

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

MÔNICA PEREIRA CARNAÚBA

O REUSO DA ÁGUA NO PROCESSO INDUSTRIAL DO AÇÚCAR

**SÃO PAULO
2010**

MÔNICA PEREIRA CARNAÚBA

O REUSO DA ÁGUA NO PROCESSO INDUSTRIAL DO AÇÚCAR

Monografia para a Conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof^a. Ana Cristina Pasini da Costa

SÃO PAULO
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

DEDICO

Aos meus amados pais, Manoel e Rosali, e a minha irmã Simone, sempre presentes.

A família Carnáuba.

As amigas Alexandra Maia e Alinne Dué.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo pela oportunidade de aperfeiçoamento e concessão da bolsa de estudo.

A professora e orientadora Ana Cristina Pasini da Costa.

Ao Presidente da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil – Regional Leste – STAB Leste, Cândido Carnaúba pela colaboração prestada e decisiva para realização deste trabalho.

A Química Industrial Roseanne Sampaio B. Silva, Coordenadora da Qualidade da usina em estudo, pela simpatia e apoio no fornecimento de dados.

Ao Coordenador de Gestão Ambiental da usina em estudo Valdir Gomes Costa pelo compartilhamento de informações.

A minha mãe Rosali pelo seu caráter, bondade e amor incondicional. Ao meu pai Manoel pelo amor, apoio e confiança ao longo da caminhada. Amo muito vocês!

A minha irmã Simone que mesmo distante se faz presente em todos os momentos. Ao sobrinho Thiago, minha fonte de inspiração. Amo vocês!

As minhas tias Maria de Fátima, Maria Patrícia e Iraci pelo suporte emocional e financeiro ao longo do curso, foram essenciais para esta conquista. O cabeção agradece!

Ao meu querido primo Renan Carnaúba pelos momentos agradáveis de descontração, amizade e confidências.

As minhas grandes amigas Alexsandra Maia e Alinne Dué pelo incentivo, encorajamento e cumplicidade ao longo da caminhada.

A amiga e colega de turma Amanda Mariana Franca, grande incentivadora, que compartilhou afetiva e intelectualmente interesses ao longo do curso.

Aos amigos de sempre: Thalita Regina, Fernando (Pestalozzi), Eline's(Brown) e Daniel Estevam.

Ao meu amor Rogério Gendiroba pelos momentos de carinho.

As pessoas que de certa forma contribuíram para esta conquista: Lilian, Albertina, Fortunato AD, Janete, Léo (primo), Iolanda (prima) e Araíbe.

A Deus pelo seu amor, fidelidade e oportunidade de viver mais uma experiência ao longo da vida.

“... Mas minha mão foi fortalecida pela a mão do todo poderoso... Liberte-se da escravidão mental, ninguém além de você pode libertar sua mente, não tenha medo da energia atômica...”.
(Bob Marley)

RESUMO

CARNAÚBA, M. P.; **O reuso da água no processo industrial do açúcar**. Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2010. 49f.

A atividade industrial passou a englobar, de maneira mais atenciosa, a sustentabilidade ambiental, principalmente no que diz respeito à conservação dos recursos naturais não renováveis, como a água. As unidades produtoras de açúcar exigem o uso intensivo de água, e para que haja sucesso na racionalização é necessário ter o conhecimento do processo industrial, dos parâmetros qualitativos e quantitativos envolvidos para que desta maneira sejam aplicadas novas formas de reuso. As usinas sucroalcooleiras existentes no estado de Alagoas apresentam papel fundamental na economia alagoana e, embora sendo o segundo menor Estado em extensão territorial, é o maior produtor de açúcar e álcool da região Norte Nordeste. O objetivo deste trabalho foi a identificação e avaliação de práticas de reuso de água no processo produtivo, e que possam servir como referencial para a implementação de ações futuras e imediatas em outros empreendimentos sucroalcooleiros, ampliando a adoção boas práticas industriais e ambientais. Para tanto, foi realizado o levantamento de dados de utilização de recursos hídricos em uma unidade de produção de açúcar, localizada no Estado de Alagoas. A unidade em estudo apresentou eficientes formas de reuso com tratamentos que garantem a boa qualidade das águas envolvidas no processo industrial. A aplicação das águas residuárias na fertirrigação reduz a captação e anula a atividade de descarte no manancial utilizado pela unidade.

Palavras-chave: Reaproveitamento da água, usina sucroalcooleira, sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT

CARNAÚBA, M. P.; **Reuse of water in the industrial process of sugar**. 2010. 49f. Specialization monography – Environmental Management and Energy Sector Business of the Instituto Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Industrial activity has to encompass, more caring, environmental sustainability, especially as regards the conservation of exhaustible natural resources such as water. The units producing sugar require the intensive use of water, and so there is success in streamlining is necessary to have knowledge of the industrial process of qualitative and quantitative parameters involved to be applied in this way new forms of reuse. The sugarcane mills in the state of Alagoas have key role in the economy and Alagoas, although the second smallest state in area, is the largest producer of sugar and alcohol in the North East. This study was the identification and assessment of water reuse practices in the production process, and could serve as a benchmark for the implementation of future actions and other developments in the immediate sugar and alcohol, increasing the adoption good industrial and environmental. For this, we performed the data collection for use of water resources in a production of sugar, located in the state of Alagoas. The unit studied showed efficient ways to reuse treatments that guarantee the good quality of water involved in the manufacturing process. The application of wastewater in fertigation reduces pickup and nullifies the activity of the stock used by the disposal unit.

Keywords: Water reuse, sugar industry, sugarcane mills, environmental sustainability.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição Média do uso da água na indústria sucroenergética	16
Figura 2 - Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Lavagem, Recepção e Preparo.....	17
Figura 3 - Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Sulfitação, Calagem e Preparo do Polímero.....	18
Figura 4 - Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Evaporação.....	18
Figura 5 - Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Cozimento.....	19
Figura 6 - Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Filtração, Secagem e Ensaque.....	20
Figura 7 - Mapa da área canavieira do estado de Alagoas	31
Figura 8 - Mapa da localização da unidade em estudo, município de Coruripe, litoral Sul do estado de Alagoas	34
Figura 9 - Esquema dos evaporadores de múltiplos efeitos da unidade em estudo.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Uso médio da água em unidades produtoras de açúcar e álcool	14
Tabela 2 - Características dos efluentes na fabricação do açúcar.....	23
Tabela 3 – Produção e uso dos condensados da fábrica do açúcar.....	25
Tabela 4 - Uso dos condensados da fábrica de açúcar no processo.....	26
Tabela 5 - Balanço final de reuso dos condensados para o “mix”de produção de 50%.....	27
Tabela 6 – Característica das águas residuais enviadas à lavoura.....	28
Tabela 7 – Redução na captação da água após implantação do reuso.....	29
Tabela 8 - Uso da água nas unidade nas etapas de lavagem e embebição.....	37
Tabela 9 – Produção dos condensados na fábrica.....	39
Tabela 10 – Sistemas de reuso da unidade em estudo.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 A ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA.....	13
2.1 Etapas envolvidas na produção do açúcar.....	16
2.1.1 Uso, reuso da água e a geração de efluentes na fabricação do açúcar.....	20
3 EXPERIÊNCIAS EM REUSO DA ÁGUA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO.	29
4 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DE ALAGOAS.....	31
5 OBJETIVO GERAL.....	33
5.1 Objetivos Específicos.....	33
6 METODOLOGIA.....	34
6.1 Descrição da unidade em estudo.....	34
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
7.1 Descrição do processo industrial e uso da água na fabricação do açúcar na unidade em estudo.....	37
8 CONCLUSÕES	42
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
10 APÊNDICE	

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a sobrevivência do homem e demais seres que habitam o planeta. Segundo Rebouças (1999) “A água doce é elemento essencial ao abastecimento do consumo humano, ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas, e de importância vital aos ecossistemas – tanto vegetal como animal – das terras emersas”. O uso racional da água passou a ser uma das principais exigências para o desenvolvimento de um negócio sustentável, afinal apenas 3% da água do planeta é doce. Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU, calcula-se que cerca de um milhão de pessoas não tem acesso à água potável e pelo menos dois milhões não conseguem água adequada para beber, lavar-se e comer (TAUBE, 2009).

A história conta que os primeiros aglomerados humanos se localizaram em zonas onde os recursos naturais, como a água, eram abundantes e acessíveis (MENDES; OLIVEIRA, 2004). Os habitats de água doce, embora ocupem uma pequena porção da superfície terrestre, foram desde sempre alvo da atenção humana, uma vez que permitem o acesso à água mais diretamente utilizável e de forma barata (ODUM, 1997).

A crescente pressão das atividades humanas sobre os mananciais e os sistemas ecológicos interligados tem tornado a água um bem cada vez mais escasso e caro. Isso se dá, entre outros fatores, pela poluição decorrente do lançamento de efluentes não tratados, a exemplo dos esgotos domésticos e industriais, e também de outros processos degradantes dos mananciais, como o assoreamento do leito de rios e córregos.

No contexto econômico e na gestão dos recursos naturais, a água está inserida como insumo essencial além da grande importância na manutenção da sua oferta em termos de quantidade e qualidade. Segundo Carmo (2008), dentre as demandas por água doce, a agricultura lidera o consumo, sendo utilizada para irrigação aproximadamente setenta por cento (70%) de toda a água doce disponível.

Com relação ao setor industrial, estimativas da Agência Nacional de Águas - ANA, o volume de água utilizado pela indústria crescerá de 750 metros cúbicos por ano (m^3 /ano) em 1995 para um valor de 1170 m^3 /ano em 2025. Neste contexto o Brasil se destaca, pois possui em

torno de 12% das reservas mundiais de água doce e 25% das águas doces frias disponíveis, tendo 112 trilhões de m³ de água doce em seu subsolo e apenas 6% da população da Terra.

A atividade industrial a ser desenvolvida é que define as características qualitativas e quantitativas da água a ser utilizada, em uma indústria a mesma água pode ser utilizada com diferentes níveis de qualidade estando estritamente relacionada aos processos envolvidos. Antigamente a influência dos fatores como condição climática da região, métodos de produção, idade das instalações, práticas operacionais e inovação tecnológica eram o que definia as condições quantitativas de água necessária para o atendimento das inúmeras atividades industriais. Hoje, por conta do espaço conquistado pelas legislações ambientais dentro do setor produtivo, as indústrias praticantes do mesmo ramo setorial, instaladas ou não em diferentes regiões, procuram apresentar a padronização no volume de água utilizado.

No Brasil, as externalidades ambientais associadas ao setor industrial e ao rápido crescimento no desenvolvimento das regiões metropolitanas apontam para cenários futuros de escassez hídrica (FIESP/CIESP, 2004). A implantação da Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos com seus instrumentos de outorga, enquadramento, planos de recursos hídricos, sistema de informações e cobrança pelo uso da água e descarte dos efluentes. O instrumento da cobrança pelo uso dos recursos hídricos constitui um incentivador ao reuso da água, pois o usuário que reutiliza reduz a vazão de captação e lançamento e conseqüentemente tem sua cobrança reduzida, ou seja, quanto maior for o reuso menor será a cobrança.

A reciclagem ou reuso de água não é um conceito novo na história do nosso planeta, a natureza por meio do ciclo hidrológico vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos, e com muita eficiência. O reuso da água para Lavrador Filho (1987), seria o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir as necessidades de outros usos, incluindo o original.

A Resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH define o reuso da água como sendo apenas a utilização das águas residuárias que é definida como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústria, agropecuária, tratados ou não (BRASIL, 2005).

Contudo, Souza (2004) considera que existam três condicionantes básicas para que a utilização das águas residuárias possa ser enquadrada como reuso, seria a condição intencional,

planejada e continuamente controlada. Se um desses requisitos não for atendido não se pode afirmar que existe reuso e sim um processo de poluição e contaminação ambiental causador de impacto ambiental e riscos à saúde pública.

O reuso minimiza a captação sobre os mananciais e possibilita a substituição da água potável por outra de qualidade inferior que seja compatível com o uso a que se refere. É um instrumento que facilita o controle contra o desperdício já que grandes volumes de água são poupados através das águas originárias de efluentes tratados dentro do padrão de potabilidade da demanda requerida.

O uso de novas alternativas tecnológicas que envolvem o reuso de efluentes nos setores hidrotensivos são instrumentos que garantem as reduções no lançamento e captação, o que contribui na melhoria da qualidade da água favorecendo uma situação ecológica mais equilibrada nos corpos d'água.

2 A ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

O setor canavieiro está incluso entre os setores de uso intensivo da água para o desenvolvimento das suas atividades, estima-se que o setor seja responsável por 23% da demanda por água no estado de São Paulo (ELIA NETO 2008). Esta matriz produtiva brasileira se apóia largamente no uso intensivo dos recursos hídricos e por isso é necessário que a gestão deste recurso esteja inserida entre as prioridades nacionais. Bertelli (2001) classifica o setor como hidrointensivo.

A crescente inserção dos temas ambientais na legislação é considerada uma das diretrizes determinantes para criação de imposições em um mercado cada vez mais competitivo e exigente, a água passou a ter novo tratamento dentro das usinas, está sendo reconhecida também pelo seu valor econômico, a busca pelo uso racional é uma realidade que vem crescendo.

O setor sucroalcooleiro tem estado no centro dos debates das políticas públicas ambientais, sendo objeto de discussões nos conceitos de sustentabilidade e uso da água. Segundo Leite (2008), em relação à indústria, esta política envolve a racionalização do uso da água por otimização operacional, adoção de novas tecnologias com manutenção dos sistemas envolvidos e ações no sentido de preservação das áreas de proteção permanente, definidas pelo Código Florestal - Lei nº 4771/1965 (BRASIL, 1965) e Resolução nº 302/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, notadamente nascentes e represas (BRASIL, 2002).

A cultura de cana de açúcar espalha-se por todo Brasil, está dividida entre os estados do Centro Sul, que são responsáveis por aproximadamente 90% da produção, e Norte Nordeste. São Paulo segue como o maior produtor de açúcar e álcool do país e o estado de Alagoas como o maior produtor da região Norte Nordeste.

Elia Neto (2008) apresentou um levantamento indicando que em um passado recente o setor utilizava água em abundância, chegando até 15 metros cúbicos de tonelada de cana (m^3/tc) ou mais. Ressalta-se que os circuitos eram abertos para a lavagem de cana e resfriamento das águas, os tratamentos eram realizados em lagoas enormes com tempo de detenção que poderiam chegar até dois meses. O circuito aberto foi utilizado no passado por várias unidades da indústria açucareira que eram instaladas nas proximidades de grandes cursos d'água, sendo a água captada, utilizada no processo e lançada em rio após tratamento nas lagoas (decantação, anaeróbia, facultativa e polimento) nos casos em que houvesse acréscimo de matéria orgânica (água de

lavagem de cana), ou ainda lançada diretamente, quando a legislação permitia (águas de resfriamento). Por estes fatores, eram freqüentes os problemas no lançamento de efluentes com carga orgânica ou temperatura não condizente com a capacidade de assimilação dos corpos de água.

O conceito de limite antigamente era relacionado à disponibilidade de água e a taxa específica de captação de cada empreendimento. Leite (2008) apresentou um levantamento da captação em usinas no estado de São Paulo que indicou um valor médio de 5,54 m³/tc. Na tabela 1 estão disponíveis informações sobre o uso específico da água, a sua finalidade e a distribuição percentual em cada etapa industrial do setor sucroalcooleiro, verifica-se que o setor utiliza, em média, 22 m³/tc em um “mix” de produção de 50% de cana para produção de açúcar e 50% para produção de etanol.

Tabela 1 - Uso médio da água em unidades produtoras de açúcar e álcool

Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso Médio (m ³ /t.cana total)	Distribuição (%)
Alimentação	Lavagem de Cana	2,20 m ³ /t.cana total	2,2	9,9
Preparo e	Embebição	0,250 m ³ /t.cana total	0,25	1,1
Extração	Resfriamento de Mancais	0,035 m ³ /t.cana total	0,035	0,2
(moendas e difusores)	Resfriamento Óleo	0,130 m ³ /t.cana	0,13	0,6
Subtotal			2,615	11,8
	Resfriamento Coluna de Sulfitação (*1)	0,100 m ³ /t.cana açúcar	0,05	0,2
	Preparo de leite de cal	0,30 m ³ /t.cana total	0,03	0,1
Tratamento	Preparo de polímero (*1)	0,015 m ³ /t.cana açúcar	0,008	0
de caldo	Aquecimento do caldo p/ açúcar (*1)	160 Kg vapor/t.cana açúcar	0,08	0,4
	p/ etanol (*2) (*3)	50 Kg vapor/t.cana açúcar	0,025	0,1
	Lavagem da torta	0,030 m ³ /t cana total	0,03	0,1
	Condensadores dos filtros	0,300 a 0,350 m ³ /t cana total	0,35	1,6
Subtotal			0,573	2,6

continua ...

continuação

Tabela 1 - Uso médio da água em unidades produtoras de açúcar e álcool

Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso Médio (m ³ /t.cana total)	Distribuição (%)
Fábrica do açúcar ^(*)	Condensadores/Multijatos evaporação	4 a 5 m ³ /t.cana p/ açúcar	2,25	10,2
	Vapor para cozimento	0,170 t/t.cana p/ açúcar	0,085	0,4
	Condensadores/Multijatos cozedores	8 a 15 m ³ /t.cana p/ açúcar	5,75	26
	Diluição de méis e magas	0,050 m ³ /t.cana p/ açúcar	0,03	0,1
	Retardamento do cozimento	0,20 m ³ /t.cana açúcar	0,01	0
	Lavagem do açúcar (1/3 água e 2/3 vapor)	0,030 m ³ /t.cana açúcar	0,015	0,1
	Retentor de pó de açúcar	0,040 m ³ /t.cana	0,02	0,1
Subtotal			8,367	37,8
Fermentação(**)			4,366	19,7
Destilaria (**)			3,86	17,4
Geração de Energia			2,265	10,2
Limpeza Pisos e Equipamentos / Uso Potável			0,08	0,4
Total			22,16	100

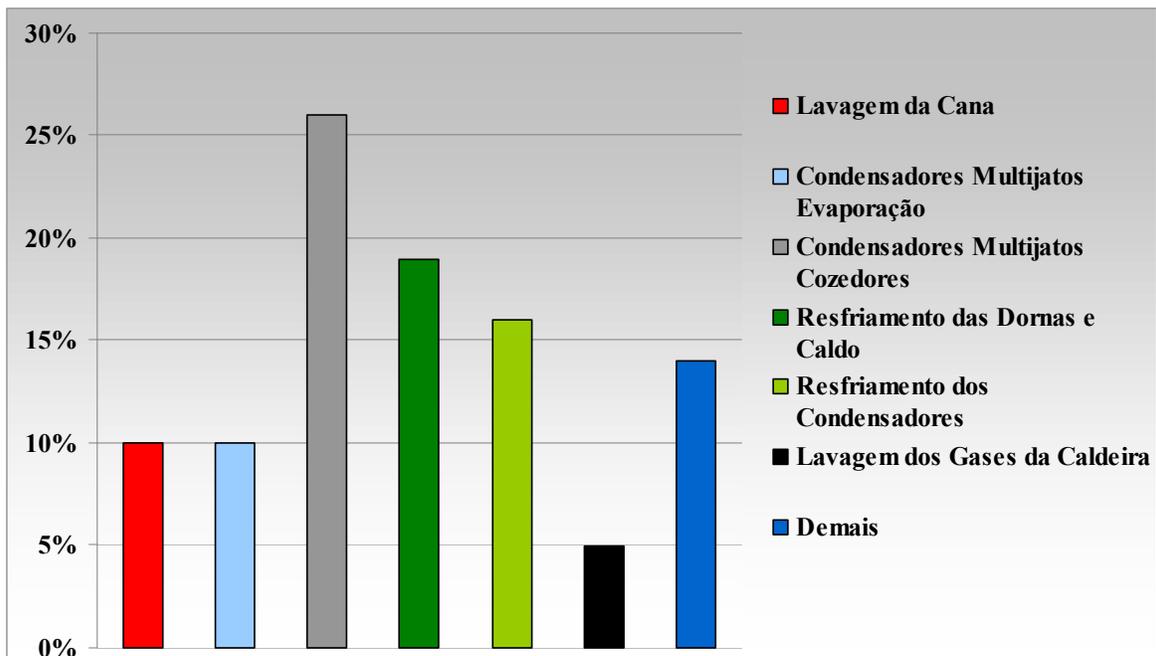
(*) itens que não participam do processo de etanol;

(**) não participam do processo do açúcar;

(***) recuperando o calor do caldo para mosto.

Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

No processo industrial verificam-se quatro maiores circuitos de água que representam cerca de 90% do uso ou reúso, quando se trata de circuito fechado. Na figura 1 observamos os índices da lavagem da cana, o resfriamento da fábrica de açúcar (evaporador e cozedor), da dorna de fermentação e o resfriamento dos condensadores de álcool na destilaria (dornas, caldo e condensadores). Outro circuito que demanda muita água, embora em volume não tão expressivo quanto os demais, é a lavagem de gases da chaminé da caldeira.



Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

Figura 1 - Distribuição média do uso da água na indústria sucroenergética

2.1 Etapas da produção do açúcar

O processo de fabricação do açúcar compreende as etapas básicas como lavagem e preparo da cana, extração, tratamento, concentração e cozimento do caldo, centrifugação, secagem e ensaque. Em quase todas as etapas o uso da água é essencial, sendo utilizada para resfriamento, lavagens, produção de vácuos ou incorporada ao processo como verificamos na tabela 1.

A figura 2 mostra que o início do processo começa quando a cana é descarregada diretamente nas mesas alimentadoras, lembrando que se a cana estiver picada a mesma não é lavada com água para que o teor de sacarose não seja alterado, neste caso, para que impurezas sejam retiradas é utilizado um sistema de limpeza a seco. Após a limpeza (com água ou a seco) a cana é conduzida por uma esteira que passa por picadores e desfibradores, o que facilita o processo de extração do caldo nas moendas ou, alternativamente, em difusores.

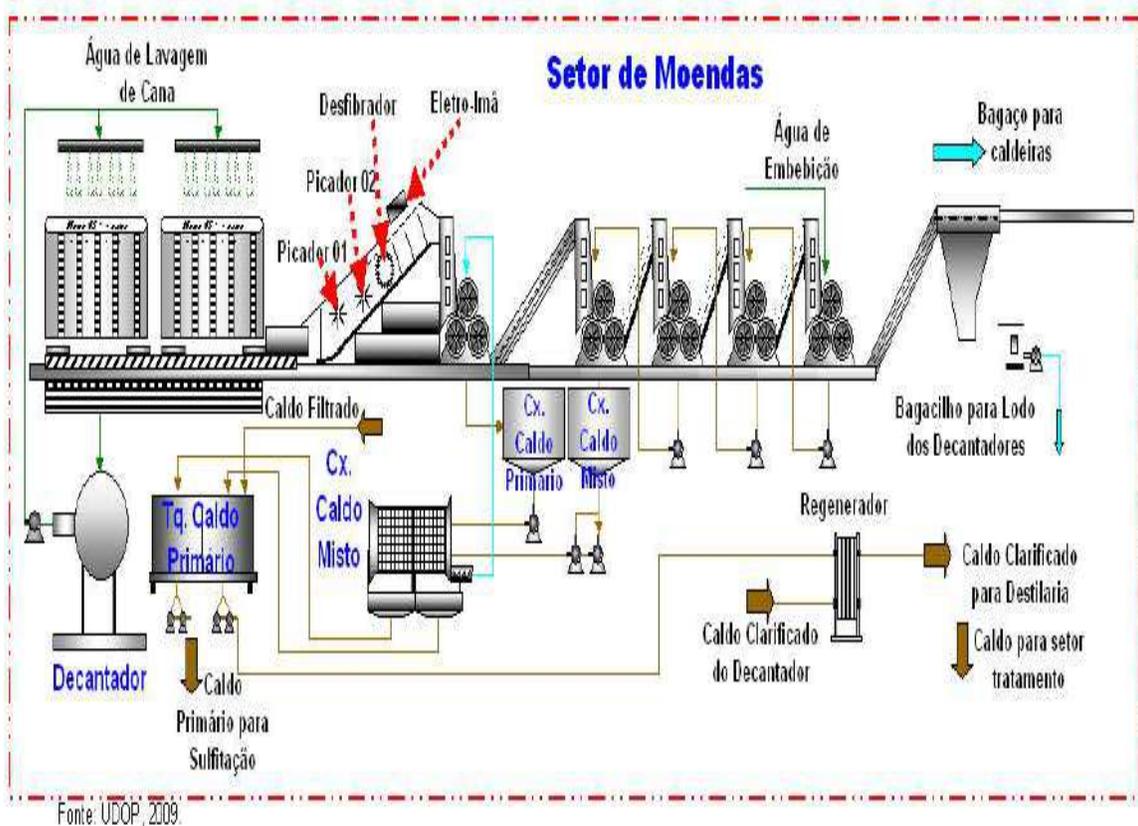
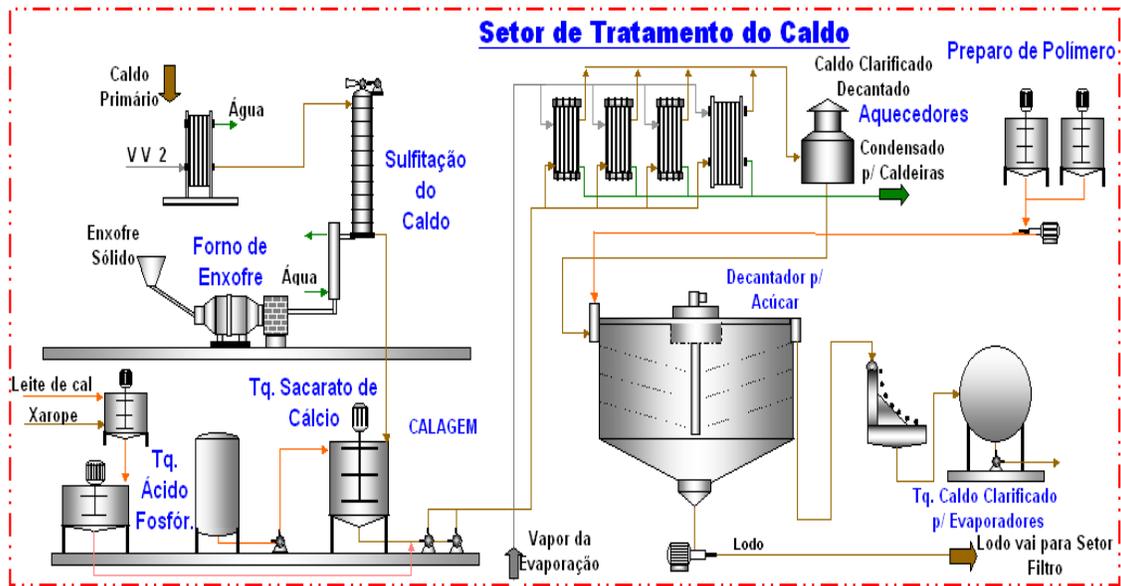


Figura 2: Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Lavagem, Preparo e Extração

Segundo Elia Neto, Shintaku e Donzelli (2009), normalmente, as moendas são constituídas de 4 a 6 ternos, o caldo primário é obtido depois que a cana é esmagada no primeiro terno, seguindo a massa para o segundo terno e assim sucessivamente até o último, onde o bagaço final é enviado para as caldeiras. Neste processo ocorre a embebição da massa, ou seja, a partir do segundo terno há o acréscimo de água para facilitar a lixiviação da sacarose ainda contida na massa, formando então o caldo secundário ou misto, de acordo com a figura 2.

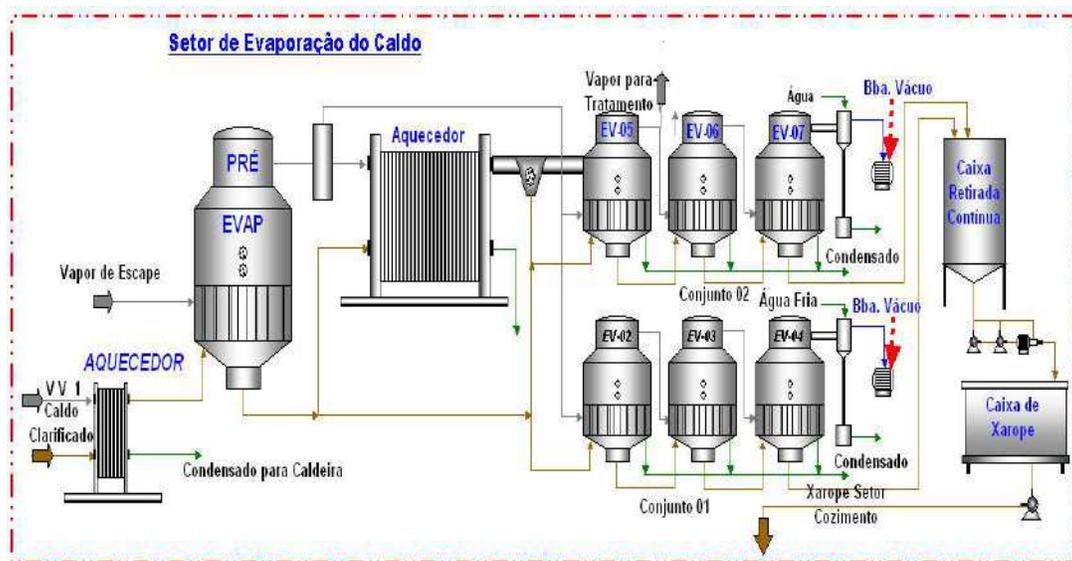
No setor de tratamento de caldo, ilustrado na figura 3, o caldo que foi extraído nas moendas passa pelas etapas de sulfitação, que é o acréscimo de dióxido de enxofre (SO_2) para o branqueamento do caldo, de calagem, que é adição do leite de cal para aumento do pH e clarificação do caldo, e preparo do polímero, que é inserido ao caldo para auxiliar na decantação. Nestas etapas não há geração de efluente, apenas a formação do lodo do fundo do decantador que será enviado para filtração como mostra a figura 6, enquanto o caldo clarificado segue para o setor de evaporação.



Fonte: UDOP, 2009.

Figura 3: Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Sulfitação, Calagem e Preparo do Polímero.

A água que é evaporada do caldo clarificado tem como objetivo aumentar a sua concentração, a figura 4 mostra que o processo de evaporação ocorre em caixas interligadas que são capazes de produzir vapores que são utilizados na mesma ou em outras etapas do processo.



Fonte: UDOP, 2009.

Figura 4: Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Evaporação

Para fabricação do açúcar cristal, a figura 5 indica que na etapa do cozimento o xarope é conduzido para os equipamentos denominados cozedores, em seguida a massa cozida é descarregada em tanques horizontais com mexedores para o seu resfriamento lento. Posteriormente, é iniciada a etapa da centrifugação onde a massa resfriada, com textura de mel, é colocada em centrífugas que são constituídas por um cesto perfurado que em movimentos rotatórios fazem com que o mel atravesse as perfurações do cesto, ficando retidos em seu interior somente os cristais de sacarose. O mel removido retorna aos cozedores para a recuperação do açúcar. Na fábrica também se obtém o mel e o melaço, que são utilizados para a produção do etanol em destilaria anexa ou comercializados como subproduto.

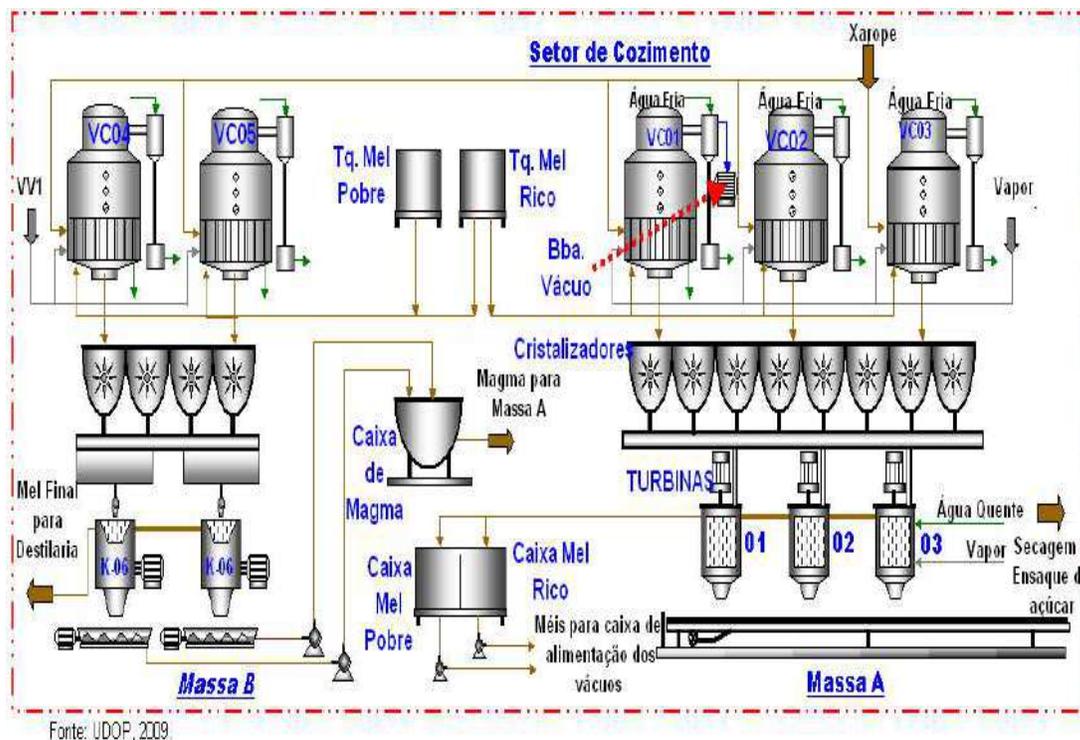


Figura 5: Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Cozimento e Centrifugação

Elia Neto, Shintaku e Donzelli (2009), descrevem que as etapas do resfriamento, secagem e acondicionamento do açúcar, presentes na figura 6, são realizadas em um secador rotativo, em um tambor metálico com fluxo de ar quente succionado por um exaustor que passa em contracorrente com o açúcar. Ao deixar o secador, o açúcar está pronto para ser enviado ao ensaque e armazenamento. Ainda exposto na figura 6, o setor de filtros recebe as impurezas sedimentadas da decantação e a finalidade da filtração é fazer com que seja retirado o máximo de caldo possível encontrado no lodo para que o mesmo retorne ao processo de tratamento de caldo

enquanto que o resíduo restante do lodo, denominado torta, é utilizado como fertilizante na lavoura.

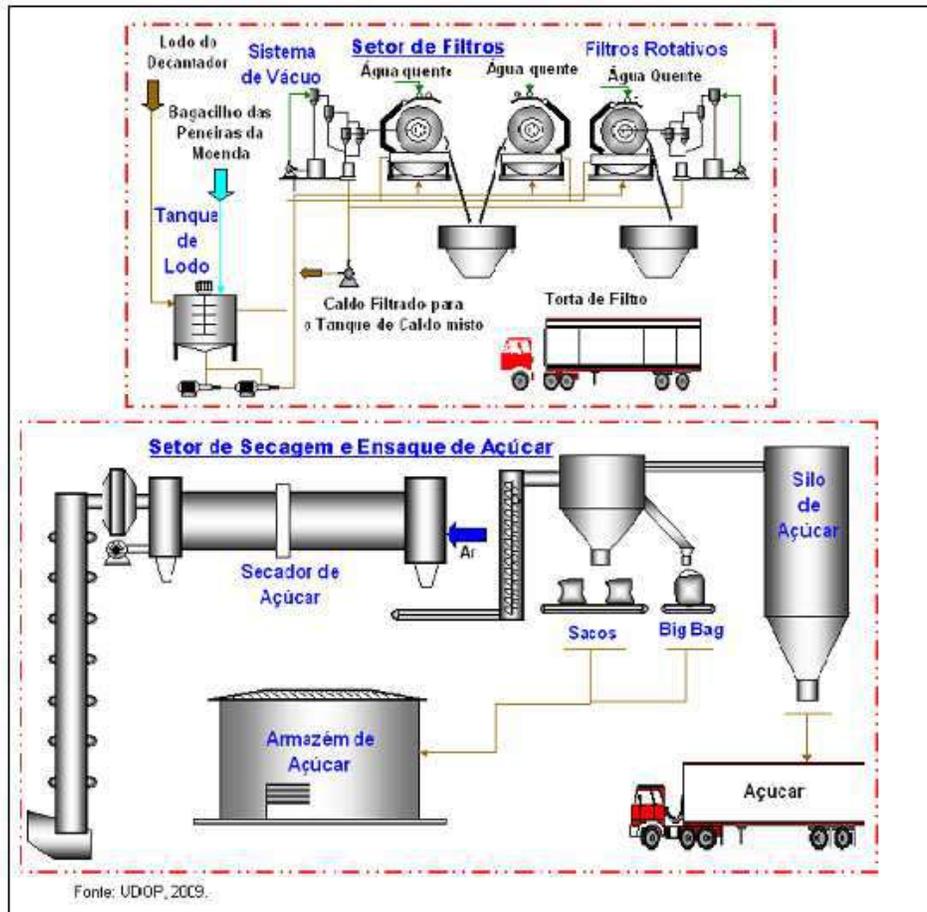


Figura 6: Fluxograma das etapas da produção do açúcar: Filtração, Secagem e Ensaque

2.1.1 Uso, reuso da água e a geração de efluentes na fabricação do açúcar

Apesar do alto índice do uso da água, os volumes de captação e descarte podem ser reduzidos com a aplicação de controles internos e reuso, investir na gestão racional da água passou a ser uma prioridade nas unidades sucroenergéticas. A indústria de equipamentos tem desenvolvido novas tecnologias que permitem o reaproveitamento da água por meio da otimização dos processos.

O índice de reuso de água no setor sucroalcooleiro é considerado um dos mais significativos na atividade industrial brasileira, a necessidade média de água captada varia de 1 a 2 m³/tc, um índice de aproximadamente 95% no reaproveitamento das águas. Este índice é

atribuído à região Centro Sul, onde é possível o fechamento do circuito sem a necessidade de água para a irrigação. Em regiões onde há necessidade de irrigação em algum período do ano, as usinas praticam o circuito aberto, visando reaproveitar os efluentes na irrigação, o que também é considerado um tipo de reuso, mas, nesse caso, a captação é maior.

O balanço hídrico da usina é considerado uma ferramenta importante na redução do uso da água, é através dele que conseguimos evidenciar onde o uso pode ser melhorado e aplicado em forma de reuso. A abordagem do processo completo na produção do açúcar permite quantificar e qualificar o uso e reuso da água, e, além disso, possibilita a busca de combinações entre etapas que poderiam estar em interação, ou seja, reutilizando águas provenientes de outras etapas.

Nas fases de recepção, preparo da cana e extração do caldo são identificados a aplicação de água nas sessões de lavagem de cana, embebição, resfriamento de equipamentos e óleo (mancais das moendas e equipamentos). Detalhes como a inclinação da mesa de recepção de cana fazem a diferença na quantidade de água utilizada na lavagem, Elia Neto e Shintaku (2009) citam que no passado, as mesas eram planas ou com inclinações baixas (entre 12° e 18°), o que exigia maior quantidade de água para cada tonelada de cana lavada, cerca de 10 m³/tc total. Atualmente as mesas apresentam inclinação de 45° e a média do uso água é de 5 m³/tc total, a inclinação aumenta o contato da água que fica no topo da mesa e cai contracorrente a cana que sobe na esteira.

Segundo Elia Neto e Shintaku (2009), o efluente da lavagem de cana apresenta-se como médio potencial poluidor em termos de matéria orgânica - DBO5 (entre 180 e 500 miligrama por litro - mg/l) e alta concentração de sólidos suspensos, oriundos da terra, que são incorporados na cana no momento da colheita. O tratamento consiste em decantação nas lagoas de estabilização para o caso de lançamento nos corpos d'água, o que atualmente não é a prática do setor. No aproveitamento para recirculação da água, o tratamento é realizado em decantadores circulares ou caixas de areia com correção do pH (entre 9 e 10). O efluente gerado na etapa da lavagem é em média 2,2 m³/tc total (a taxa varia de 2 a 5 m³/tc total) com impurezas de 0,14 a 3,21% (análise do lodo retirado no sistema de decantação). No sistema fechado há uma produção de lodo estimada em 5% da água em recirculação, ou seja, 0,1 m³/TC. O efluente efetivo (lodo) referente à lavagem de cana é chamado purga e é caracterizado por altas concentrações de matérias orgânicas e sólidos devido à recirculação. Normalmente este efluente, com exceção dos sólidos, compõe as águas residuárias que são enviadas para a lavoura.

Os circuitos para lavagem de cana tendem naturalmente a acabar ou ficarem reduzidos ao uso esporádico durante o tempo chuvoso, a decorrente intensificação do corte mecanizado da cana está diminuindo os índices volumétricos do sistema (PROCKNOR, 2002). Na região canavieira do Centro Sul já é notável uma sensível redução no uso da água por conta do avanço da colheita mecanizada onde a é cana picada. A limpeza da cana picada é realizada a seco para que o teor de sacarose contido não seja reduzido e a aplicação da água consiste apenas na limpeza das correntes, esteiras e arraste da terra que se acumula sobre a mesa.

Em relação às taxas de embebição, Elia Neto e Shintaku (2009) observam que a média de água situa-se na faixa de 25 a 30% em peso da cana, ou seja, de 25 a 30 m³/tc moída. Outro aspecto importante é a boa qualidade da água utilizada para a dissolução da sacarose, isto é, água com baixa quantidade de sólidos dissolvidos e temperatura alta, em torno de 60°C. Para Procknor (2002), os circuitos para embebição devem aproveitar o máximo possível das sobras de condensados que são produzidos em outras etapas e a captação da água deve ser usada apenas como acréscimo aos condensados para que atinjam a temperatura mais baixa adequada à embebição.

No que se refere ao resfriamento dos mancais da moenda, a água utilizada deve ser limpa e fria, pois o excesso de calor provoca a perda da qualidade do óleo lubrificante o que resulta no desgaste e avaria dos mancais. Elia Neto e Shintaku (2009) citam que a vazão de água de resfriamento depende do tamanho e do número de ternos da moenda que é normalmente especificada pelo seu fabricante. Geralmente o setor trabalha com moendas de 6 ternos que resultam a necessidade de 0,035 m³/tc. Os mancais das turbinas de acionamento dos equipamentos e os mancais dos equipamentos da área de preparo e extração (picadores, desfibradores e redutores) são do tipo rolamento e por isso são lubrificados e refrigerados com óleo em sistema de recirculação juntamente com o óleo lubrificante dos redutores. Após o uso o óleo atinge uma temperatura na faixa de 60°C sendo necessário o seu resfriamento com água em trocadores de calor até a temperatura de 45°C. A água utilizada deve ser limpa e fria, normalmente potável, e após o uso, a mesma sai com uma temperatura mais elevada (3°C acima da temperatura de entrada) e limpa, pois não há contato entre o óleo e água, a não ser em caso de vazamento. A vazão de uso de água é normalmente o dobro da vazão do óleo lubrificante em circulação, estima-se 2,07 litros de água por litro de óleo. Para o resfriamento do óleo dos setores de preparo, com 2 picadores e 1 desfibrador, e de extração, com 6 ternos, ambos com nível de

potência instalada de 33 cv /tc, é necessário o uso de 0,130 m³/ tc. (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009).

Os efluentes do resfriamento dos mancais, óleos e equipamentos das seções de extração e energia são normalmente águas tratadas e limpas com temperatura morna, cerca de 6° C acima da temperatura de entrada, por isso, não ocorrendo a contaminação acidental por vazamento de óleo, os efluentes podem ser reaproveitados em outras sessões. A reciclagem da água com o resfriamento por torres também é uma opção de reuso na mesma etapa, por sinal muito utilizada nas usinas, no entanto, há possibilidades de contaminação da água do circuito pelo ar, como por exemplo o bagacilho, portanto é dada a preferência pelo reuso em outras fases do processo industrial. No total estima-se que este efluente corresponde a uma vazão de 0,715 m³/tc (ELIA NETO e SHINTAKU, 2009). Segundo Procknor (2002), os circuitos de resfriamento de mancais e de outros equipamentos (geradores, redutores, etc) podem ter a sua água de reposição reduzida pela racionalização de seu uso, é recomendável dispor de um circuito fechado com torre de resfriamento de pequeno porte exclusiva para este fim. A tabela 2 engloba as vazões e características dos efluentes gerados nas etapas da fabricação do açúcar.

Tabela 2 - Características dos efluentes na fabricação do açúcar

Etapa	Vazão	pH	T (°C)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	
Lavagem de cana	2 a 5 m ³ /t.cana	5 - 6	Amb.	280 - 700	180 - 500	
Resfriamento de equipamentos (moendas, turbinas e turbogeradores)	0,715 m ³ /t.cana	7	<30	0	0	
Colunas barométricas e multijatos da fábrica	70 a 100 l/ kg de açúcar	6 - 7	45	20 - 80	10 - 40	
Condensados	Vapor escape	40 a 50 l/ kg de açúcar	7	80	0	0
	Vapor vegetal	50 a 60 l/ kg de açúcar	5 - 6	80 - 60	600 - 1.500	300 - 800

Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

Durante o tratamento do caldo, para auxiliar o processo de clarificação e descontaminação o caldo é aquecido de 30°C a 105° C e a quantidade de vapor utilizado é obtido por balanço térmico, considerando 20% de caldo filtrado recirculado e perdas de calor em torno

de 5%. Nestas operações de aquecimento de caldo são produzidos como efluentes os condensados do vapor de escape e vegetal que podem ser reutilizados em outras etapas do processo industrial como nas etapas da diluição dos méis, na lavagem do açúcar, na retenção do pó de açúcar entre outras conforme apresentado na tabela 4.

De acordo com ELIA NETO e SHINTAKU (2009), na diluição de méis e magmas utiliza-se água quente acima de 80 °C, a uma taxa de 25 l por saco de açúcar, o que resulta o uso de 0,05 m³/tc. Na sessão de centrifuga por batelada com capacidade de 650 Kg de massa por ciclo, é utilizado no mínimo 1,0 l de água quente, em torno de 80°C, por segundo em um ciclo de lavagem que dura em torno de 20 a 30 segundos. No caso da retenção do açúcar, a imobilização ocorre com acréscimo de água resultando em uma calda circulante no sistema com necessidade de reposição em torno de 0,04 m³/tc açúcar.

No setor de filtros, a lavagem da torta visa o aumento da extração da sacarose contida no lodo do decantador. O sistema opera normalmente com um condensador barométrico e uma bomba de vácuo para remoção do ar ou, alternativamente, um multijato, que tem a dupla função de condensação e arraste do ar, neste caso, há um aumento entre 20% e 25% a mais de água. Para o resfriamento, a água deve ser fria e a geração de efluentes é caracterizado com impurezas orgânicas advindas do caldo, pH ácido e temperatura alta, em torno de 50°C (ELIA NETO; SHINTAKU, 2009).

No setor de fabricação de açúcar o caldo clarificado é aquecido e grande parte da água contida é evaporada para a obtenção do xarope, é nesta etapa onde ocorre a maior demanda de vapor. Este sistema tem uma grande eficiência energética, pois o vapor produzido na primeira caixa é utilizado para aquecer o caldo da segunda e assim sucessivamente até o último efeito (caixa). O efluente gerado na primeira caixa é chamado de vapor de escape e nas outras caixas de vapores vegetais, lembrando que o vapor da última caixa é condensado na coluna barométrica ou multijatos. De acordo com (ELIA NETO e SHINTAKU, 2009), os efluentes são límpidos e quentes, com temperaturas que diminuem de 100° para 60°C e a concentração de matéria orgânica aumenta nos últimos efeitos devido o arraste do açúcar. Os dados expostos na tabela 3 informam que normalmente os condensados do pré-evaporador (vapor de escape) são reutilizados em caldeiras pela sua eficiência enquanto que o vapor vegetal é direcionado para as outras etapas do processo.

Tabela 3 - Produção e uso dos condensados da fábrica do açúcar

Efluente Condensado	Tipo	Vazão Específica	Reaproveitamento	
			Caldeiras	Processo
Do aquecimento do caldo				
Aquecedores p/ açúcar	escape	160 Kg / t. cana açúcar		X
Da evaporação do caldo (5 efeitos com sangria no pré aquecimento e cozimento)				
Pré-evaporador (1ºefeito)	escape	414 kg / t. cana açúcar	X	
2º efeito	vegetal 1	84 kg / t. cana açúcar	X	
3º efeito	vegetal 2	84 kg / t. cana açúcar		X
4º efeito	vegetal 3	84 kg / t. cana açúcar		X
5ºefeito	vegetal 4	84 kg / t. cana açúcar		X
Do cozimento do açúcar				
Dos cozedores a vácuo	vegetal 1	170 kg / t. cana açúcar	X	
Do retardamento	diversos	20 kg / t. cana		X
Total		Kg / t cana açúcar	668	432
“Mix” de 50%		Kg / t cana total	334	216

Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

A estimativa de água utilizada na condensação do vapor do último efeito do conjunto de evaporação no condensador barométrico é de 4 m³/tc açúcar. No caso dos multijatos o aumento de água é de 20 a 25% do consumo, ou seja, aproximadamente 5 m³/tc açúcar. A água para condensação no evaporador de múltiplo efeito deve ser fria, o efluente produzido contém impurezas orgânicas arrastada do xarope, principalmente se houver problema com o separador de arraste, a DBO₅ é baixa e a temperatura é alta podendo chegar a 45°C (ELIA NETO e SHINTAKU, 2009). Estas águas normalmente são recicladas após passarem por bacia de aspersão ou torres de resfriamento para redução de temperatura. As perdas de água no sistema de resfriamento evaporativo são parcialmente compensadas pelo vapor condensado do último efeito.

Na etapa em que há o cozimento do xarope, utiliza-se aproximadamente 8 m³/tc de água fria para os condensadores barométricos dos cozedores. No caso de multijato, estima-se um aumento para aproximadamente 9,5 m³/tc (ELIA NETO e SHINTAKU, 2009). As perdas de água no sistema de resfriamento evaporativo são parcialmente compensadas pelo vapor que é condensado no condensador de vácuo.

Os dados expressos na tabela 4 informam que os condensados da fábrica são capazes de suprir a demanda requerida de água para caldeira em 334 Kg/TC total, quase 74% da necessidade de vapor requerida para um “mix” de produção industrial de 50%, (453 Kg/TC total segundo Elia Neto e Shintaku (2009)), e o restante (216 Kg/TC total) pode ser reutilizado no processo industrial.

Os condensados da fábrica que não são reutilizados na caldeira, como é o caso dos vapores vegetais, são direcionados aos processos industriais de preferência para aqueles que não necessitam de tratamento, conforme apresenta a tabela 4. Elia Neto e Shintaku (2009) ressaltam que na etapa da embebição somente a metade da vazão necessária pode ser reutilizada com condensados, é preciso ter o controle da temperatura da água utilizada nesta operação.

Tabela 4 - Uso dos condensados da fábrica de açúcar no processo

Efluente Condensado	Vazão específica	Condição de Reúso
Reúso na extração e no tratamento do caldo		
Embebição parcial (50%)	250 l / t cana total	Resfriamento parcial
Embebição parcial (50%)		Sem resfriamento
Preparo de leite de cal	30 l / t cana total	Sem tratamento
Preparo de polímero	15 l / t cana açúcar	Sem tratamento
Lavagem da torta	30 l / t cana total	Temperatura 60°C
Reúso na fábrica de açúcar		
Diluição de méis e magmas	50 l / t cana açúcar	Sem tratamento
Retardamento do cozimento	20 l / t cana açúcar	Circuito fechado
Lavagem do açúcar	10 l / t cana açúcar	Boa qualidade
Retentor de pó de açúcar	40 l / t cana açúcar	Após resfriamento

Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

Geralmente os efluentes dos multijatos e/ou condensadores barométricos da fábrica apresentam se caracterizam com baixo potencial poluidor, DBO₅ entre 10 e 40 mg/l, e alta temperatura (aproximadamente 45°C). O baixo potencial poluidor, em termos de matéria orgânica, está ligado à existência de separadores de arraste que diminuem ou evitam a contaminação do vapor a ser condensado com o açúcar. Estes equipamentos são instalados no

ultimo corpo da evaporação, nos cozedores a vácuos e também externamente na tubulação final de vapor vegetal (ELIA NETO e SHINTAKU, 2009).

O tratamento dos efluentes da fábrica consiste no seu resfriamento em tanques aspersores (“spray pond”) ou torres de resfriamento para que haja o reaproveitamento das águas frias com recirculação ao processo. O efluente efetivo referente às águas de resfriamento da fábrica, chamado de purga, se caracteriza com altas concentrações de matérias orgânicas e sólidos devido à recirculação para o reuso e compõe as águas residuárias que são enviadas para a lavoura.

A produção dos efluentes e o seu reuso, presentes na tabela 5, indica que é possível o aproveitamento hídrico por meio da combinação entre as etapas, o que resulta a redução da captação e lançamento gerando a otimização do processo industrial.

Tabela 5 - Balanço final de reuso dos condensados para o “mix” de produção de 50%

Produção	Reuso		
	Taxa (l / t. cana)	Utilizações	Taxa (l / t. cana)
Condensadores V E* e V V 1**	334	Caldeira	334
Demais condensados	241	Embebição e tratamento do caldo	318
Efluentes mornos de refrigeração de equipamentos	715	Reúso na fábrica de açúcar	60
Total	1290		712

* VE: Vapor de escape

**VV1: Vapor vegetal 1º Caixa

Fonte: Elia Neto e Shintaku, 2009.

Outro aspecto a ser explorado são as águas de descarte, que mediante a uma nova alternativa como forma de reaproveitamento, necessita na construção de um manancial alternativo para seu tratamento e direcionamento para fertirrigação. Porém, para a implantação de sistemas de tratamento avançado de efluentes para o reuso é preciso investimento em pesquisas e desenvolvimento tecnológico para significativos ganhos ambientais e econômicos.

Embora não haja restrições nos padrões de qualidades da água para irrigação há uma certa preocupação na possibilidade de ocorrência de eventos não programados, como acidentes, chuvas excessivas ou quando o canavial não necessita de água, por isso é de extrema importância que as águas residuárias sejam tratadas para a redução máxima da carga orgânica. A composição

das águas residuárias, formadas pelos diversos efluentes líquidos industriais, está expressa na tabela 6.

Tabela 6 - Características das águas residuárias enviadas à lavoura

Parâmetros	Águas Residuárias	
	CTC, 1995	CTC, 2008
Temperatura (°C)	40	-
pH	4	5.8
DBO5 (mg / l)	1.000 - 1.500	5.000
DQO (mg / l)	2.000 - 3.000	10.575
Sólidos Totais (mg / l)	8.000	6.000
Fósforo Total (mg / lp)	8	12
Nitrogênio Total (mg / ln)	20 - 40	70
Potássio (mg / l)	7 - 42	136
Óleos e Graxas (mg / l)	9 - 10	não determinado

Fonte: Elia Neto e Shintaku (2009).

Segundo ELIA NETO e SHINTAKU (2009), o setor gera em média 1,1 m³/tc de águas residuárias que são enviadas para lavoura. Suas características químicas apontam, atualmente, altas concentrações em termos de matéria orgânica e sais como o potássio, nitrogênio e fósforo devido o uso de circuito fechado. Tratando-se dos teores de sólidos, tudo indica que a redução ocorreu por conta da otimização da limpeza da cana no campo.

3 EXPERIÊNCIAS DO REUSO DA ÁGUA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO

As empresas de grande porte já estão implantando as práticas de reuso, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto, esta atuação tem direcionado muitas indústrias a buscarem um novo modelo para o gerenciamento da água em seus processos, considerando novas opções e soluções que impliquem na autonomia do abastecimento e racionalização.

Segundo ANSEMI (2009), um caso do uso racional que é tido como referência no setor, implantado em 2002, ocorre em uma usina localizada cidade de Ariranha, SP. A unidade possui um sistema de tratamento com capacidade de 150 m³/h de efluente bruto, composto de lagoas de aeração impermeabilizadas e ainda torres para maior aproveitamento dos condensados na indústria reduzindo o volume da captação de 1,8 m³/h para 0,7 m³/h. Também foram implantadas medidas como circuito fechado em toda refrigeração das moendas, separação de fuligem nas caldeiras e diminuição da lavagem da cana que consome muita água.

De acordo com a PILON (2010), um empreendimento localizado na cidade de Cerquillo-SP, possui um sistema de circuito fechado de resfriamento das águas de fabricação de açúcar onde as águas são bombeadas para um tanque dotado de aspersores onde são resfriadas para serem reutilizadas novamente no processo. A situação é expressa na tabela 7, evidenciando a captação que era feita antes e depois do circuito fechado.

Tabela 7 - Redução na captação da água após implantação do reúso

Empreendimento	Antes (m³ / t. cana)	Depois (m³ / t. cana)
Captação	19,14	10,09
Lançamento	18,88	9,83
Consumo	0,26	0,26

Fonte: PILON, 2010.

A usina reutilizava somente a água da lavagem da cana, ou seja, 3,02 m³/tc, mais com a implantação sistema, passou a reutilizar mais de 9,05 m³/tc na fábrica de açúcar. Assim o índice de reuso ficou em torno de 54% causando uma redução na captação de 47%. Em relação ao lançamento, com o circuito fechado, o rio deixou de receber 3000 m³/h de efluentes quentes com

DBO₅ de 45 mg/l que, embora estando dentro dos padrões da legislação ambiental, era considerado um efluente com impacto ambiental.

O caso de uma usina localizada em Goianésia, GO, monitora e gerencia o esgoto que é 100% tratado e, posteriormente, é incorporado ao processo de fertirrigação na área agrícola. A usina tem 4.300 e fabrica 10 mil toneladas de açúcar orgânico. A vinhaça é empregada na fertirrigação em 13 mil hectares juntamente com a água de lavagem de cana que passa pela estação de tratamento. Também é feita análise do solo, para evitar a saturação de potássio em determinadas áreas e a água do processo industrial é usada em circuito fechado havendo apenas reposição das perdas (ANSELM I 2006 a).

As iniciativas na gestão dos recursos hídricos também são observadas nas usinas do estado de Alagoas, com a implantação do sistema de circuito fechado em uma unidade localizada na cidade de São Miguel dos Campos, a redução foi significativa no consumo em toda a fábrica. Antes a usina captava do manancial 11mil m³/h , hoje, a captação é realizada em um açude da usina a uma taxa de 600 m³/h na safra e 200 m³/h. na entressafra. A reposição da água utilizada no processo é feita apenas para as perdas por arraste das três torres de resfriamento existentes. A usina possui estações de tratamento para as caldeiras e para o processo de diluição do mel, que exigem água de excelente qualidade. A água utilizada na lavagem de cana é reutilizada após permanecer, durante quatro dias, em uma célula de tratamento onde o sobrenadante é misturado com a vinhaça para ser empregado na fertirrigação (ANSELM I 2006b).

4 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DE ALAGOAS

O estado de Alagoas é o segundo menor em extensão territorial e sua economia tem sido muito dependente do setor agrícola, principalmente da produção da cana-de-açúcar (SANTOS 1997). Localizada predominantemente em terras úmidas, a cana-de-açúcar ocupa quase a metade da área geográfica do estado, como observado na figura 7, estendendo-se por quase todo o litoral, além da maior parte dos tabuleiros costeiros e da zona da mata (SURUAGY 1994). Os usineiros e fornecedores da cana ocupam o superior a 60% da área agricultável do Estado (SINDAÇUCAR, PE, 2009).

O estado de Alagoas conta atualmente com 26 indústrias do setor, das quais 18 são produtoras de açúcar e álcool, 5 unidades produzem apenas açúcar e o restante são destilarias autônomas. Os dados exibidos pela Sindaçúcar Al (2010), relatam que após seis meses de moagem as usinas alagoanas concluíram em abril o ciclo 2009/2010 onde foram esmagadas 24,2 milhões de toneladas de cana para produção de 2,1 milhões de toneladas de açúcar e 621 milhões de litros de álcool.



Fonte: Sindaçúcar AL, 2009.

Figura 7 – Mapa da área canavieira do estado de Alagoas.

Nos últimos anos, o setor sucroalcooleiro alagoano incorporou novos produtos como álcool e a cogeração de energia o que beneficiou o nível de especialização na produção e o aumento na disputa de mercado. As questões ambientais e sociais também conquistaram maior espaço no planejamento de um setor que se apresenta ainda mais dinâmico.

Segundo Mandl e Scaramuzzo (2006), os principais grupos de açúcar e álcool de Alagoas e Pernambuco, maiores produtores de cana do Nordeste, já produzem fora de sua terra o equivalente a toda produção da matéria prima processada nos dois estados juntos - cerca de 40 milhões de toneladas. O avanço constatado é reflexo dos grandes investimentos feitos no Centro-Sul do país, sobretudo em Minas Gerais, e mais recentemente nos estados do Centro-Oeste, região considerada a mais nova fronteira para os canaviais.

Em relação ao consumo de água, as usinas do estado de Alagoas apresentam valores razoáveis quando comparadas com as usinas de grande porte da região Centro Sul, em especial, as grandes usinas paulistas, comparação esta que deve ser realizada considerando-se apenas a necessidade hídrica, uma vez que esta só relaciona água e cana processada (BUARQUE 2003).

Buarque (2003) realizou uma pesquisa em 10 parques industriais do estado de Alagoas, dos quais 07 são produtores de açúcar e álcool, 01 apenas açúcar e 02 somente de álcool, indicando que o consumo da água varia de $0,7\text{m}^3$ a $12,2\text{m}^3$ por tonelada de cana esmagada. Segundo o autor essa variação é função das condições climáticas locais e dos processos produtivos que se diferenciam, basicamente, pela existência ou não de recirculação de água em algumas etapas do processo, podendo ser recirculação parcial ou sem recirculação.

Considerando a água um bem estruturante, a adoção de tecnologias voltadas para o uso racional e, conseqüentemente, redução do desperdício, refletirá favoravelmente para a sua conservação, Assim sendo, acreditando dessa forma contribuir para uma análise mais eficiente no gerenciamento das águas e para que possa servir como referencial na implementação de ações futuras e imediatas nos empreendimentos sucroalcooleiros, o presente trabalho focalizou as ações de reuso da água para fabricação de açúcar em uma unidade localizada no estado de Alagoas, relatando as suas respectivas repercussões.

5 OBJETIVO GERAL

O trabalho realizou o levantamento de dados dos recursos hídricos em uma unidade de produção de açúcar, localizada no estado de Alagoas, com ênfase nas práticas de reuso realizadas durante o processo de fabricação do açúcar.

5.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho compreenderam em:

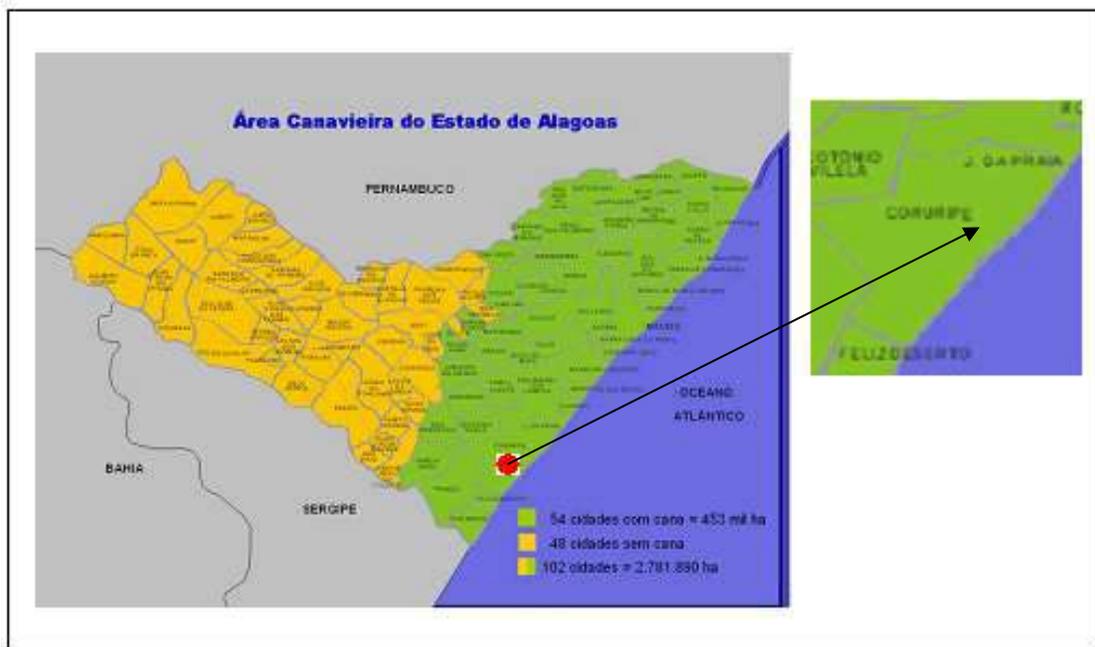
- 1 – Identificar a origem e a quantidade da água utilizada ao longo processo produtivo na produção do açúcar;
- 2 – Caracterizar as ações envolvidas no reuso da água durante o processo de fabricação do açúcar;
- 3 – Verificar o controle sobre o manejo das águas residuárias.

6 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido por meio de visitas técnicas e entrevistas com o gestor ambiental e a engenheira química da unidade em estudo para o conhecimento dos pontos de reuso, o tratamento e descarte das águas envolvidas no processo industrial da produção do açúcar.

6.1 Descrição da unidade em estudo

Localizada no município de Coruripe, situado na meso região da mata Atlântica Alagoana e na região dos tabuleiros de São Miguel dos Campos, a unidade em estudo está instalada nas proximidades do rio Coruripe. Possui uma área de aproximadamente 36 mil hectares (ha) que se dividem em áreas para o cultivo da cana (29 mil ha) e preservação ambiental (7 mil ha) e uma barragem com capacidade para o armazenamento de 60 milhões de m³ de água que tem como finalidade controlar a vazão do rio Coruripe para que não haja problemas com a irrigação.



Fonte: Sindaçúcar, AL, 2009.

Figura 8 – Mapa da localização da unidade em estudo, município de Coruripe, litoral Sul do estado de Alagoas.

A topografia da unidade industrial é classificada como plana (96%) e as encostas (4%) que apresentam declives que impossibilitam a futura mecanização da colheita são destinadas à recuperação da Mata Atlântica. O clima é subúmido, característico da zona litorânea, e a temperatura média anual é de 24,4 °C. Segundo MAIA e RIBEIRO (2004) o solo é classificado como argissolo amarelo distrófico abrupto fragipânico.

A usina é a maior unidade sucroenergética da região Norte Nordeste, apresenta altos índices de produtividade, nos últimos dez anos, a média produtiva foi de 79 toneladas de cana por hectare, superior a média da região que gira em torno de 60 t/ha. Os altos índices produtivos são resultados, em grande parte, dos investimentos direcionados à irrigação ocorridos nos últimos anos.

Na área cultivada (29 mil ha), 25 mil ha são irrigados sendo 7 mil ha fertirrigados e os métodos de irrigação empregados são aspersão e gotejamento. A colheita é 100% manual, no setor industrial, as áreas de preparação, extração, geração de vapor e energia são 100% automatizadas e nas áreas de tratamento do caldo, evaporação, cozimento, centrifugação e secagem a automação chega a 70%.

Para tratamento das águas residuárias, a unidade possui 7 lagoas e faz seu reaproveitamento na lavoura evitando o despejo no rio.

Em relação à co-geração, a unidade possui capacidade instalada de 32 MW, porém opera com 28 MW, o excedente é vendido.

Na safra 2007/2008 foram produzidos 2,8 milhões de toneladas de cana - 25,5% a mais do que a safra anterior - o que produziu 5,6 milhões de sacas de açúcar; 68,87 milhões de litros de álcool e 117,24 mil MW de energia elétrica. Na safra 2008/09 moeu-se 2.076.068,00 toneladas de cana própria e 762.211,00 de cana fornecida, totalizando 2.838.279,00 toneladas de cana. A produção de açúcar foi de 5.135.693 sacas e o álcool 81.170.948 litros. Na safra 2009/2010, a unidade produtora esmagou a maior quantidade de cana, 2,2 milhões de toneladas, além de ter sido responsável pela maior produção de açúcar do período, 235 mil toneladas.

A unidade apresenta certificações e premiações em relação à preservação do meio ambiente, entre eles destaca-se a conquista do 7º Prêmio FORD de Conservação Ambiental, o título de Posto Avançado da Mata Atlântica pela UNESCO, Reserva Particular do Patrimônio Natural do Ministério do Meio Ambiente e o prêmio Verde da Américas, na categoria "Desenvolvimento Sustentável". Também foi a primeira indústria sucroalcooleira do mundo a

obter a ISO 14001, concedida pela ABS Quality Evaluations às empresas que desenvolvem políticas de preservação ambiental em conformidade com os mais rigorosos padrões internacionais com a aplicação do modelo Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentado.

7 Resultados e Discussões

7.1 Descrição do processo industrial e uso da água na fabricação do açúcar na unidade em estudo

Após a pesagem e a amostragem, a cana é descarregada em cinco mesas de lavagem com inclinações de 45°(duas), 50°(duas) e 25°(uma), onde é lavada com aplicações de jatos d'água, em forma de cachoeira, com uma vazão de 5,5 m³/tc, um valor considerado médio quando comparado com a literatura. O grau de inclinação das mesas influencia na quantidade de água necessária para lavagem e os valores obtidos na unidade indicam que apenas a mesa de 25° não favorece uma economia maior de água, porém o valor da vazão não é alterado já que a unidade trabalha com o circuito fechado na lavagem da cana. Estima-se que são destinadas 20% das águas provenientes das colunas barométricas e dornas da destilaria para reúso na etapa da lavagem da cana. Dessa forma, a água utilizada na lavagem da cana é composta por duas parcelas, uma do decantador com vazão de 4,4 m³/tc, e outra dos condensados que reutilizados possibilitam uma economia de 1,1 m³/tc conforme a tabela 8.

Tabela 8 - Uso da água na unidade nas etapas de lavagem e embebição

Etapas	Uso processo	Reúso	Reposição
Lavagem	5.5 m ³ /tc	1.1 m ³ /tc	manacial + condensado
Embebição	4800 m ³ /dia	1140 m ³ /dia	manacial + condensado

No início da moagem, enche-se o decantador de fluxo contínuo que tem capacidade de 9.000 m³/h com água proveniente do rio Coruripe, após a lavagem, a água é bombeada e encaminhada através de canais, localizados abaixo das mesas, para o decantador circular de fluxo contínuo onde será tratada. No tempo aproximado de duas horas, ocorre a precipitação e decantação, o sobrenadante é encaminhado através de gravidade para a lagoa de sedimentação, denominada lagoa A. A água tratada é conduzida por gravidade até o poço de sucção onde se mistura com as águas provenientes das colunas barométricas e da destilaria, e em seguida seguem para o processo de lavagem.

A cada 06 horas é feita a coleta de água para verificação e controle do pH que deve estar sempre entre 7,5 e 10, caso contrário é acrescida a cal até que os padrões estejam estabelecidos, e

em seguida uma nova amostra é coletada para análise. O lodo decantado presente no decantador é enviado por gravidade para a lagoa B, e os efluentes das lagoas de sedimentação A e B são conduzidos para lagoa C onde são tratados com a técnica de biorremediação (aplicação de bactérias) para redução da matéria orgânica encontrada devido a realização das inúmeras recirculações. Posteriormente as águas são bombeadas em processo contínuo até a última lagoa e enviadas para a irrigação. No circuito das lagoas o volume tratado gira em torno de 3.000 m³/h.

Para o processo de extração, a usina possui dois conjuntos de moendas, cada um com 6 ternos com capacidade de moer 16.000 tc/dia. A embebição é do tipo composta, o acréscimo da água, com temperatura média de 60°C, acontece no 5° e 6° terno e a água utilizada é proveniente do rio e dos condensadores da fábrica (aproximadamente 30%). Utiliza-se um total de 200m³/h de água na embebição, ou seja, 4.800 m³/dia conforme a tabela 8.

Ainda no setor da extração, a água utilizada para limpeza dos mancais vem do rio Coruripe e o efluente gerado é coletado por tubos de drenagem situados no piso e encaminhado para lagoa de sedimentação B, o circuito realizado é aberto. Para o resfriamento dos mancais a água utilizada é oriunda de uma E.T.A (Estação de Tratamento da Água) já que a qualidade é um dos requisitos fundamentais nesta etapa para conservação dos equipamentos. No processo de refrigeração dos mancais, o circuito é fechado, a água depois de aquecida passa por um sistema de resfriamento e volta para a refrigeração, no entanto, com a troca de calor, é estimada uma perda de 10%.

O parque industrial possui duas tubulações que se unem e encaminham as águas para as colunas barométricas, uma tubulação é proveniente da ETA e a outra do sistema de resfriamento (águas das colunas barométricas, lavagem de cinzas e gases das caldeiras). Como esta etapa é realizada em circuito fechado, assim que utilizadas nas colunas barométricas as águas retornam para sistema de resfriamento tipo spray sendo em seguida recirculada para as tubulações.

A água utilizada nas 15 colunas barométricas dos cozedores e evaporadores são aquecidas e resfriadas em torres de resfriamento, uma parte retorna para as colunas e são reutilizadas, ou seja, trabalham em circuito fechado, enquanto outra parte é encaminhada para a etapa de lavagem da cana. Neste sistema há perdas por evaporação que são compensadas com água do rio Coruripe.

A vazão de água que segue para as colunas barométricas dos evaporadores e vácuos é de 10.000 m³/h, essa água vai resfriar as colunas dos condensadores barométricos. A vazão total da

torre de resfriamento que fica recirculando é de 4.500 m³/h. Todo condensado gerado na fábrica principalmente nas caixas iniciais de evaporação, em torno de 360 ton/hora, é direcionado para geração de vapor, e em média de 30% é voltado para geração de energia. Podemos observar, na tabela 9, que existe uma economia de água por conta da utilização dos condensados da fábrica que são direcionados para produção de vapor.

Tabela 9 - Produção dos condensados na fábrica

Vapor Produzido	Reuso (energia)	Reuso (fábrica)
(Ton/h)	(Ton/h)	(Ton/h)
360	180	252

* Ton/h: Tonelada por hora

No setor de tratamento, após as etapas de caleação, sulfitação e acréscimo do polímero, o caldo é pré aquecido em quatro regeneradores até uma temperatura de 105°C e pensando na economia de vapor, no 1º regenerador, é aplicada 250 m³/h de vinhaça para produção de vapor. O caldo bruto sai da moenda com uma temperatura de 44°C, assim que passa pelo 1º regenerador o caldo sai com uma temperatura de 55°C, a troca de calor reduz a temperatura inicial da vinhaça 93°C para 68°C.

No 2º regenerador são usados os condensados originados da fábrica (vácuos, aquecedores e evaporadores), sua vazão varia entre 150 e 180 m³/h. O caldo sai com temperatura 63°C. No 3º e 4º regenerador é utilizado vapor e o caldo sai com temperatura de 104°C. Calcula-se que nesta etapa há uma economia de vapor de 25 toneladas por hora, o que corresponde a uma média de 600 toneladas por dia.

Após o aquecimento o caldo é enviado para seis decantadores, com volume total de 1.900 m³, e permanecem em média de 04 horas em regime contínuo. Na saída dos decantadores existem peneiras que separam o caldo decantado, que é encaminhado para o setor de evaporação, e o lodo, que é encaminhado para os filtros rotativos onde será filtrado e separado, o caldo filtrado será novamente tratado, aquecido e decantado, ou seja, volta para o processo de fabricação e a torta é direcionada para lavoura junto com as águas residuárias.

No processo de evaporação, o caldo clarificado que foi encaminhado com aproximadamente 15º Brix entra em um conjunto de 06 vasos evaporadores de múltiplo efeito, visando concentra-lo até cerca de 68º Brix, ocorre a evaporação de cerca de 80% da água existente e sua consistência aumenta transformando-se em xarope. Na figura 9 observamos que a

água evaporada do caldo é condensada e repassada para a calandra do vaso seguinte onde é aquecida para que haja a evaporação da água contida no caldo.

O vapor utilizado para o aquecimento das calandras dos dois primeiros vasos é proveniente das caldeiras, e o condensado gerado é chamado de condensado de vapor de escape (VE) e retorna para alimentação das caldeiras. O vapor gerado pelo aquecimento do caldo, dos dois primeiros vasos (efeitos), é utilizado na calandra do terceiro efeito e assim sucessivamente, gerando o condensado vegetal. O processo é repetido em todos os efeitos subseqüentes que formam os evaporadores de múltiplos efeitos. No último efeito, os gases despreendidos do caldo em ebulição seguem para um condensador barométrico onde se condensam. O condensado vegetal gerado nos quatro últimos vasos é utilizado na embebição, preparo do polímero e leite de cal, aquecimento no regenerador e outros processos não relacionados com a produção do açúcar.

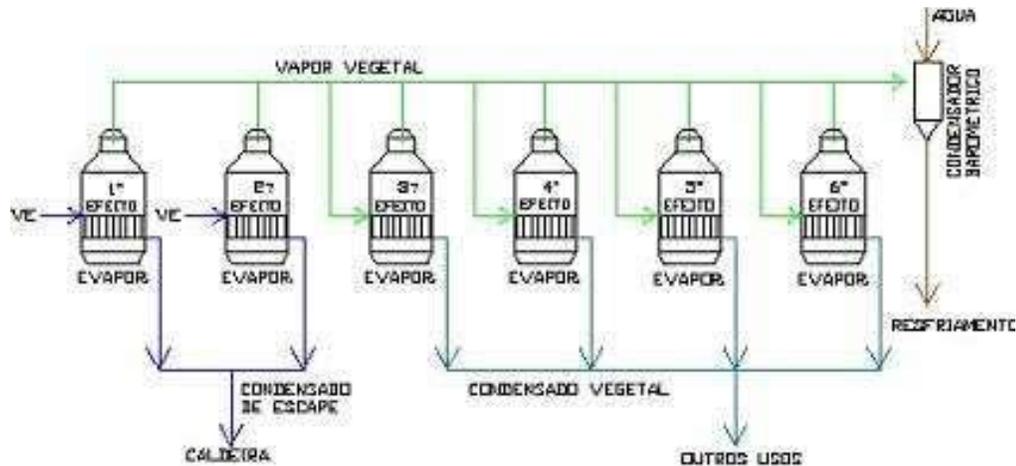


Figura 9 - Esquema dos evaporadores de múltiplos efeitos da unidade em estudo.

Após o processo de evaporação, o xarope é bombeado para 13 cozedores, onde ocorre um aumento na concentração por conta da evaporação (14%), convertendo o xarope em massa cozida. Os gases despreendidos do xarope em cozimento seguem para um condensador barométrico, a água condensada vegetal gerada juntamente com a dos evaporadores tem o mesmo destino. A massa que sai dos cozedores é cristalizada resultando em cristais que são encaminhados para centrifugação onde com auxílio de água quente e vapor são lavados. Em seguida, o açúcar é direcionado para um secador de ar quente para que fique totalmente seco e finalmente é embalado.

O levantamento de campo mostra a existência de reuso da água nas etapas de lavagem de cana, resfriamento dos mancais, condensadores barométricos e a condensação dos gases gerados nos evaporadores e cozedores, conforme apresentado na tabela 10. Existem dois circuitos de água de barométricas, o da barométrica dos evaporadores que funciona em circuito aberto (a água utilizada vai para a lavagem das canas e posteriormente para irrigação) e o das barométricas dos cozedores que funcionam em circuito fechado, a água após utilizada é resfriada numa torre de resfriamento e volta às barométricas.

Tabela 10 - Sistemas de reuso da unidade em estudo

Etapas	Circuito	Reuso
Lavagem da cana	Fechado	Provém colunas barométricas e resfriamento da destilaria
Resfriamento dos mancais	Fechado	-
Condensadores barométricos	Semi fechado	Vai para lavagem
Evaporadores e Cozedores (vapor de escape e vegetal)	-	Vai para caldeiras e etapas da fábrica

Em relação ao conjunto de lagoas de tratamento para as águas residuárias, a unidade, com a prática da fertirrigação, economiza na captação o equivalente a quantia necessária para a irrigação de 7 mil ha.

8 CONCLUSÃO

Os circuitos fechados e as formas de reuso presentes na unidade apontam eficiência no processo, garantem a redução na captação e anulam o descarte em corpos d'água o que favorece uma situação mais equilibrada ao manancial envolvido no processo industrial. Desta forma, acredita-se que o reuso praticado na unidade é um instrumento de gestão na racionalização dos recursos hídricos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSEMI, Renato. Circuito fechado reduz captação de água na Caeté. **Jornal Cana**, p. 30. Entrevista realizada com Hélio Soares. Edição Abril / 2006 a.

ANSEMI, Renato. Meio ambiente é parceiro do setor sucroalcooleiro. **Jornal Cana**, p. 16 – 17. Entrevista realizada com Ivan César Zanatta. Edição Novembro / 2006 b.

ANSEMI, Renato. Projeto do Grupo Colombo tornou-se referência no setor. **Jornal da Cana**, p. 29 – 33. Entrevista realizada com Hélio Pavani. Edição Dezembro / 2009.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo código florestal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acessado em 05 ago 2009.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acessado em: 22 set 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe de parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acessado em: 25 jul. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes para a prática do reúso direto não potável de água e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 nov. de 2005.

BUARQUE, Diogo Costa. **Critérios para a outorga de uso da água para a indústria sucroalcooleira**. Maceió, 55 p. 2003. Trabalho de conclusão do curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2003.

CARMO, Vadson Bastos. Uso da água na produção de etanol de cana de açúcar – fase industrial. Painel 3. **Workshop Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas**, Unicamp, Campinas – São Paulo, 2008.

ELIA NETO, André. Água na Indústria da Cana de açúcar. **Workshop Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas**, “Aspectos Ambientais da Cadeia do Etanol de Cana de açúcar”. Painel I. Centro de Tecnologia Canavieira, São Paulo. São Paulo, 2008.

ELIA NETO, A; SHINTAKU, A; DONZELLI, J.L. **Processo Agroindustrial**. Manual de Conservação e reúso de água na Agroindústria Sucroenergética. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do estado de São Paulo; União da Indústria da cana de açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Cap. 4, p. 55 – 65. Brasília, 2009.

ELIA NETO, A; SHINTAKU. **Usos e reúsos de água e geração de efluentes**. Manual de Conservação e reúso de água na Agroindústria Sucroenergética. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do estado de São Paulo; União da Indústria da cana de açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Cap. 5, p. 69 – 176. Brasília, 2009.

ELIA NETO, A. Uso e reúso da água na indústria canavieira. **Workshop on the Impact of new technologies on the sustainability of the sugarcane/bioethanol production cycle**. Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE. Campinas, São Paulo, maio 2009.

FIESP / CIESP - Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e Reúso de Água**. Manual de orientações para o setor industrial. Vol. 1. 92 p. São Paulo, 2004.

FIESP / CIESP - Federação e Centro das Industrias do Estado de São Paulo. **Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa**. São Paulo, Set. 2001. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/relatorio_dma.pdf>. Acessado em: 16 jul 2009.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação (Mestrado da Escola Politécnica de São Paulo), Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, 1987.

LEITE, Homero Tadeu de Carvalho. A sustentabilidade e o uso da água. **Workshop Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas**. “Uso da água na Produção de etanol de cana de açúcar”. Painel I. Unicamp, Campinas SP, nov. 2008.

MAIA, J. L. T, Ribeiro, M. R. Propriedades de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasil, Embrapa, 2004**, vol.39, n.1, p. 79-87. Brasília, 2004. Disponível em: <webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab2004/janeiro/v39n01a12.pdf>. Acessado em: 15 mar. 2010.

MANDL, Carolina; SCARAMUZZO, Mônica. Usinas do Nordeste se “nacionalizam”. Secretaria da Agricultura, Irrigação e reforma agrária do Estado da Bahia – SEAGRI, (25/09/2006). Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view¬id=7752>>. Acessado em: 25 mar. 2010.

MENDES, B. S.; OLIVEIRA, J.F.S. Qualidade da água para consumo humano. Lisboa: LIDEL Edições Técnicas, 626 p. 2004.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 5º Edição, 434 p.1997.

PILON, J. **Resfriamento das Águas da Fabricação de Açúcar da Usina Santa Maria**. Cerquilha, São Paulo, 2010. 5º Prêmio FIESP Conservação e uso de água. Disponível em: <www.fiesp.com.br/arquivos/2010/premio_agua/jpilon.pdf>. Acessado em: 18 abr. 2010.

PROCKNOR, Celso. **Uso racional da água**. Procknor Engenharia. Abril 2002. Disponível em: <<http://www.procknor.com.br/stabmarabr02.htm>>. Acessado em: 19 fev. 2010.

REBOUÇAS, A. C. et al. **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Editora Escrituras, p. 1. 1999.

SANTOS, F. A. A. **Crédito rural e produtividade na agricultura alagoana, 1973 / 94**. Maceió, 1997. 71 p. Dissertação (Departamento de Economia) Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 1997.

SINDAÇUCAR, AL - Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas. **Entressafra** “Usinas encerram safra com produção de 24,2 milhões de toneladas de cana”. Publicado em: 15/04/2010. Disponível em: <<http://www.sindicucar-al.com.br/www/noticiasTexto.asp?id=2394>>. Acessado em 25 Abr. 2010.

SINDAÇUCAR, AL – Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas. **Mapa da Produção do estado de Alagoas**. Disponível em: <http://www.sindicucar-al.com.br/www/area_canavieira.htm>. Acessado em 25 Abr. 2010.

SINDAÇUCAR, PE - Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Pernambuco. **Acompanhamento safra 07/08 sucroalcooleira Norte/Nordeste - Produção**. Disponível em: <<http://www.sindicucar.com.br/?acao=estatisticas>>. Acessado em 02 Nov. 2009.

SOUZA, M. A. A. A imposição ambiental como fator indutor da implantação do reúso da água. In: **Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste. ABRH**. Goiânia, GO, 2004.

SURUAGY, D. **Resgate Moral**. Maceió: Gravitex, 1994.

TAUBE, Jaqueline Stamato. Menos água mais tecnologia. **Revista Canamix**, p.42- 48. Edição: Jun. 2009.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP. Fluxograma da Produção de Açúcar e Álcool. 2009. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=29960>>. Acessado em: 20 abril 2010.

UNICA – União da Indústria de Açúcar. **Produção da Indústria Sucroalcooleira**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>>. Acessado em 25 de ago 2009.

APÊNDICE

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

IEE – INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA

PÓS GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E NEGÓCIOS NO SETOR ENEGÉTICO

Aluna: Mônica Pereira Carnaúba

Orientadora: Prof^a Geóloga Aba Cristina Pasini

Monografia: O reuso da água na produção do açúcar

Questionário realizado na unidade em estudo

Objetivos: Identificar e caracterizar quantitativamente a captação e utilização da água ao longo do processo; analisar o controle sobre manejo das águas residuais; determinar impactos econômicos e ambientais e caracterizar as ações envolvidas na reutilização da água.

- Espécies cana? Moagem da ultima safra? Gera quanto energia/dia?
- Recurso hídrico só do Rio Coruripe?
- Cana colhida inteira ou picada? Interfere no uso da água?
- Existe pré-tratamento antes da utilização da água?
- Quais as ações envolvidas na reutilização da água?
- Quais as etapas que possuem os sistemas fechados da usina
- Na lavagem posição da mesa influi na quantidade de água utilizada?
- Existe diferença na quantidade de terra contida na cana durante alguma época da colheita? Quantidade de água utilizada para lavagem de 1 t. cana?
- Nos circuitos fechados é gerado algum tipo de efluente? Qual seu destino? Qual tratamento e quanto tempo? (se falar sobre lagoas, existe alguma especificação do tamanho, profundidade e tipo de solo que interfira no processo?)
- Quais os problemas do reuso?
- Como funciona o manejo das águas residuais, tem algum tratamento? Qual seu destino?
- A quantidade maior de nutrientes contida nas águas que são reutilizadas na lavoura cria algum tipo de problema (solo com nutrientes alterados)?

