou</b>	R\$ 41 bilhões por ano
<b>Representou</b>	3,65% do PIB agrícola
<b>Gerou</b>	4 milhões de empregos
<b>Envolveu</b>	72.000 agricultores
<b>Moeu</b>	420 milhões de toneladas de cana
<b>Produziu</b>	30 milhões de toneladas de açúcar
<b>Produziu</b>	17,5 bilhões de litros de álcool
<b>Exportou</b>	19 milhões de toneladas de açúcar
<b>Exportou</b>	3 milhões de litros de álcool
<b>Recolheu</b>	R\$ 12 bilhões de impostos e taxas
<b>Investiu</b>	R\$ 5 bilhões por ano
<b>Possuía</b>	344 usinas e destilarias

Em comunicado COVAS (2013), informou a Gazeta de Ribeirão que em 2007, governo do Estado de São Paulo, produtores de cana-de-açúcar e usinas assinaram o protocolo agroambiental que, entre outras determinações, prevê que esta seja a última safra com queima de cana nas áreas passíveis de colheita mecanizada. A partir de 2017 a queima estará suspensa em todo o Estado. Além dessa redução, um levantamento mostrou que, em 2012, também ocorreu a diminuição do uso da água destinada à lavagem da cana, de 5 metros cúbicos para 1,26 metro cúbico por tonelada. O objetivo é chegar a um metro cúbico até 2014. Para 2013 e 2014, prevê que a colheita mecanizada chegue a 90%. As demais áreas que ainda fazem a colheita com a queima devem passar para o uso das máquinas até 2017.



Figura 2: Colheita mecanizada da cana de açúcar  
Fonte: VIAN (2009)

De acordo com a pesquisa de RODRIGUES(2010), a partir do reciclo da água é possível reduzir a captação da água bruta para menos de 1 metro cúbico por tonelada de cana-de-açúcar. Entre os importantes resultados está a constatação de que a água retirada da própria cana pode ser reutilizada com segurança. “Quando se produz açúcar e etanol, ocorre a evaporação, e a água sai bastante limpa. Normalmente, ela é facilmente reciclada, por exemplo, na operação de embebição, que é feita logo no começo, e na preparação do leite de cal (tratamento feito no caldo que prepara leite de cal para tratar o caldo)”. De acordo com estudos, ao carregar a cana para a usina o caminhão já está carregando muita água, que, se fosse reutilizada, evitaria a necessidade da captação de recursos de outras fontes.

A figura 3 a seguir mostra que mais de 70% do peso da cana que entra na usina é composto por água.

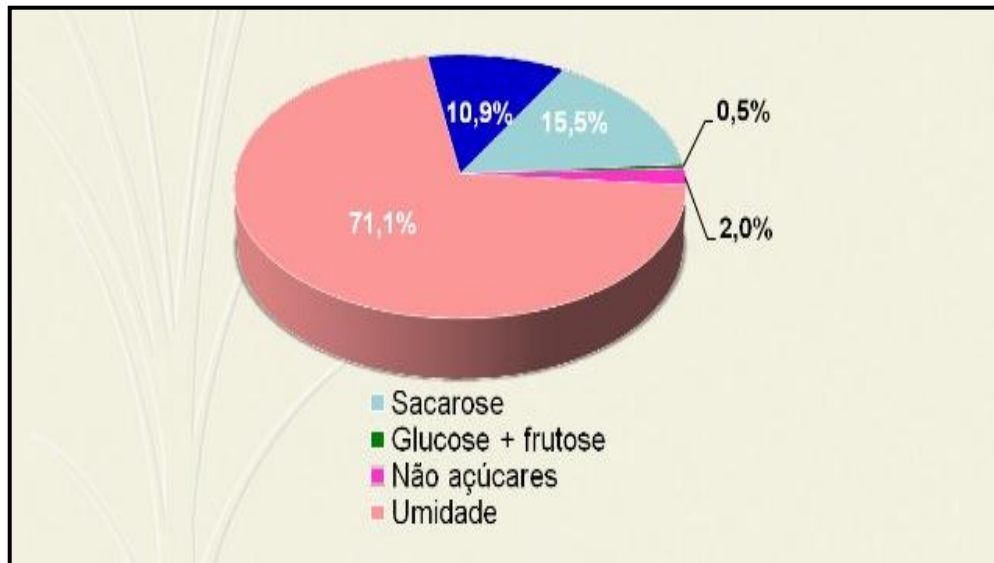


Figura 3: composição tecnológica dos colmos da cana de açúcar

Fonte: FERNANDES(2003)

Em outubro de 2009 foi lançado o Manual de conservação e reuso da água para o setor industrial, assinado pela Agência Nacional de Águas (ANA), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA) e Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), busca oferecer aos empreendedores um conjunto objetivo de informações sobre a utilização racional e produtiva dos recursos hídricos nos processos industriais de produção do setor. O objetivo desta publicação é contribuir para consolidar uma cultura de uso racional e reuso da água, um recurso finito, a cada dia mais escasso e, portanto, mais exigente para sua utilização por uma indústria moderna e sustentável. A tabela abaixo mostra os pontos de maior consumo de água.

Tabela 2- Distribuição média dos usos pontuais de água na indústria sucroalcooleira.  
Fonte: Agencia Nacional de águas (ANA2009).

Usos médios da água em unidades produtoras de açúcar e etanol					
Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso médio		
			[m³/t cana]	[%]	
Alimentação, preparo e extração (moendas e difusores)	Lavagem de cana	2,200 m³/t cana total	2,200	9,9	
	Embebição	0,250 m³/t cana total	0,250	1,1	
	Resfriamento de mancais	0,035 m³/t cana total	0,035	0,2	
	Resfriamento óleo	0,130 m³/t cana total	0,130	0,6	
<b>Subtotal</b>			<b>2,615</b>	<b>11,8</b>	
Tratamento de caldo	Resfriamento coluna sulfitação <sup>(*)</sup>	0,100 m³/t cana açúcar	0,050	0,2	
	Preparo de leite de cal	0,030 m³/t cana total	0,030	0,1	
	Preparo de polímero <sup>(*)</sup>	0,015 m³/t cana açúcar	0,008	0,0	
	Aquecimento do caldo	p/açúcar <sup>(*)</sup>	160 kg <sub>vapor</sub> /t cana açúcar	0,080	0,4
		p/etanol <sup>(*)</sup> e <sup>(*)</sup>	50 kg <sub>vapor</sub> /t cana etanol	0,025	0,1
	Lavagem da torta	0,030 m³/t cana total	0,030	0,1	
Condensadores dos filtros	0,300 a 0,350 m³/t cana total	0,350	1,6		
<b>Subtotal</b>			<b>0,573</b>	<b>2,6</b>	
Usos médios da água em unidades produtoras de açúcar e etanol (continuação)					
Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso médio		
			[m³/t cana]	[%]	
Fábrica de açúcar <sup>(*)</sup>	Vapor para evaporação	0,414 t/t cana açúcar	0,207	0,9	
	Condensadores/multijatos evaporação	4 a 5 m³/t cana açúcar	2,250	10,2	
	Vapor para cozimento	0,170 t/t cana açúcar	0,085	0,4	
	Condensadores/multijatos cozedores	8 a 15 m³/t cana açúcar	5,750	26,0	
	Diluição de méis e magas	0,050 m³/t cana açúcar	0,030	0,1	
	Retardamento do cozimento	0,020 m³/t cana açúcar	0,010	0,0	
	Lavagem de açúcar (1/3 água e 2/3 vapor)	0,030 m³/t cana açúcar	0,015	0,1	
	Retentor de pó de açúcar	0,040 m³/t cana açúcar	0,020	0,1	
<b>Subtotal</b>			<b>8,367</b>	<b>37,8</b>	
Fermentação <sup>(*)</sup>	Preparo do mosto	0 a 10 m³/m³ <sub>etanol residual</sub>	0,100	0,5	
	Resfriamento do Caldo	30 m³/m³ <sub>etanol</sub>	1,250	5,6	
	Preparo do pé-de-cuba	0,010 m³/m³ <sub>etanol</sub>	0,001	0,0	
	Lavagem gases CO2 fermentação	1,5 a 3,6 m³/m³ <sub>etanol</sub>	0,015	0,1	
	Resfriamento de dornas	60 a 80 m³/m³ <sub>etanol</sub>	3,000	13,6	
<b>Subtotal</b>			<b>4,366</b>	<b>19,7</b>	
Destilaria <sup>(*)</sup>	Aquecimento (vapor)	3,5 a 5 kg/m³ <sub>etanol</sub>	0,360	1,6	
	Resfriamento dos condensadores	80 a 120 m³/m³ <sub>etanol</sub>	3,500	15,8	
<b>Subtotal</b>			<b>3,860</b>	<b>17,4</b>	
Geração de Energia	Produção de vapor direto	400 a 600 kg/t cana total	0,500	2,3	
	Dessuperaquecimento	0,030 L/kg vapor	0,015	0,1	
	Lavagem de gases da caldeira	2,0 m³/t vapor	1,000	4,5	
	Limpeza dos cinzeiros	0,500 m³/t vapor	0,250	1,1	
	Resfriamento óleo e ar dos turbogeradores	15 L/kW	0,500	2,3	
	Água torres de condensação <sup>(*)</sup>	38 m³/t vapor	6,0 <sup>(*)</sup>	27,1	
<b>Subtotal</b>			<b>2,265</b>	<b>10,2</b>	
Outros	Limpeza pisos e equipamentos	0,050 m³/t cana total	0,050	0,2	
	Uso potável	70 L/funcionário.dia	0,030	0,1	
<b>Subtotal</b>			<b>0,080</b>	<b>0,4</b>	
<b>Total</b>			<b>22,126</b>	<b>100</b>	
Obs. <sup>(*)</sup> itens que não participam do processo do etanol;					
<sup>(*)</sup> os que não participam do processo de açúcar;					
<sup>(*)</sup> os que participam apenas no caso de produção de energia excedente não sendo computado nas somas;					
<sup>(*)</sup> recuperando-se o calor do caldo para mosto.					



#### 4. GESTÃO DE REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

Em uma Usina de Açúcar e Alcool existem vários setores onde muita água pode ser reaproveitada após o tratamento, como por exemplo: A água dos lavadores de gases das caldeiras que utilizam bagaço de cana como fonte de energia.

Outros exemplos de possíveis reutilizações da água após tratamento estão citados a seguir:

A figura 4 mostra alguns sistemas em que a água está presente na usina como lavagem de cana, torres de resfriamento, sistema de água de refrigeração e caldeiras.



Figura 4- Equipamentos com maior consumo de água nas usinas de açúcar e álcool  
Fonte: Mesa alimentadora, ISAIAS CUNHA (2015); Resfriamento por aspersão  
Spray Pond: REPLASS(2014); Caldeira: UTE SantaCândida (2012);Torres de  
resfriamento: CF ENGENHARIA(2015).

Adaptado por: Altamiro Antonio Sarchesi(2015)



#### 4.1. Onde podemos economizar água?

A seguir está colocada a figura 5 que mostra através de um fluxograma o destino e recuperação de água numa Usina de Açúcar e Álcool.

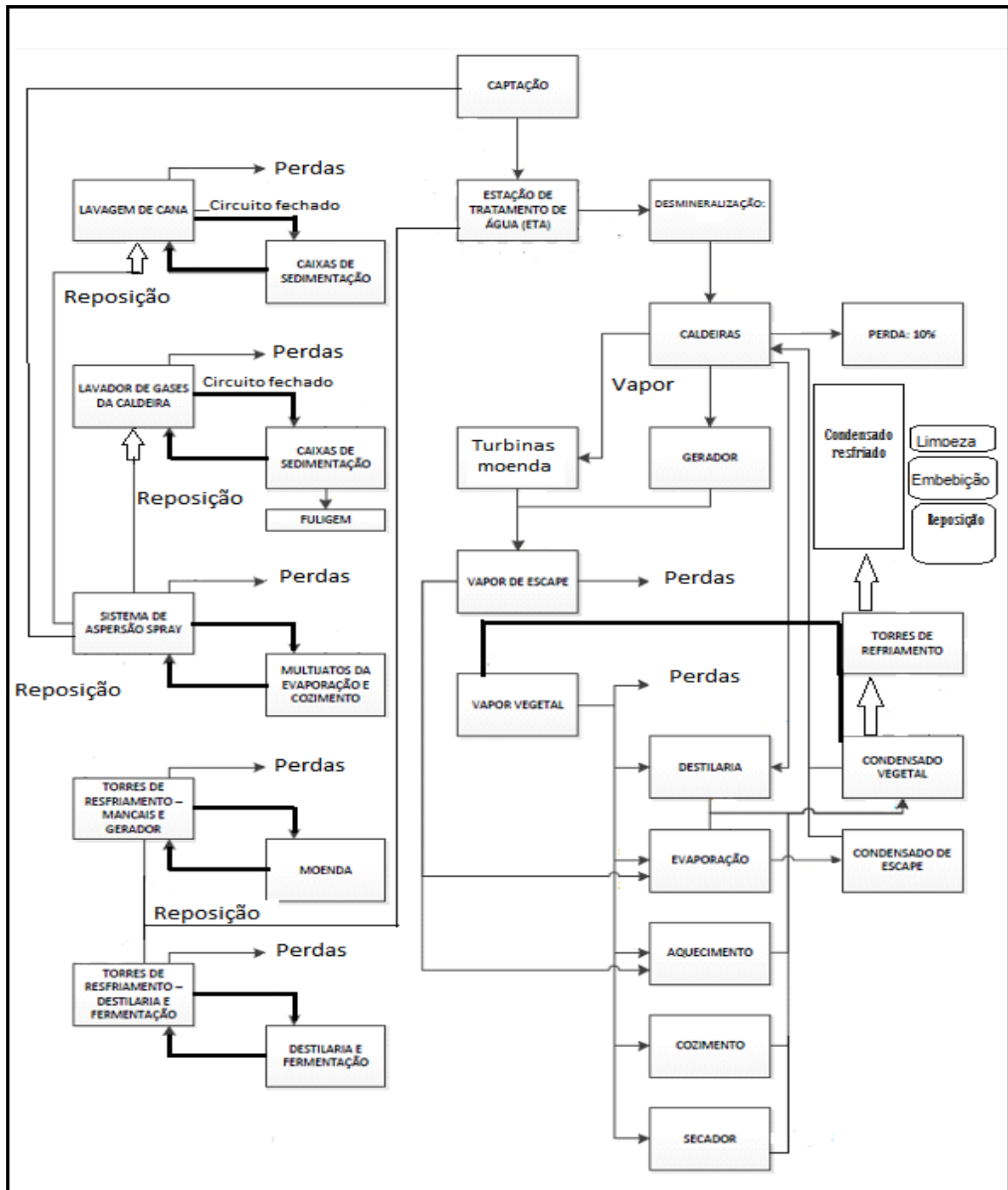


Figura 5: Fluxograma do circuito fechado do uso de água na Usina de Açúcar e Álcool. Fonte: PASCOLAT (2015); Adaptação: Altamiro Antonio Sarchesi (2015)

O fluxograma evidencia a complexidade do uso da água na Usina, desde o tratamento da água bruta na ETA (estação de tratamento de água), água de lavagem de cana, torres de resfriamento, água de moagem da cana, sistema de desmineralização da água para as caldeiras, geração de vapor e reuso de condensados, sistema de refrigeração na destilaria, água de lavadores de gases / fuligem das caldeiras, entre outros.

O Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria Sucroenergética do Ministério da Agricultura do Brasil, descreve setores da Usina de Açúcar e Alcool onde se pode otimizar o consumo de água conforme descrito a seguir:

#### **4.1.1. Moenda**

##### **a) Lavagem de cana: média de 2,2 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

A lavagem da cana é uma das etapas da produção que consome muita água. Há duas maneiras de reduzir o consumo da água neste caso: uma é adotar o circuito fechado, a outra é, simplesmente, parar de lavar a cana.

Com a eliminação gradativa da queima da cana na colheita houve um avanço das usinas na proteção ao meio ambiente.

A cana crua, obtida com a mecanização da colheita, não pode ser lavada porque há muita perda de açúcar no processo. Por isso, as usinas que já adotam a colheita da cana crua contribuem para a redução no uso de água na produção.

Atualmente nessas usinas é usada água apenas na limpeza das esteiras e parte inferior das mesas alimentadoras de cana em circuito fechado seja ela independente ou junto com limpeza da cinza dos lavadores de gases das caldeiras.

Para economizar podemos utilizar água descartada do spray de resfriamento das colunas barométricas, condensados contaminados, água bruta de captação etc.

O tratamento da água de lavagem de cana na usina basicamente consiste em:

- Correção do pH com leite de cal (manter o pH entre 8 e 10);
- Separação da areia, lama em lagoa de sedimentação ou decantador;
- Filtragem de bagaço ou outro material flutuante através de telas;
- Quando essa água fica muito concentrada de açúcar ou de sólidos em suspensão, então é descartada para águas residuais que comumente se mistura com a vinhaça para fertirrigação.

Com essas medidas facilmente consegue diminuir para um consumo muito pequeno se comparado com alguns anos atrás.

**b) Embebição das moendas: média de 0,25 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

Essa água pode perfeitamente ser de reuso sem necessidade de usar água da captação de rios, represas, poços e de outros mananciais.

Para economizar podemos utilizar água de condensado que não é utilizado nas caldeiras (condensados contaminados por arraste no vapor vegetal). Onde existe filtro prensa, pode ser usado à água de limpeza das telas, isso por conta da quantidade disponível e pela temperatura em torno dos 70°.

O tratamento e controle da qualidade dessa água de embebição da moenda basicamente consistem em:

- Filtragem de bagacilho e outras impurezas.
- Análises de brix e leitura sacarimétrica.
- Controle da temperatura e pH;

**c) Resfriamento de Mancais, óleo das turbinas da moenda e dos turbogeradores média de 3 m<sup>3</sup>/t de cana, no caso de usar turbina de condensação esse valor sobe para 27 m<sup>3</sup>/t de cana. (Manual ANA, 2009)**

Os equipamentos que necessitam de resfriamento, seja do óleo como as turbinas, ou seja, dos mancais como os casquilhos de bronze da moenda ou a condensação do vapor de escape na geração de energia, podem usar as torres de resfriamento em circuito fechado que diminui drasticamente o consumo de água, porém deve-se ter os devidos cuidados com o tratamento e controle da qualidade da água.

Conforme adverte TROVATI(2004), com a evaporação da água no sistema de resfriamento, há a necessidade de reposição da mesma; além disso, a evaporação causa aumento na concentração de sais dissolvidos e, por isso, deve-se proceder com um regime adequado de descargas a fim de evitar uma concentração excessiva dos mesmos. Ao entrarem em contato com o fluxo de ar, pequenas gotículas de água são arrastadas pelo mesmo e também causam perda de água do sistema. Finalmente, existem outras perdas indeterminadas de líquido, tais como vazamentos, outros usos, etc.

#### **4.1.2. Caldeiras**

**a) Produção de vapor consumo médio de água 0,50 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

O bagaço de cana de açúcar deu impulso à cogeração de energia.

Para fazer o melhor uso destes combustíveis na geração de eletricidade, o setor sucroalcooleiro passou a utilizar caldeiras de alta pressão (acima de 55 bar) gerando vapor para as turbinas e o vapor remanescente é utilizado nos processos industriais como agente de aquecimento, ou transportador de calor.

A água pode ser captada em rios, poços, lagos, e até do oceano. Para caldeiras de alta pressão (acima de 45 bar) são recomendados sistemas de desmineralização de água, seja por resinas ou por membranas. A decisão pode variar de indústria para indústria, mas depende decisivamente da qualidade da água captada e tratada.

As caldeiras de alta pressão requerem água de melhor qualidade para a geração de vapor com o objetivo de preservação dos equipamentos que estão inseridos no sistema de “Utilidades”.

Sistema de “Utilidades” é o setor da indústria onde estão: sistema de captação de água, tratamento primário e secundário da água, recuperação e tratamento de condensado, torres de resfriamento, caldeiras, turbo geradores e o sistema de ar comprimido.

Nas caldeiras de baixa pressão (abaixo de 21 bar) usa-se sistema de abrandamento de água no início e com o processo de fabricação do açúcar e etanol funcionando usa-se os condensados de escape ou v1 com análise de naftol negativo (isento de sacarose).

Nas caldeiras de alta pressão (acima de 45 bar) usa-se sistema de desmineralização de água através de troca iônica ou osmose reversa no início e com o processo de fabricação do açúcar e etanol funcionando usa-se os condensados de escape.

#### **b) Sistemas de Água de Lavagem de Gases da Caldeira consumo médio de água 2,5 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA 2009)**

Assim como na lavagem de cana, podemos estar utilizando águas excedentes de outras áreas da usina como exemplo:

- Para reposição pode ser usado água descartada do spray de resfriamento das colunas barométricas, condensados contaminados, água bruta de captação, (com controle maior pode-se usar flegmassa e onde tem concentrador de vinhaça, usar a água condensada da vinhaça).

O tratamento da água de lavagem de gases da caldeira basicamente consiste em:

- Controle do pH com adição de leite de cal ou soda caustica;
- Controle da temperatura;
- Adição de polímero para decantar a cinza no fundo do decantador e facilitar sua retirada.

### **c) ETA (estação de tratamento de água)**

Praticamente a maioria da água captada passa pela ETA, seja para produção de água filtrada, abrandada ou demineralizada posteriormente.

Há também o inconveniente de retrolavagens de filtros, de resinas com uso de ácidos, soda cáustica e outros produtos químicos, gerando resíduos sólidos e efluentes.

A ETA é muito importante, pois vários estágios do processo utilizam água filtrada ou até desmineralizada isso sem falar na caldeira. A água bruta contém compostos químicos e alguns microrganismos que além de serem nocivos à saúde humana, podem interferir na eficiência de máquinas e equipamentos que entram em contato com a água. Um exemplo é o parâmetro de dureza da água, que mede a concentração de íons cálcio e magnésio, é crucial na operação de geração de vapor pelas caldeiras, pois os sais presentes na água incrustam-se na tubulação e paredes da caldeira, diminuindo sua eficiência térmica podendo, inclusive, inutilizar o equipamento (ANA, 2009).

Para aperfeiçoar os trabalhos visando economizar recursos sejam a própria água, produtos químicos, resinas etc. é necessário trabalhar com análises confiáveis, otimização de produtos químicos usados na ETA, automação condizente com a instalação e mão de obra qualificada.

#### **4.1.3. Tratamento de caldo e fabrica de açúcar**

**a) Preparo de Leite de cal / polímero, consumo médio de água de 0,45 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

Podem ser usados condensados e água filtrada na ETA

**b) Condensadores dos filtros e lavagem da torta, consumo médio de água de 0,3 a 0,4 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

Podem ser usados condensados e água do spray.

**c) Condensadores / multijatos evaporação e cozedores consumo médio de 12 a 20 m<sup>3</sup>/t de cana. (ANA, 2009)**

Neste caso podem ser usados dois sistemas:

Sistema por aspersão (*spray*) que tem perdas consideráveis seja por evaporação ou arraste pelo vento;

Torres de resfriamento que tem maiores eficiências e economia de água, más muitas usinas ainda não possuem por questão do custo.

#### **4.1.4. Fermentação**

Na fermentação o maior consumo de água é o resfriamento de caldo 5,6 m<sup>3</sup>/t de cana e no resfriamento das dornas 13,6 m<sup>3</sup>/t de cana é feito em circuito fechado o que diminui muito o consumo, ficando apenas a lavagem de CO<sub>2</sub>, preparo do mosto e preparo do pé de cuba que consomem em média 0,6 m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana.(ANA, 2009)

#### **4.1.5. Destilaria**

Na destilaria o maior consumo de água é o resfriamento dos condensadores 15,8 m<sup>3</sup>/t de cana que é feito em circuito fechado. (ANA, 2009)

A água fria é utilizada para remoção do calor latente dos vapores alcoólicos das colunas de destilação e retificação em equipamentos do tipo casco e tubos, recebendo as entradas de água fria. Além disso, é utilizada para diminuir a temperatura do álcool ao sair da coluna de retificação. As taxas de água de resfriamento utilizadas variam de 50 a 70 litros de água por litro de etanol, no caso

de produção do etanol hidratado, e de 80 a 100 litros para o caso do etanol anidro (Manual ANA, 2009).

A água de saída dos trocadores de calor apresenta temperaturas na faixa entre 45 e 50°C, conforme o manual da ANA e precisam ser resfriadas para posterior reuso. Por se tratar de água destinada a resfriamento, o principal item de interesse na caracterização é a sua temperatura, que deve ser fria o suficiente para promover a troca térmica dos trocadores de calor.

No aquecimento das colunas de destilação é consumido em média 1,6 m<sup>3</sup>/t de cana. Se for por borbotagem acaba incorporando esse condensado à vinhaça aumentando o volume que já é grande, se for utilizado o trocador de calor K1 (aquecedor indireto da coluna A), pode ser aproveitado esse condensado para limpeza de pisos, assepsia de trocadores de calor, etc. (ANA, 2009).

#### **4.1.6. Controle e manejo da vinhaça**

A vinhaça, também conhecida como vinhoto ou restilo, é um subproduto do processo de fabricação do etanol, de grande importância, não apenas devido à quantidade produzida (aproximadamente 12 litros para cada litro de etanol processado), mas principalmente em razão de seu poder poluidor.

Segundo BERMAMM (2014), caso a vinhaça seja despejada em cursos d'água, estes se tornam impróprios para a utilização humana e provoca a morte de fauna e flora aquática devido às elevadas taxas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Por exemplo, a vinhaça, em conjunto com as águas residuárias apresentam um grande volume (10,85 / litro de álcool) e carga orgânica com 175 g DBO<sub>5</sub> / litro de álcool. A vinhaça é aplicada na lavoura de cana conjuntamente com as águas residuárias (lavagem de pisos, purgas de circuitos fechados, sobra de condensados), promovendo a fertirrigação (aplicação de fertilizantes através da água de irrigação) com aproveitamento dos nutrientes.



A partir do ano de 1978, a Portaria Ministerial nº 323, de 29 de novembro, proibiu o lançamento direto ou indireto da vinhaça em corpos d'água de qualquer natureza. Desde então, iniciou-se a aplicação da vinhaça como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar, prática realizada até os dias de hoje. Atualmente, a vinhaça é integralmente utilizada na fertirrigação. O percentual da área atingida pela fertirrigação é muito variável, sendo que algumas usinas aplicam em até 70% da área de cultivo e outras apresentam valores bem menores. Mas, de maneira geral, a cada safra esse valor tem aumentado, pois as usinas têm buscado a utilização mais racional visando maior produtividade agrícola e redução no uso de fertilizantes químicos.

#### **4.1.7. Concentração da vinhaça**

Segundo CARVALHO et al. (2010) apudBIASE (2007), os primeiros registros sobre evaporadores de vinhaça datam de 1954, quando a empresa austríaca Vogelbusch instalou um sistema concentrador que se utilizava de evaporadores inclinados tipo termo-sifão. Pouco tempo depois, a mesma empresa desenvolveu o evaporador falling film, ou película fina que se utiliza do princípio de evaporação de filme descendente, (No Brasil, as duas primeiras instalações para se concentrar a vinhaça foram instaladas em 1978. Uma delas foi instalada na Usina Tiúma em Pernambuco e foi projetada por uma empresa nacional chamada Borag, sendo integrada à destilaria de álcool da usina. A instalação teve muitos problemas de incrustações e as paradas para limpeza dificultavam a operação da destilaria. Atualmente, tanto o sistema de concentração quanto à usina estão desativados. A outra unidade foi instalada na Usina Santa Elisa em São Paulo e foi fabricada pela empresa brasileira Conger sob licença da Vogelbusch. A unidade ficou parada em função do alto consumo de energia, mas em 1999 com a implantação do sistema de cogeração de energia elétrica na usina, a unidade passou a funcionar continuamente, produzindo cerca de 3 m<sup>3</sup>/h de vinhaça concentrada. O sistema permitiu que a usina reduzisse o custo de transporte da vinhaça para as regiões mais afastadas e pudesse ter a flexibilidade de dosar a concentração de cada aplicação de vinhaça conforme as características do solo.

Conforme CARVALHO et al. (2010) apud BARBOSA (2006), para a aplicação da vinhaça concentrada ao solo, foi desenvolvido um caminhão tanque com bomba de pressurização e barra aplicadora de sete metros de largura que possibilitou a dosagem em cerca de 5.000 ha. Em 1984, a Destilaria Santa Izabel, em Novo Horizonte, São Paulo, instalou um conjunto de evaporação de vinhaça que permitia uma redução de até cinquenta por cento do volume total de vinhaça produzido, que era distribuído por caminhões como fertirrigação na lavoura. Atualmente, a empresa brasileira Dedini é detentora da licença da Vogelbusch para fabricação dos evaporadores de vinhaça e em consórcio com as empresas Siemens e Chemtech comercializou uma planta completa de destilação de álcool integrada com evaporadores de vinhaça para a empresa petrolífera da Venezuela PDVSA. A unidade tem capacidade de produção de 8,5 milhões de litros de álcool por ano.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Como as usinas podem economizar água?**

O Jornal da Cana publicou três estudos de casos com exemplos bem sucedidos de usinas que conseguiram reduzir o consumo de água:

#### **5.1.1. Case I: Usinas Itamarati**

De acordo com MORENO (2014), a Usina Itamarati reduziu 42% do consumo de água. “Para economizar água, a empresa deve eliminar as perdas, substituir a água nobre por uma utilizada, trocar águas de lavagem das dornas e CO<sub>2</sub> por águas fervidas (reutilizada) e não gastar água sem necessidade”, disse o especialista Caetano Grossi da Usina Itamarati. Em 2006, a Usinas Itamarati implantou o Sistema de Gestão Ambiental e de lá para cá diversas melhorias foram implementadas. Uma delas foi o monitoramento da qualidade da água realizado de hora em hora com o objetivo de estabelecer metas de redução de consumo. O trabalho deu tanto resultado que em apenas quatro safras, a empresa conseguiu reduzir 42% do consumo de água. “O consumo da água para moagem de cana idealizada pelo setor é de 1m<sup>3</sup>/tonelada de cana. Em agosto de 2013, a empresa consumia 1,19 m<sup>3</sup>/tonelada. A meta de 1 para 1 demanda investimentos em melhorias de processo, mas acredito que em três safras conseguiremos esse número”, afirma Caetano Grossi, gerente do sistema de gestão ambiental da Usinas Itamarati. “Para economizar água, a empresa deve eliminar as perdas, substituir a água nobre por uma utilizada, trocar águas de lavagem das dornas e CO<sub>2</sub> por águas fervidas (reutilizada) e não gastar água sem necessidade. Além disso, toda a água utilizada no processo industrial opera em circuito fechado já há mais de 10 anos. Desta forma, ocorre uma redução da quantidade captada, gerando um volume menor de resíduos líquidos. A economia também se faz a partir do aprimoramento dos processos industriais, o que gera maior eficiência e redução da captação. Dentro do processo industrial é preciso reutilizar a água, reciclando-a, usando uma água menos nobre em tarefas. E tudo isso passa pela educação dentro da indústria, como evitar lavar pisos, por exemplo,” diz. Ele explica que o processo de colheita

crua ajudou a empresa a economizar água. “No processo de colheita de cana crua não se lava mais a matéria-prima, pois ela já vai direto para a fábrica. Por isso, a redução de impurezas no momento da colheita, se faz necessária”. Além disso, a empresa também realiza palestras, treinamentos, diálogo diário de segurança (DDS) onde são levantados assuntos sobre o meio ambiente. Há ainda treinamentos com líderes ambientais, pessoas responsáveis pela gestão ambiental de cada gerência. Os auditores internos também auxiliam no processo de redução de água. “Em julho, a empresa formou mais 11 pessoas, totalizando 39 auditores”, enfatiza.

A figura 6 a seguir mostra uma amostra de água sendo retirada para análise e monitoramento da qualidade da água de reuso na Usina Itamarati.



Figura 6: Usina Itamarati, amostragem de água.

Fonte: MORENO(2014).

### 5.1.2. Case II: Usina Guaíra

Segundo MORENO (2014), do Jornal Cana descreveu que em tempos de estiagem e controle do uso da água, diversas empresas do setor vêm desenvolvendo trabalhos que possibilitam ações para garantir uso racional da água. Uma delas é a Usina Guaíra, uma das pioneiras no uso de limpeza de cana a seco no setor, desde 2002, está à frente de diversas ações sustentáveis em torno do tema. “Gerenciar a água de maneira eficaz pode garantir nossa permanência neste

planeta”, avalia Anderson Malerba, engenheiro ambiental da Guaíra. Hoje a empresa trabalha com uma captação de água de 150 m<sup>3</sup>/h do Ribeirão do Rosário. “O objetivo para esta safra é utilizar em torno de 0,38 m<sup>3</sup>/tonelada de cana processada, reduzindo a quantidade captada. Antes de 2007, período que antecedeu a instalação do circuito fechado VLC (Sistema de Recuperação de água dos lavadores de Gases caldeiras e Moendas), a captação de água era de aproximadamente 400 m<sup>3</sup>/h. Hoje temos outorgados 450 m<sup>3</sup>/h de captação superficial, sendo 170m<sup>3</sup> do Ribeirão do Rosário e 280 m<sup>3</sup> do Ribeirão do Jardim. Atualmente captamos somente do Ribeirão do Rosário devido as condições climáticas e também porque o Ribeirão do Jardim abastece o município de Guaíra. Assim, estamos há mais de três meses sem captar neste local”, revela. Outra medida que Malerba destaca é o trabalho de coleta seletiva realizada diariamente há mais de 10 anos para evitar contaminação do solo e dos cursos d’água. Anualmente, a empresa recolhe 12,45 toneladas de material reciclável com descarte ambientalmente correto, já que há uma equipe que segrega e outra que classifica os resíduos. “É preciso buscar por tecnologias que aproveitem o máximo possível o recurso hídrico nas indústrias, que reduziram o consumo e captação”, lembra. A empresa também criou a Comissão Interna de Prevenção a Poluição Ambiental da Empresa (CIPAE) em 2009; reutiliza a água nos processos de produção e também realiza o monitoramento interno da qualidade das águas há mais de 15 anos, onde investe mais de R\$ 30 mil/ano na preservação dos recursos hídricos. Em 2012, implantou sua segunda Estação de tratamento de efluentes na Fazenda Rosário, com um investimento de mais de R\$ 270 mil na sua implantação e R\$ 15,99 mil anual em produtos para o tratamento e reutiliza a água na lavagem de toda a frota da empresa e de pátio. O próximo projeto para este ano é disponibilizar a água tratada para os demais pontos de lavagem da empresa. “Todos os produtos utilizados nos lavadores são biodegradáveis, e pensando na eficiência e economia destes produtos, a empresa investiu R\$ 6 mil na aquisição dos *Multsprays*, reservatórios que permitem a mistura dos produtos biodegradáveis com água para uso racional na lavagem. Em 2009, implantou uma Estação de tratamento de efluentes no ponto de abastecimento. A empresa conserva as áreas de preservação permanente (APP) e de reflorestamento e já possui 100% de suas áreas

recuperadas desde 2011/1, com o plantio de mais de 400 mil mudas e investimentos que já ultrapassaram os R\$ 2,8 milhões. Também investe em programas de educação ambiental com o público interno e a comunidade”, observa Moreno (2014).

A figura 7 abaixo mostra a coleta de amostra de água sendo retirada para análise e monitoramento da qualidade da água de reuso da Usina Guaíra.



Figura 7: Usina Guaíra, amostragem de água.

Fonte: MORENO (2014).

### **5.1.3. Case III: Grupo Cerradinho (atual Nobleagri)**

De acordo com MORENO (2009), a mais nova unidade do grupo, em Potirendaba SP, instalou um equipamento revolucionário para o tratamento e concentração de vinhaça, cujos resultados positivos foram a queda de custos de aplicação do biofertilizante no campo e o reaproveitamento do condensado oriundo do concentrador no processo industrial. Com baixo consumo energético, o evaporador de concentração produz múltiplos efeitos e reduz em até 10 vezes o volume da vinhaça, além de possibilitar o reaproveitamento do vapor de baixa pressão (V1). A unidade obtém 52,12 litros de álcool por tonelada de cana. Na cogeração de energia, os números do balanço energético são de 490 Kg por tonelada de vapor. A receita obtida com a venda de energia elétrica é de aproximadamente R\$ 28,4 milhões.

A seguir a figura 8 mostra o concentrador de vinhaça Ecovin JL instalado no Grupo Nobleagri unidade de Potirendaba SP.



Figura 8: UsinaNobleagri Potirendaba,Concentrador Ecovin JL.  
Fonte:Citrotec (2009)

#### **5.1.4. Comentário geral dos estudos de casos apresentados**

Como podemos ver, existem muitas possibilidades e tecnologias para alcançar a sustentabilidade do setor, esses três estudos apresentados são exemplos reais que nos mostram que é possível mudar nossa forma de produzir e mesmo assim continuar a ser competitivo.

As empresas esperam que os governos auxiliem de alguma forma, porém não podemos esperar muito, principalmente no momento atual em que a economia mundial atravessa uma crise e somente aqueles que tiverem criatividade e forem inovadores, conseguirão atingir seus objetivos.

A troca de informações e conhecimentos é fundamental para o crescimento do setor sucroenergético, não podemos esquecer que as parcerias entre empresas e universidades, centros de ensino, entre outros é a chave para o progresso.

#### **5.1.5. Proposta de um sistema de reuso de água em uma usina.**

Em uma Usina de Açúcar e Álcool existem vários setores onde muita água pode ser reaproveitada após o tratamento, como por exemplo, a água dos lavadores de gases das caldeiras que utilizam bagaço de cana como fonte de energia.

Outros exemplos de possíveis reutilizações da água após tratamento estão citados a seguir:

- Água descartada do sistema de refrigeração por aspersão (*spray*)

Muitas usinas fazem a renovação dessa água para evitar a concentração principalmente de sacarose (arraste dos multijatos), por ter boa concentração de cal e pH alto pode auxiliar no decantador de cinza da caldeira;

- Água de condensados

Não podem ser usados nas caldeiras por conter contaminantes como: sacarose, naftol etc. No entanto, após resfriamento esta água também pode ser utilizada no sistema de refrigeração e nos lavadores de gases;

- Usinas que utilizam filtro prensa na separação da torta do lodo dos decantadores de caldo

Normalmente tem sobra de água da limpeza das telas desses filtros que normalmente são aproveitadas na embebição das moendas, mas podem também completar a reposição nos lavadores de gases das caldeiras.



- Lavagem da cana

Algumas usinas que não lavam mais a cana fazem um circuito fechado entre o decantador de cinzas da caldeira a esteira metálica e limpeza nas canaletas abaixo das mesas alimentadoras da moenda. Com esse sistema é reduzido drasticamente o consumo da água que era usado na lavagem de cana.

A figura 9 mostra uma possibilidade de reuso de água no decantador da caldeira, que pode substituir reposição com água bruta por água do filtro prensa, a água de descarte do sistema de refrigeração por *spray*, a água de condensados, e água da esteira / mesa alimentadora da moenda.

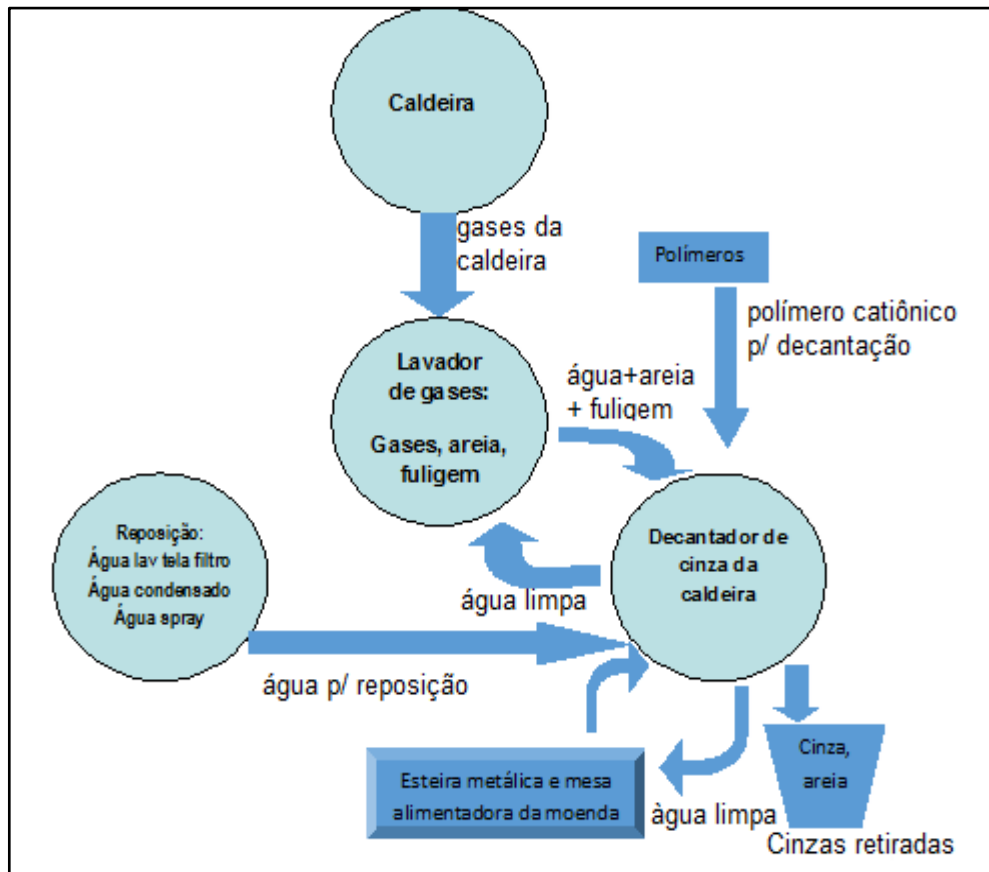


Figura 9: Reuso de água no decantador da caldeira.

Fonte: SARCHESI (2015).

O processo de tratamento da água do lavador de gases da caldeira que funciona em circuito fechado é físico-químico, com dosagem de solução de polímero catiônico e decantação em decantador vertical do tipo convencional.

Para facilitar a separação das impurezas da água dos lavadores de gases no decantador é necessário dosar polímero constantemente. Um tanque com agitador movido por motor elétrico é instalado sobre o decantador, onde é feita a mistura do polímero, depois é dosado na entrada de água que vem dos lavadores de gases da caldeira.

Existem vários tipos de polímero e para conseguir o melhor custo benefício é importante boas parcerias com empresas especializadas que em conjunto com o pessoal da usina farão os testes e acharão a melhor dosagem do produto. A dosagem é vital para a perfeita decantação, pois se estiver acima ou abaixo do necessário não trará o resultado esperado.

### **Características e diferenças entre os polímeros:**

De acordo com a TOUS QUÍMICA (2015) há diferentes tipos de polímeros:

- Polímeros catiônicos e aniônicos são polímeros flocculantes com diversos pesos moleculares e diferentes densidades de carga, que apresentam alta eficiência na separação sólido-líquido em diversas condições. Estes polímeros são comumente utilizados nos processos de separação sólido-líquido nos sistemas de flotação, filtração, decantação e desidratação mecânica.

- Polímeros não iônicos são polímeros flocculantes sem carga que apresentam alta densidade. Este polímero é utilizado principalmente em processos de separação sólido-líquido nos sistemas de decantação e flotação em estações de tratamento.

De acordo com a empresa PUREWATER (2015), a maioria dos polímeros usados para tratar efluentes atua em sistemas de partículas coloidais neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação. O polímero não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0.

A empresa ENGCLARIAN (2015), cita que existem polímeros com propriedades coagulantes usados na indústria para clarificação de águas, que apresentam caráter catiônico, por isso, seu uso é indicado para processos em que o pH seja ácido. Promove a decantação de partículas muito finas ou colóides, que contenham sólidos inorgânicos dissolvidos, melhorando desta forma a qualidade da água e deixando o lodo mais compacto e fácil de ser removido.

### **Tipos de lavadores de gases e decantadores de caldeiras**

De acordo com MARTINS (2014), os sistemas de limpeza de fuligem das caldeiras seguem duas rotas principais: via seca e via úmida. Para a limpeza de cinzeiros é comum a utilização da via úmida, onde a água é o veículo de transporte dos sólidos. Quando a operação é feita em circuito fechado, a água com os resíduos removidos dos cinzeiros deve passar por um sistema complementar de tratamento para sua limpeza, assim evitando problemas de entupimentos de linhas, além de desgastes em tubulações e em equipamentos. Na via seca estão compreendidos os equipamentos do tipo ciclones e separadores eletrostáticos. Sistemas tipo ciclone foram instalados em usinas de açúcar no Brasil, porém, de forma geral, a qualidade dos gases emitidos não atende à legislação ambiental. Por outro lado, os sistemas tipo separador eletrostático apresentam qualidade de separação superior à dos ciclones, entretanto, esse sistema demanda alto investimento, o que torna sua aplicação inviável economicamente. Os sistemas de limpeza de gases que utilizam a via úmida (lavadores de gases) são os de concepção mais simples, de menor investimento, e apresentam grande eficiência. Nestes sistemas, a limpeza dos gases e dos cinzeiros deve ser feita com água limpa. No caso de uma operação em circuito fechado, a água de lavagem, após passar pelas caldeiras, deve seguir para um sistema de tratamento para separação do material sólido que foi removido dos gases e dos cinzeiros, a fim de permitir o seu reciclo. Entretanto, esta opção de limpeza via úmida foi muitas vezes preterida, em razão de não estar disponível um processo eficiente para a remoção dos sólidos da água de lavagem, o que permitiria seu reciclo e operação em circuito fechado.

Uma vez separados, os resíduos de queima precisam ser removidos da indústria. A viabilidade de implantação de sistemas de limpeza depende, em muito, dos sistemas a serem empregados para o manuseio e transporte desses sólidos. A prática de lançamento destes resíduos na água de lavagem da cana vem se tornando cada dia mais inviável. Por um lado, as pressões ambientais para despejos hídricos e, por outro, os custos da água e os próprios requisitos do processo industrial, vem exigindo a introdução de sistemas de reciclo de água em circuito fechados e independentes. Para viabilizar a sua remoção da indústria por via rodoviária, os sólidos residuais devem ser concentrados, transportados e dispostos de forma apropriada, evitando-se ao máximo a necessidade de utilização de pás carregadeiras, correias transportadoras e equipamentos similares que apresentam altos custos de investimento, operação e manutenção.

Existem muitas possibilidades de reuso de água que depende de cada unidade industrial fazer um estudo de viabilidade, já que cada usina tem suas peculiaridades de processos. Podemos afirmar que esse é o caminho certo e para aqueles que conseguirem atingir metas sustentáveis, com certeza serão sempre os mais destacados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas; **Manual de conservação e reuso de água na indústria Sucroenergética**; Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 12 de novembro de 2014.

BERMANN, C. Scielo - **Crise ambiental e as energias renováveis**; Ciência e Cultura, vol. 60 nº3; São Paulo;2008. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300010&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300010&script=sci_arttext)>. Acesso em 30 de abril de 2015.

CARVALHO. T. C; SILVA. L. C. - **Redução da quantidade de vinhaça através da evaporação**; Fórum Ambiental da Alta Paulista; Periódico Eletrônico, vol. VI, 2010. Disponível em: <[http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/58/61](http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/58/61)>. Acesso em 15 de março de 2014.

CF Engenharia - **Torres de Arrefecimento**; 2015. Disponível em: <<http://cfengenharia.com.br/conteudo/conteudo.asp?id=23>>. Acesso em 15 de março de 2015.

CITROTEC - **Concentrador Ecovin JL**, 2012. Disponível em: <[http://www.citrotec.com.br/esp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=91%3Acitrotec-ofrece-opcoes-para-la-concentracion-de-la-vinaza&catid=40%3Anovidades&lang=&Itemid=75](http://www.citrotec.com.br/esp/index.php?option=com_content&view=article&id=91%3Acitrotec-ofrece-opcoes-para-la-concentracion-de-la-vinaza&catid=40%3Anovidades&lang=&Itemid=75)>. Acesso em 10 de junho de 2015.

CRUZ. S. - **Mercado demanda mais açúcar e etanol**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011; Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/noticias/2011/01/mercado-demanda-mais-acucar-e-etanol>>. Acesso em 05 de junho de 2015.

CUNHA I. - **Mesa de cana da destilaria Itapecuru Bioenergia** - CTC Cana Brasil, 2015; Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/fotogr/133848/mesadecanadadestiliariaitapecurubioenergiaemaldeiasaltas-ma-fotoisaiascunha/aldeiasaltas/>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

ENERGISA, Usinas de Biomassa da Energisa, **UTE Santa Cândida**, 2013; Disponível em: <<http://geracao.grupoenergisa.com.br/paginas/nossos-negocios/biomassa.aspx>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

ENGCLARIAN – **produtos** (2015); Disponível em: <<http://engclarian.com.br/site/empresa/>> Acesso em 11 junho 2015.

Express Difusora - **Secretário do meio ambiente diz que mecanização da colheita da cana se completa em 2014**; Gazeta de Ribeirão, SP, 2013. Disponível

em:<<http://difusorafm.com.br/express/secretario-do-meio-ambiente-diz-que-mecanizacao-da-colheita-da-cana-se-completa-em-2014>>. Acesso em 22 de junho de 2015.

FORNASARI, JR, R. - **Represinha Santa Alice**, Departamento de água e esgotos de Santa Bárbara D'Oeste, São Paulo, SP;2010. Disponível em:<[http://www.daesbo.sp.gov.br/home\\_saiba\\_mais.php?cmpt=enchente\\_represa](http://www.daesbo.sp.gov.br/home_saiba_mais.php?cmpt=enchente_represa)>. Acesso em 05 de junho de 2015.

HOLLANDA; S. B. et al. - **ENGENHOS E USINAS** - SEBRAE/RJ – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro,1993.Disponível em:<[http://www.sebraerj.com.br/custom/pdf/cam/acucar/05\\_EngenhosEUsinas.pdf](http://www.sebraerj.com.br/custom/pdf/cam/acucar/05_EngenhosEUsinas.pdf)>. Acesso em 12 de dezembro de 2014.

MACHADO F. B. - **Brasil, a doce terra**, 2010. Disponível em:<<http://caipirinhadebarril.blogspot.com/2010/09/origem-da-cachaca-historia-da-cana-de.html>>. Acesso em 30 de abril de 2015.

MARRA. R. -**Setor sucroalcooleiro no Brasil - Situação atual e perspectivas**; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: (2008); Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17390/1/Setor-sucroalcooleiro-no-Brasil.pdf>>. Acesso em 22 de junho de 2015.

MARTINS V.A. - **Tratamento de agua de fuligem e a maximização dos resultados após sua aplicabilidade** – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7ª Edição nº 007 Vol.01/2014 Julho/2014; Disponível em <<http://www.ipog.edu.br/uploads/arquivos/96a62cfdbdb5e65c83b6e89e5624cb68.pdf>> Acesso em 12 de junho de 2015.

MICHELLON, E.; SANTOS, A. A. L.; RODRIGUES, J. R. A. - **Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008, Rio Branco, AC, 2008. Disponível em:<<http://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF>>. Acesso em 30 de abril de 2015.

MORENO A. - **Grupo Cerradinho é Mastercana Centro/Sul 2009 em Tecnologia Industrial**; Revista JornalCana. Disponível em:<<http://www.jornalcana.com.br/grupo-cerradinho-e-mastercana-centrosul-2009-em-tecnologia-industrial-2/>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

MORENO A. - **Usina reduz 42% do consumo de água**; Revista JornalCana, 2014. Disponível em:<<http://www.jornalcana.com.br/usina-reduz-42-consumo-de-agua/>> acessado em 19/05/15>. Acesso em 15 de maio de 2015.

MORENO A. Jornalcana, (2014); **Usina desenvolve diversas ações para garantir uso racional da água**; Disponível em:<<http://www.jornalcana.com.br/usina-desenvolve-diversas-aco-es-para-garantir-uso-racional-da-agua/>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

PASCOLAT E. P. - **Balanço Hídrico**, 2015. Adaptação: Altamiro Antonio Sarchesi, 2015; Disponível em:<<https://prezicom/dakjjzyerpho/balanco-hidrico/>>. Acesso em 10 de maio de 2015.

PUREWATERS - **produtos** (2015); Disponível em:<<http://www.purewaterefluentes.com.br/quem.php>> Acesso em 11 junho 2015.

REPLASS Comercial Ltda. - **Spray Pond Submerso em Polipropileno** - Grupo Tonon Bioenergia unidade Vista Alegre MS, 2014; Disponível em:<<http://www.replass.com.br/exibeCase.php?id=6>>. Acesso em 05 de junho de 2015.

RODRIGUES L - **Modelo Consecana – SP**, União da Indústria da Cana-de-Açúcar (ÚNICA), 2012; <<http://pt.slideshare.net/BeefPoint/121128-lucianorodrigues>>. Acesso em 07 de junho de 2015.

RODRÍGUES M. F. C. - **Uso de Água na Produção de Etanol de Cana-De-Açúcar**, dissertação apresentada na Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM, 2010; <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000772969>>. Acesso em 20 de novembro de 2014.

SILVA.F. C.- **Estudo mostra como usinas de cana podem reduzir consumo de água**; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2012; Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2482285/estudo-mostra-como-usinas-de-cana-podem-reduzir-consumo-de-agua>>. Acesso em 05 de junho de 2015.

TOUS QUIMICA– **produtos** (2015); Disponível em:<<http://www.tousquimica.com.br/produtos/tratamento-de-efluente-4/polifloc-to-3249-42>> Acesso em 10 junho 2015.

TROVATIJ. - **Tratamento de Água de Resfriamento**, (2004); Disponível em:<[http://snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua.pdf](http://snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua.pdf)>. Acesso em 10 de fevereiro de 2014.