

BIONERGIA EM REVISTA: DIÁLOGOS

Diagnóstico hídrico em destilarias de álcool em São Paulo

Diagnosis hydric in the sugar industry and alcohol of São Paulo state, Brazil

Diagnóstico hídrico en la industria del azúcar y el alcohol en São Paulo Brasil

F.C. da Silva¹; M.A.A. Cesar²; J. de Moraes³; M. Vilela⁴; C. Mendes⁵

Resumo

Com a escassez dos recursos hídricos em várias bacias hidrográficas (PCJ – Piracicaba, Capivari e Jundiaí) na Região Sudeste do Brasil, promulgou-se a Lei 9.433/97 que tem forçado o setor produtivo a minimizar seus consumos de água. Por isso, é essencial para estabelecer padrões de referência para captação de água racional das atividades agro-industrial, ou seja, obter-se valores de referência aceitáveis para a captação água e utilização em função da capacidade de produção de açúcar e álcool. A agroindústria da cana de açúcar é um grande usuário de água em diferentes etapas do processo, como: lavagem da cana, condensadores, lavadores de gases; embebição; caldeiras; lavagens, resfriamento, entre outros. Este trabalho apresenta um estudo de caso de uma unidade na Região de Piracicaba - SP, onde foi realizado balanço hídrico e avaliação as demanda de água por

¹ Embrapa Informática Agropecuária/ CNPTIA – FATEC Piracicaba, Campinas - SP; Embrapa Informática Agropecuária/ CNPTIA – FATEC Piracicaba, Campinas - SP;

² LAN-ESALQ/ USP – FATEP/IAT, Piracicaba SP;

³ FT/UNICAMP, Limeira SP

⁴ FATEP / Dedini S/A Industrias de Base, Piracicaba - SP

⁵ FT/UNICAMP, Limeira SP.

Contato: F. C. da Silva – Embrapa/CNPTIA – Fatec, Av. André Tosello, 209, Caixa Postal 6041, - Campinas, São Paulo – Brazil CEP: 13083-886 – Phone: 55 (19) 3211-5796– e-mail: fcesar@cnptia.embrapa.br

processo, visando opções de reúso interno e minimização da quantidade de água captada. A metodologia utilizada para balanço hídrico foi satisfatória, uma vez que apresentou resultados que são considerados compatíveis com as observações da literatura e da prática das unidades sucroenergéticas. Constatou-se que a usina estudada utiliza quatro mananciais de abastecimento, que os circuito de água de lavagem de cana e de alimentação dos condensadores são semi-fechados e que a demanda hídrica é de 1,0 m³/TC. Foi possível estimar com êxito e revelar claramente os valores reais de consumo de água no processo produtivo em uma unidade com capacidade de moagem de 310 TCH.

Palavras-chaves: balanço hídrico, sustentabilidade ambiental, cana-de-açúcar, agroindústria, sucroenergético.

Abstract

In southeastern Brazil has sought the sustainable use of water resources, clean-up actions for structuring and to promote more rational use of their natural resources, through the river basin Committee, established rates for collecting for rivers: Southeastern, Piracicaba (PCJ – Piracicaba, Capivari and Jundiaí). Law 9433/97 has forced the productive sector to reduce their water consumption. So it is essential to establish benchmarks for rational water abstraction agro-industrial activities, i.e. establish an acceptable value reference for water abstraction production capacity of sugar and alcohol. The sugar cane agro-industry is a major user of water in different stages, such as cleaning of the cane, condensers, scrubbers, soaking, boilers, washing, cooling, among others. This paper presents a case study of a unit in the region of Piracicaba - SP, which was carried out water balance and water demand for evaluation process, designed internal reuse options and minimizing the amount of water abstracted. The methodology used for water balance was satisfactory, since it presented results are considered consistent with observations from literature and practice of sugar and energy units. It was found that the plant utilizes four sources of supply, the circuit of cane wash water and power capacitors are half-closed and the demand for water is 1.0 m³ / CT. It was possible to estimate the success clearly show

the real values of water consumption in the production process in units with crushing capacity of 310 TCH.

Work-keys: water balance, environmental, agribusiness, sugarcane, sugar and energy.

Resumen

Con la escasez de recursos hídricos en algunas cuencas (PCJ – Piracicaba, Capivari y Jundiaí) en el sureste de Brasil, se promulgó la Ley 9433/97 que ha obligado al sector productivo a reducir su consumo de agua. Por tanto, es fundamental establecer puntos de referencia para el uso racional del agua en actividades agroindustriales, o sea, establecer un valor aceptable para las actividades que consumen de agua para la producción de azúcar y Alcohol. La industria azucarera es un usuario importante de agua en diferentes etapas, como se lavado de la caña (limpieza húmeda), condensadores, lavadores, remojo, calderas, refrigeración, entre otros. Este trabajo presenta un estudio de caso de una unidad en la región de Piracicaba - SP, adonde se llevó a cabo el balance hídrico y el cálculo de la demanda de agua para el proceso de producción, evaluación, de opciones internas para reutilizar y reducir al mínimo la cantidad de agua extraída. La metodología utilizada para el equilibrio hídrico fue satisfactoria, ya que presentó resultados considerados consistentes con las observaciones de la literatura y la práctica de unidades de azúcar y la energía. Se encontró que la planta utiliza cuatro fuentes de abastecimiento, el circuito de agua de lavado de caña y condensadores es semi-cerrado y la demanda de agua es de $1,0 \text{ m}^3 / \text{TC}$. Fue posible estimar claramente el valor real de consumo de agua en el proceso de producción en unidades con capacidad de molienda de 310 TCH.

Palabras llaves: balance de agua, medio ambiente, la agroindustria, el azúcar y la energía.

1- Introdução

1. 1- Generalidades

O PROÁLCOOL foi o programa de maior sucesso em energia de biomassa dessa época. Destilarias Autônomas aparecem no cenário da produção de álcool no Brasil a partir de 1979 em resposta a 2ª fase do Programa de Álcool. No final da década de oitenta, uma parte significativa da frota brasileira de veículos automotores era movido a álcool hidratado, e o álcool anidro passou a ser misturado à gasolina. Paralelamente, a cultura da cana-de-açúcar expandiu-se enormemente, principalmente em São Paulo, que, ao mesmo tempo, é o maior mercado de demanda de veículos do país e a região onde praticamente se concentrava, à época, a indústria automobilística brasileira.

Embora a produção de Álcool já existisse antes da criação do Proálcool não era importante no contexto nacional e a sua produção era considerada como subproduto da indústria de açúcar. O Programa partiu de uma produção da safra de 1975/76 que era de 675 milhões de litros de álcool, na safra de 1984/85 uma produção de cerca 9,5 bilhões de litros e na safra 2002/03 na ordem de 11,1 bilhões de litros.

O Proálcool foi dividido em duas fases:

- 1ª.fase: que vai de sua criação até o ano de 1979, que se caracterizou pela produção de álcool anidro, que adicionado na gasolina, economiza barris de petróleo.
- 2ª.fase: que vai de 1979 até os dias de hoje. Nesta fase preocupou-se com o desenvolvimento de motores movidos exclusivamente a álcool hidratado.

A produção brasileira de álcool é uma das maiores do mundo e obtida por fermentação e posterior destilação. Nos últimos anos, tem-se 414 usinas distribuídas pelo país - das quais 151 são produtoras de etanol, 15 de açúcar e 248 mistas -,

industrializaram um total de 490 milhões de toneladas de cana, em 2008, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Isso significa que houve o consumo aproximado de 882 milhões de m³ de água pelas usinas, mesmo que a maioria tenha circuitos de águas fechados.

Há uma redução do consumo de água nas usinas é uma preocupação antiga do setor sucroenergético, por se tratar de um recurso natural vital, e com oferta limitada. Tendo os valores de consumo de água nas usinas era à 20 anos de 10,0 m³ por tonelada de cana processada, e hoje gira em torno de 1,8 m³ por tonelada de cana. A Secretaria do Meio Ambiente, através do decreto SMA-88 de 19 de Dezembro de 2008, determina que, para novas usinas e para as ampliações de usinas existentes, o consumo de água deva ser de 0,7 m³ por tonelada de cana processada.

1.2- Usos da água

A água é um patrimônio da humanidade, um elemento vital para todos os ecossistemas e sociedades humanas, devendo ser compartilhada com as gerações atuais e futuras que habitam as bacias hidrográficas e suas fronteiras. Existe uma crescente preocupação em preservar este bem natural, afinal, água com boa qualidade e suficiência gera riquezas, desenvolvimento e propicia vida saudável.

Grande parte das doenças existentes hoje no mundo em vias de desenvolvimento é causada pelos serviços deficientes de saneamento básico, evidenciando a importância do tratamento da água e sua distribuição universal. Além disso, é necessário eliminar a idéia de que a água é um bem infinito e que a renovação natural e o volume desses recursos por si só têm a capacidade de autodepuração, onde, na medida em que as populações e as atividades econômicas crescem, muitos países estão atingindo rapidamente condições de escassez de água ou se defrontando com limites para o desenvolvimento econômico.

A água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como

elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

Quadro 1 - Consumo Médio d'Água por Produtos Agrícolas

Produtos Agrícolas (1 Kilo)	Necessidades d'água (litros)
trigo	900
milho	1.400
arroz	1.910
carne de frango	3.500
carne de boi	100.000

Fonte: Armand, 1998 e Freitas, 1998.

Na indústria para se obter diversos produtos as quantidades d'água necessárias são muitas vezes superior ao volume produzido.

Quadro 2 - Consumo Médio d'Água por Produtos Industriais

Produtos Industriais	Necessidades d'água (litros)
1 litro de gasolina	10
1 kg de açúcar	100
1 kg de papel	250
1 kg de alumínio	100.000

Fonte: Armand, 1998 e Freitas, 1998.

Os planos racionais de utilização da água têm como objetivo geral assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza.

Em uma unidade agro-industrial canavieira, em média, estima-se um consumo de 22 m³ / t cana para uma usina com destilaria anexa tendo 50% da cana para produção de álcool e os outros 50% para açúcar (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2009). O consumo de água numa usina não é estático, pois se leva em conta as diversas variâncias nas operações unitárias e o layout da usina. Devem ser consideradas as reutilizações da água nos vários circuitos, com ou sem tratamento. Busca-se tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da degradação.

A comunidade internacional durante a ECO-92; aprovou um documento contendo compromissos para mudança do padrão de desenvolvimento no próximo século, denominando-o Agenda 21. Segundo a agenda 21, propõem-se as seguintes áreas de programas para o setor de água doce:

- Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- Avaliação dos recursos hídricos;
- Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- Abastecimento de água potável e saneamento;
- Água e desenvolvimento urbano sustentável;
- Água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Até hoje as destilarias não pagam pelo uso da água, mas com a nova legislação em tramitação na Câmara dos Deputados, há a possibilidade de taxação. Frente a esta nova possibilidade torna-se oportuno proceder ao balanço hídrico das destilarias bem como o desenvolvimento de tecnologias visando melhorias. A Secretaria do Meio Ambiente, através do decreto SMA-88 de 19 de Dezembro de

2008, determina que, para novas usinas e para as ampliações de usinas existentes, o consumo de água deva ser de 0,7 m³ por tonelada de cana processada.

1.3- Fluxograma da obtenção do Álcool

A tecnologia do álcool abrange diferentes operações unitárias, que tem por objetivo a transformação das várias substâncias fermentescíveis em álcool. Estas operações de transformação são de natureza química, bioquímica e física.

O álcool obtido por via fermentativa envolve duas etapas distintas e complexas: a fermentação e a destilação, de cujo desempenho depende a quantidade e qualidade do produto final. O caldo de cana, é um meio bastante favorável ao desenvolvimento do processo fermentativo. Nas dornas, o caldo é misturado com o levedo alcoólico, que, de imediato inicia o processo fermentativo.

O levedo alcoólico, nada mais é que uma suspensão de microorganismos que recebe a denominação de “pé-de-cuba”, pé-de-fermento” ou simplesmente “fermento”. Vários são os tipos de fermento; a sua escolha vai depender das condições técnicas da destilaria, sendo recomendados apenas os selecionados e prensados.

A fermentação alcoólica pode ser dividida em três fases distintas, segundo a produção de álcool, CO₂ e calor em: fermentação preliminar, principal e complementar.

Da ação fermentativa do levedo sobre o mosto, vai resultar o vinho, que contém em suspensão células de leveduras, as quais deverão ser recuperadas e reutilizadas no próximo ciclo de fermentação.

Das dornas de fermentação, o vinho é enviado ao decantador, de onde vai às turbinas. Neste aparelho, pela ação da força centrífuga, obtêm-se vinho de levedurado e leite de leveduras. Os vinhos delevedurado, isentam de leveduras, arrasta consigo as células de bactérias, vai para a dorna volante onde fica à espera da destilação.

Por outro lado, o leite de levedura que é uma suspensão de alta concentração celular, é enviado para as cubas de tratamento, onde é diluído com água e é tratado com ácido sulfúrico. Este tratamento é um processo seletivo, onde se eliminam as bactérias remanescentes e as células de leveduras velhas, deixando, nestas condições o fermento apto a ser reutilizado em um novo ciclo de fermentação.

Da dorna volante, o vinho de levedurado, segue para a caixa de vinho, colocada na parte mais alta da destilaria e daí vai alimentar a coluna de destilação.

Para separação do álcool dos demais componentes do vinho, se emprega uma série de destilações específicas, baseadas na diferença entre os pontos de ebulição das substâncias.

Por meio de processos de destilação e retificação, sempre se consegue uma solução hidroalcoólica, que nunca excede a 97,2° GL, mesmo quando submetida a sucessivas destilações. A explicação desse fato é que a água forma com o álcool uma mistura binária de proporções definidas e não fracionáveis pelos processos normais de destilação, denominada mistura azeotrópica.

Para se conseguir o álcool anidro é necessário, além dos processos normais de destilação, um artifício para que possa fracionar a mistura azeotrópica. Isso se consegue na prática industrial, através de processos químicos e físicos. Os processos químicos são os que tratam os líquidos ou vapores com substâncias capazes de absorver água como, por exemplo, o sistema ciclohexano. Os processos físicos são os que deslocam, ou mesmo suprimem, o ponto de azeotropismo, como por exemplo, o processo de Melle-Guinot. Nesses processos obtém-se um álcool anidro com uma concentração de 99,5 a 99,8° GL.

1.4- Uso e importância do balanço hídrico

A elaboração de um balanço hídrico se constitui numa fonte de dados, que são calculados aritmeticamente e a sua manipulação permite:

- Determinar a quantidade de água e conhecer suas fontes e as medidas necessárias caso aquela não seja suficiente.

- Distinguir os processos de utilização de água, tais como as quantidades de recirculação e aproveitamento, cujo objetivo final é a obtenção de “fluxogramas de processo”.
- Efetuar o dimensionamento de tubulações (coletores, distribuidores, entre outros), bombas e estação de tratamento de água (ETA).
- Estimar a quantidade de efluentes e estabelecer os esquemas para o seu tratamento.
- Avaliar o impacto do uso da água pela destilaria.

2- Fonte de Água

É importante possuir uma boa e farta fonte de água nos casos da implantação da destilaria autônoma, no que se refere ao aspecto de abastecimento de água bruta.

2.1- Origem da água

2.1.1 a) cursos de água (“águas superficiais”): constituem o caso mais freqüente.

- captação direta
- bacia de acumulação (barragens ou diques)
- gravidade (canais, canais mais bombas)

2.1.1 b) água subterrânea - poços profundos.

2.2- Tipos de captação

2.2(1) Bombas afogadas

2.2(2) Bombas em sucção

2.2(3) Tipo misto

2.2(4) Captação flutuante

2.3- Acionamento das bombas

Na maior parte dos casos, as bombas são acionadas por motores elétricos. Embora a instalação de motores diesel seja perfeitamente possível, o uso de derivados de petróleo limita sua aplicação.

3 – Material e Métodos

Durante todo o desenvolvimento do diagnóstico buscou-se promover o maior número de determinações de vazão, com o intuito de caracterizar ao máximo todos os sistemas de uso e reuso de água na usina, incluindo os sistemas de uso de água em circuitos, fechado, semi-aberto e aberto. Como resultado se obteve um grande número de valores de vazão, sendo que alguns são mais ilustrativos e/ ou informativos de recirculação dentro de sistemas específicos de uso da água, não sendo de grande relevância para o balanço do consumo e distribuição de água na usina. Organizou-se todos os valores medidos pelo estudo desenvolvido, divididos pelo tipo de água, bruta, clarificada, condensada, desmineralizada, potável, residuária e a torre de resfriamento da destilaria que alimenta vários pontos, o seu uso (na tabela, chamado de característica), os pontos especificam e os valores foram determinados.

Em decorrência destes fatos, na grande parte dos resultados obtidos, a metodologia utilizada acabou sendo por métodos elementares de cálculo, com variações de escalas de volume e de tempo, poucas determinações de vazão se deram através das características técnicas dos equipamentos de consumo e vazões de água de seus fabricantes, já que, estes valores apontados em projetos estão susceptíveis a variações de acordo com a forma que se promove à manutenção dos mesmos. Em relação à determinação de vazão por método ultrassônico, deve-se ressaltar que o mesmo apresenta uma margem de erro por volta de 5%. Informações complementares se fizeram por cálculos elementares de balanço de massa, deste modo efetuou-se o Balanço Hídrico associado à utilização de planilhas

do Excel utilizada como fonte de dados para mensuração no programa MATLAB, com aplicação de valores associados ao grau de incerteza relacionado ao método adotado para obtenção dos valores de vazões encontrados através de medições instantâneas, com equipamentos portáteis, balanços de massa e informações de projeto.

3.1. Localização dos pontos de aplicação e utilização da água no processo de fabricação do álcool

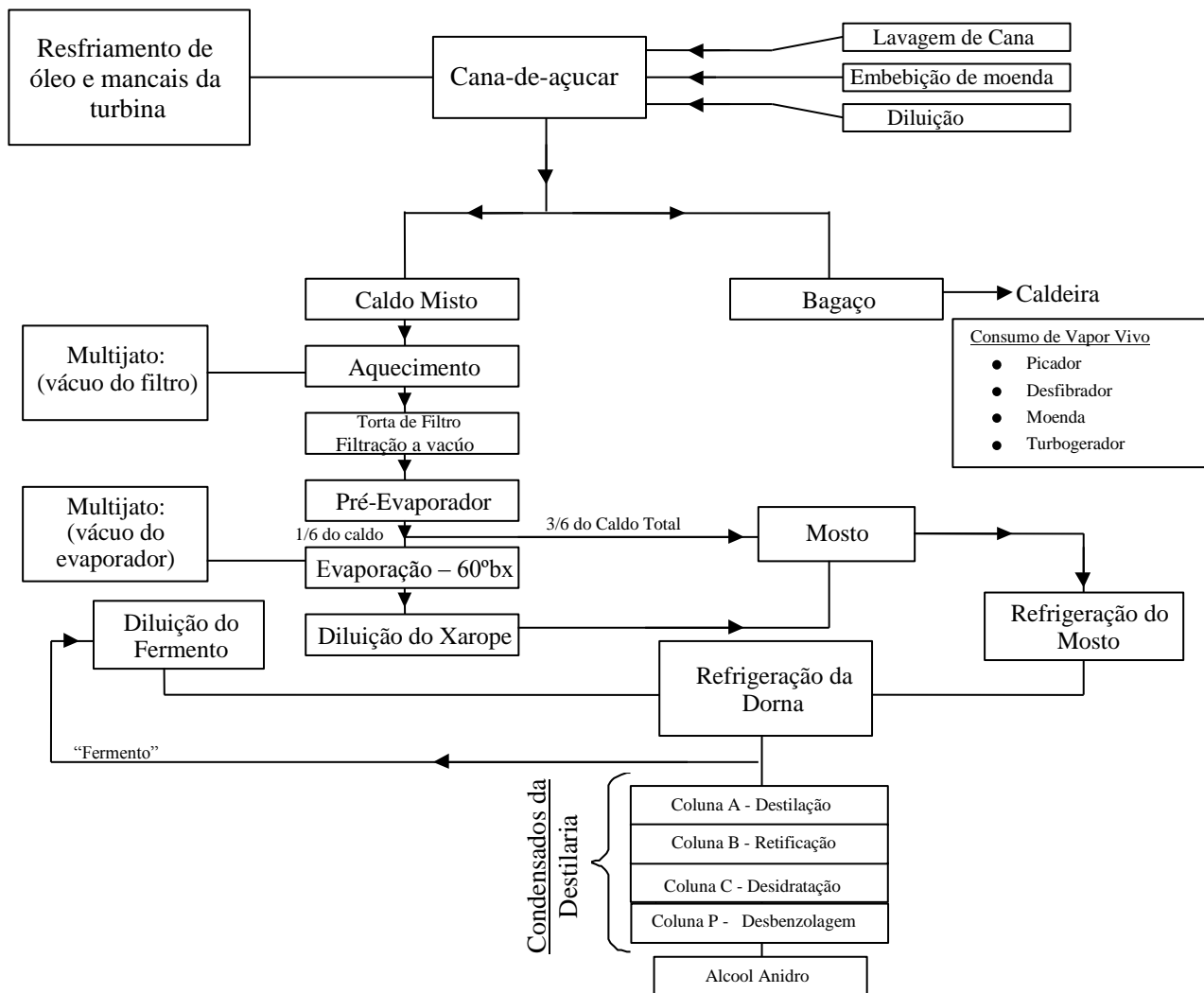
As quantidades médias de água e os pontos de aplicação no processo, como nota-se na Figura 1, os quais foram os seguintes:

- a. Lavagem da cana, quando ainda há corte de cana queimada (é realizado na mesa inclinada de 45° ou na convencional, trata-se da ação da água para retirar as impurezas externas que são trazidas pela cana), o que foi substituída pelo sistema de limpeza a seco. O consumo médio varia para a mesa convencional de cerca de 5 a 10 m³ de água por tonelada de cana e no caso da mesa inclinada de 45° varia de 3 a 5 m³ por tonelada de cana.
- b. Embebição da Moenda (a água utilizada para retirar o açúcar que não foi retirado pelos primeiros ternos da moenda). Em media varia de 200 a 300% do peso de fibra em água por tonelada de cana.
- c. Água da Caldeira (é usada para formar o vapor vivo e de escape que será distribuído pelo processo). A quantidade de água consumida por tonelada de cana na caldeira varia de 540 a 570 litros, dependendo da eficiência da caldeira.
- d. Água de diluição do Leite de Cal (a solução de leite de cal varia de 6 a 10° Baume de concentração e faz a diluição à partir do cal virgem - CaCO₃). O consumo de H₂O por tonelada de cana é da ordem de 45 a 70 litros, dependendo do grau de Baume.

- e. Água de Lavagem da Torta de Filtro à vácuo (o lodo que sofreu mistura com o bagacilho possui ainda açúcar que é levado pela água no filtro rotativo a vácuo). O consumo é da ordem de 1 a 1,5 L de água por quilo de torta de filtro produzida.
- f. Resfriamento do Óleo das turbinas à vapor que acionam as o picador, ternos da moenda e turbo gerador. Consumo: 450 a 470 Kg de água por tonelada de cana.
- g. Resfriamento dos Mancais da Moenda e Engrenagens Intermediários. Consumo: 100 a 125 Kg de água por tonelada de cana.
- h. Condensação dos Vapores na Evaporação e na Filtração (incluindo o arrastamento do ar e gases amoniacais).
- i. Diluição do “Leite” de Leveduras no Pré-Fermentador. Consumo: 180 a 210 Kg de água por tonelada de cana. Dependem da ação da centrífuga a porcentagem de leveduras no vinho, e outros fatores.
- j. Resfriamento de Dornas para reduzir a temperatura em fermentação até níveis de ótimos para as leveduras. Consumo: 5.000 a 3.500 Kg de água por tonelada de cana. Depende da temperatura de fermentação desejada, da temperatura da água que entra no sistema de refrigeração, do coeficiente de troca térmica e temperatura ambiente, etc.
- k. Resfriamento do Mosto (a água usada para refrigerar o mosto até uma temperatura adequada). Consumo: 2.600 a 3.200 Kg de água por tonelada de cana. Depende da temperatura do mosto desejado, temperatura da água de entrada, coeficiente de troca térmica do trocador de calor e temperatura do mosto inicial.
- l. Resfriamento do Caldo (a água usada para refrigerar o caldo até a temperatura adequada). Consumo: 2.800 a 3.400 Kg de água por tonelada de cana. Depende: temperatura do caldo inicial, temperatura de água de entrada, temperatura do caldo desejado e eficiência da troca térmica
- m. Limpeza em Geral (equipamentos, piso, preparo de soluções para limpeza, entre outros). Consumo: 320 a 390 litros de água por tonelada de cana.
- n. Consumo Humano (uso nos sanitários e consumo propriamente dito), na ordem de 30 a 50 Kg de água.

- o. Outros usos (de acordo com a destilaria): i) para lavadores de gases da chaminé (combate a poluição); ii) preparo de reagentes e limpeza de equipamentos do laboratório; e iii) consumo: muito variável.
- p. Diluição do Mosto (quando se usa xarope, que é armazenado para período de chuva que não chega cana na indústria). Consumo: 1000 Kg de água por tonelada de cana.

Figura 1 - Fluxograma da utilização de água na produção de etanol



4. – Resultados do Balanço Hídrico e Discussões

Seqüência de cálculo para uma destilaria autônoma de etanol anidro, capacidade de 4.200.000 L/dia, com produção concomitante de xarope a 60° Brix, visando a correção do mosto a 18° Brix e para permitir a contínua alimentação das dornas, mesmo nas paradas eventuais. Na Tabela 1, encontram-se os valores básicos e medidos na indústria sucroenergética.

Tabela 1. Dados básicos de processo para calculo do balanço hídrico.

Dados básicos	Valores
Capacidade diária de moagem (TCH)	310
Fibra% cana	12,5
Embebição % fibra	200
Eficiência de destilação, %	99,0
Nº de turbogeradores	1
Capacidade da caldeira (Kg/h)	150.000
Kg vapor / Kg bagaço	2,2
°GL do vinho	8,0
Especificação do alcool , INPM	99,8
Sobra de bagaço (emergência), %	5
Fator de diluição caldo/melaço	1,3
Umidade % palha (calculo equivalente)	30,0
Umidade % bagaço	50,0
Brix do caldo clarificado	13,6

4.1. Balanço de água - Memória de Cálculo (valores dados em Kg/h).

1) Produção de água quente ou de água condensada (AC)

1.1- AC dos aquecedores (vapor vegetal) T=98° C	15.620
1.2- AC dos pré-aquecedores (vapor de escape) T=98° C	15.630
1.3- AC dos 1º pré-evaporadores (vapor escape) T=98° C	64.060
1.4- AC dos 2º pré-evaporadores (vapor escape) T=98° C	50.050
1.5- AC dos 4 corpos da evaporação (vapor vegetal), T=98° C	3.910
1.6- AC da destilaria (coluna de destilação) - Zanini - (vapor vegetal) T=98° C	42.200
1.7- AC do aquecimento da coluna O (vapor vegetal) T=98° C	24.200
Nota: não foram consideradas as perdas por autoevaporação.	
1.8- AC dos evaporadores (vapor vegetal) T= 85° C	3.910

2) Aproveitamento do condensador para produção de vapor

2.1- AC dos aquecedores de caldo clarificado (vapor escape)	15.630
2.2- AC dos 1º evaporadores (pré-evaporadores (vapor de escape)	64.060
2.3- AC dos 2º pre-evaporadores (vapor de escape) (Perda de 2%)	50.050
TOTAL	132.334 Kg/h

3) Necessidade de água para caldeira 150.000 Kg/h

4) Demanda de água quente no processo

4.1- Retorno do condensado da industria	88.043
4.2- Embebição (ex. 200% de fibra) (temperatura de 51° C)	47.630
Total	135.673Kg/h

5) Produção de água quente

7.1- AC dos evaporadores.	3.910 - 85° C
7.2- AC do aquecimento da coluna C.	24.220 98° C
7.3- AC do condensador de destilaria (Zanini)	42.200 - 98° C
7.4- AC dos aquecedores	5.470. 98° C
Distribuição da água quente produzida:	
- embebição:	135.673 – 88.043 = 47.630

6) Água tratada (clarificação, filtro e troca catiônica e aniônica)

6.1- águas para Make-up	17.190
6.2- águas para a caldeira	17.150
Total	34.340

7) Água tratada (somente clarificada)

7.1- condensadores da destilaria	214.610
7.2- para o pré-fermentador.	44.530
7.3 - diluição do mosto	25.000
7.4 - consumo humano	7.810
7.5- resfriamentos de óleo e mancais da turbina (reposição)	1.570
Total	293.500

8) Água industrial (resfriamento e condensação)

8.1- condensador de evaporação	166.410
8.2- coluna barometrica do filtro bomba rotativa.	43.200
8.3- condensadores da destilaria	937.500
8.4- resfriamento das dornas	1360.000
8.5- resfriamento do mosto	643.000
8.6- Total	3150.110

9) Água bruta à 28° C (demanda de água)

9.1- consumo humano	7.810
9.2- diluição do fermento	44.530
9.3- diluição do mosto	25.000
9.4- estação de tratamento de água	34.340
9.5- reposição no tanque resfriamento do mosto.	13.050
9.6- reposição de óleo e mancais da turbina(rep.)	1.570
9.7- embebição	47.630
9.8- reposição no tanque resfriamento da doma.	123.440
9.9- reposição no tanque resfriadeiro	30.500
9.10- lavagem dá cana (reposição do circuito fechado).	37. 500
9.11- lavagem em geral	39.100

10) Necessidade de captação

10.1- estação de tratamento de água	34.340
10.2- diluição do fermento	44.530
10.3- diluição do mosto	25.000
10.4- consumo humano	7.810
10.5- resfriamento de óleo e mancais da turbina	

(reposição, como nota-se na Figura 3)	1.570
10.6- reposição no tanque resfriadeiro	30.500
10.7- resfriamento da dorna (rep. tanque resf.)	113.440
10.8- reposição no tanque resfriamento do mosto	13.050
10.9- embebição.	47.630
10.10 - Total	317.800
11) <u>Balanços finais em captação de Água:</u>	
11.1) Limpeza Seca	317.800
11.2.) Lavagem de Cana (VIA ÚMIDA)	349.900
12.) <u>Relação M³ água por TC:</u>	
12.1) Limpeza Seca	1,02
12.2.) Lavagem de Cana (Via Úmida - Fig. 2)	1,13

A Secretaria do Meio Ambiente, através do decreto SMA-88/ 2008, determina que, para novas usinas e para as ampliações de usinas existentes, o consumo de água deva ser de 0,7 m³ por tonelada de cana processada (ANA, 2009). A unidade estudada está melhor a média do Estado de SP na ordem de 1,8 m³ por tonelada de cana. Deste modo, a unidade deve no futuro investir em otimização do balanço hídrico da fábrica pode ser obtido em duas estratégias distintas, a inserção de mais um efeito na evaporação e na substituição do resfriamento tipo “spray” pelo sistema de torre. A introdução na evaporação de um 5º efeito reduziria e aumenta a geração de condensado. Já a substituição do “splay” pela torre de resfriamento, reduz as perdas de 5 a 8% para 1,5 a 3%, o que tem grande economia no consumo de água para reposição de corpos hídricos. Há sempre que se trabalhar na visão integrada de recirculação de águas na fábrica (Figura 4).

4.2 - Sistemas de utilização da água: caracterização e comparação entre os sistemas

4.2.1- Caracterizações dos sistemas

- a) circuito aberto: caso em que não há recirculação da água
- b) circuito semi aberto: só há recirculação da água de lavagem de cana-de-açúcar.
- c) circuito semi fechado: há recirculação da água de lavagem de cana-de-açúcar e da água das colunas barométricas (multijato).
- d) circuito semifechado: há recirculação da água de lavagem da cana-de-açúcar e da água dos condensadores da destilaria, resfriamento de domas, e resfriamento do mofo.
- e) circuito fechado (Figura 2): há recirculação da água de lavagem da cana-de-açúcar, das colunas barométricas dos condensadores da destilaria, resfriamento de dornas e resfriamento do mosto.

4.2.2- Comparação entre sistemas de recirculação de água – regime normal

	I	II	III	IV	V
	Circuito	Circuito	Circuito	Circuito	Circuito
HISTÓRICO	aberto	Semi-aberto	semi-fech.	semi-fech	fechado
lav. Cana-de açúcar	1875000	112500	112500	112500	112500
col.evap.	1531090,8	1531090,8	1531090,8	1531090,8	411115,38
col.filtro	104895,1	104895,1	504895,1	104895,1	2741,26
cond.dest.	1748250	1748250	87410	87410	46590
resfr.dornas	961538,4	961538,4	48076,92	48076,92	25625,8
resfr. Mosto	786713,3	786713,3	39335,6	39335,6	20968,5
Limpeza	52447,5	52447,5	52447,5	52447,5	52447,5
resfr. Mancais	97902,1	97902,1	97902,1	97902,1	97902,1
resfriador	27972,03	27972,03	27972,03	27972,03	27972,03
ETA	96293,7	96293,7	96293,7	96293,7	96293,7
embebição	61814,7	61814,7	61814,7	61814,7	61814,7
preparo cal	3496	3496	3496	3496	3496
TOTAL	7347415,9	5566821,5	3930835,5	2245143,2	571377,6
recuperação	1787478,9	308458,03	434314,6	386989,5	125874,1
Adução	5258363,4	5258363,4	3622377,5	1858153,7	125874,1 (11%)
	(100%)	(100%)	(69%)	(35,3%)	

Inc. processo	161540	256010	377811	334341	393056
residual	5096758 (100%)	5002353 (98%)	3240492(63.6%)	1427092 (28%)	50000(1%)
esfriadeiro)	2690 m ²	8040 m ²
cv adução	1560	1560	1087	482	126
cv esfr. (AQ)			140	279	391
cv esfr. (AF)			255	71	965
cv lav. Cana-de- acúcar	(gravidade)	122	122	122	122
TOTAL	1560	1682 (7,8%)	1604 (2.9%)	1594 (2,2%)	1604 (2.9%)

5 – Conclusões

A metodologia utilizada para balanço hídrico foi satisfatória, uma vez que apresentou resultados reais de consumo de água no processo produtivo em unidade com capacidade de moagem de 310 TCH que são considerados compatíveis com as observações da literatura, atendendo a legislação ambiental e da prática da unidade.

Foi possível estimar com êxito a demanda hídrica que foi de 1,0 m³/TC em sistema de limpeza seco e de 1,13 m³/TC, se utilizar-se a lavagem da cana.

A substituição do “splay” pela torre de resfriamento, reduziria as perdas de 5 a 8% para 1,5 a 3%, no total do balanço hídrico.

6 - Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria Sucroenergética**: ano base2009 – Brasília: ANA, 2009.

AGENDA 21, Disponível em, <http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa/>. Acesso em 10/10/2003.

BRANCO, S. M. **Água, origem, uso e preservação**. São Paulo: Editora Moderna, 1993. (coleção Polêmica).

BRUGNARO, C. & SBRAGIA, R. (Coord.). Gerencia Industrial em Destilaria de Alcool. **Instituto do Açúcar e do Alcool/PLANALSUCAR**. Piracicaba 311p. 1984.

DANTAS, E. V. **Manual de Tratamento de Água Industrial Refrigeração Caldeiras**. Programa de Tratamento de Água. Magnus - Soilax. Rio de Janeiro, 146p. 1985.

ELIA NETO, A. & SHINTAKU, A. – **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria Sucroenergética**, Brasília, p. 69 – 73, 2009.

FREITAS, M. A. V. & COIMBRA, R. **Perspectivas da Hidrometeorologia no Brasil**. ANEEL, Brasília, CD ROM. 1998.

INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. Arnaldo Augusto Setti: [et al.]. 3. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; **Agência Nacional de Águas**, 2001.

OLIC, N. B. Recursos hídricos das regiões brasileiras: aspectos, usos e conflitos. **Revista Pangea**, 05/05/2003, Disponível em: http://www.clubemundo.com.br/revistapangea/show_news.asp?n=188&ed=4. Acesso em: 15/11/2009.

OLIVIERI FILHO, Á. Balanço hídrico das Destilarias Autônomas. In: “Seminário sobre Tecnologia e Economia do Alcool, 1o.”, **Anais**, Coordenadoria da Indústria e Comércio. 2. ed. 24/11/80 a 16/12/80. p. 73 a 82. 1980.

PELIN, E. R. Avaliação Econômica do Alcool Hidratado Carburante no curto e médio prazo. Instituto de Pesquisas Econômicas/USP. **Série Ensaios Econômicos**, vol. 41, São Paulo. p.153 - 273. 1985.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA , **Reuso da água**, 04/02/03 – Disponível em: http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.htm. Acesso em 15/11/2010.

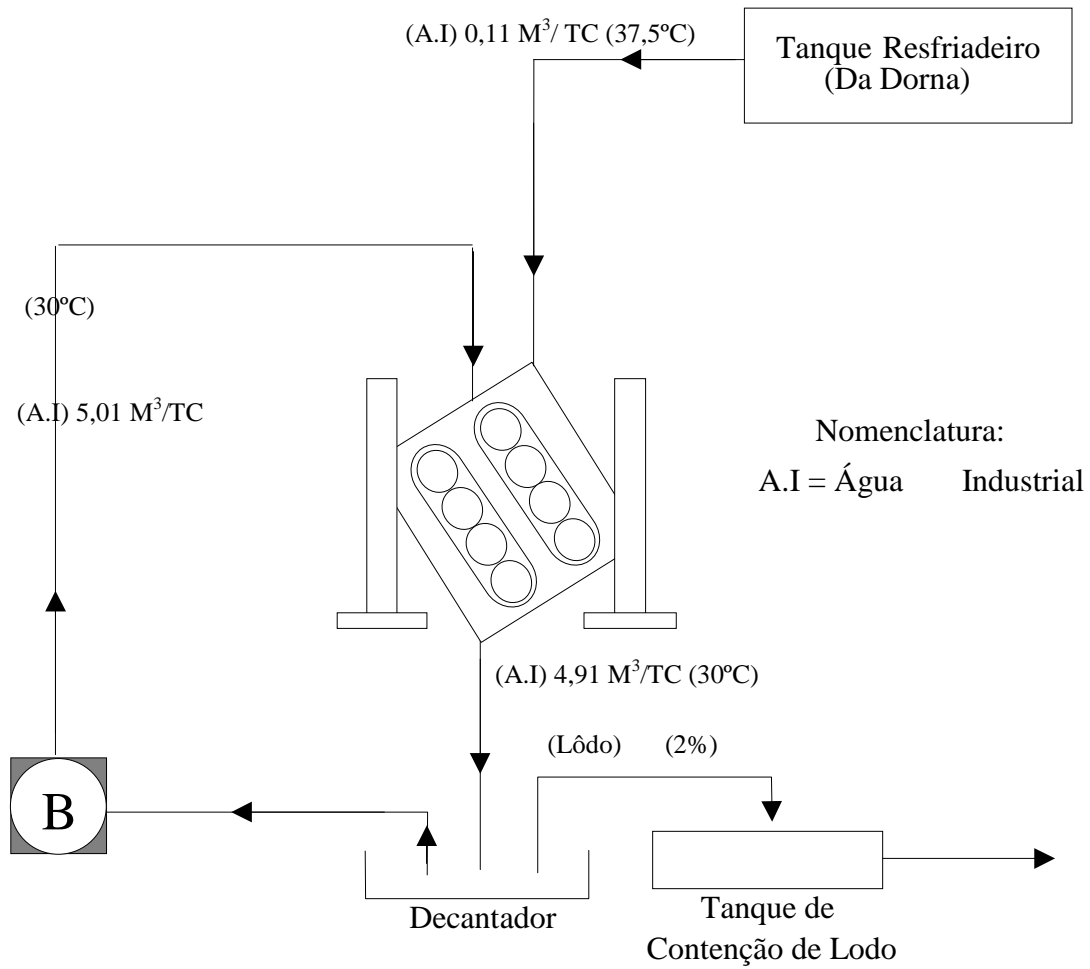


Figura 2. Sistema de recirculação da água usada na lavagem da cana.

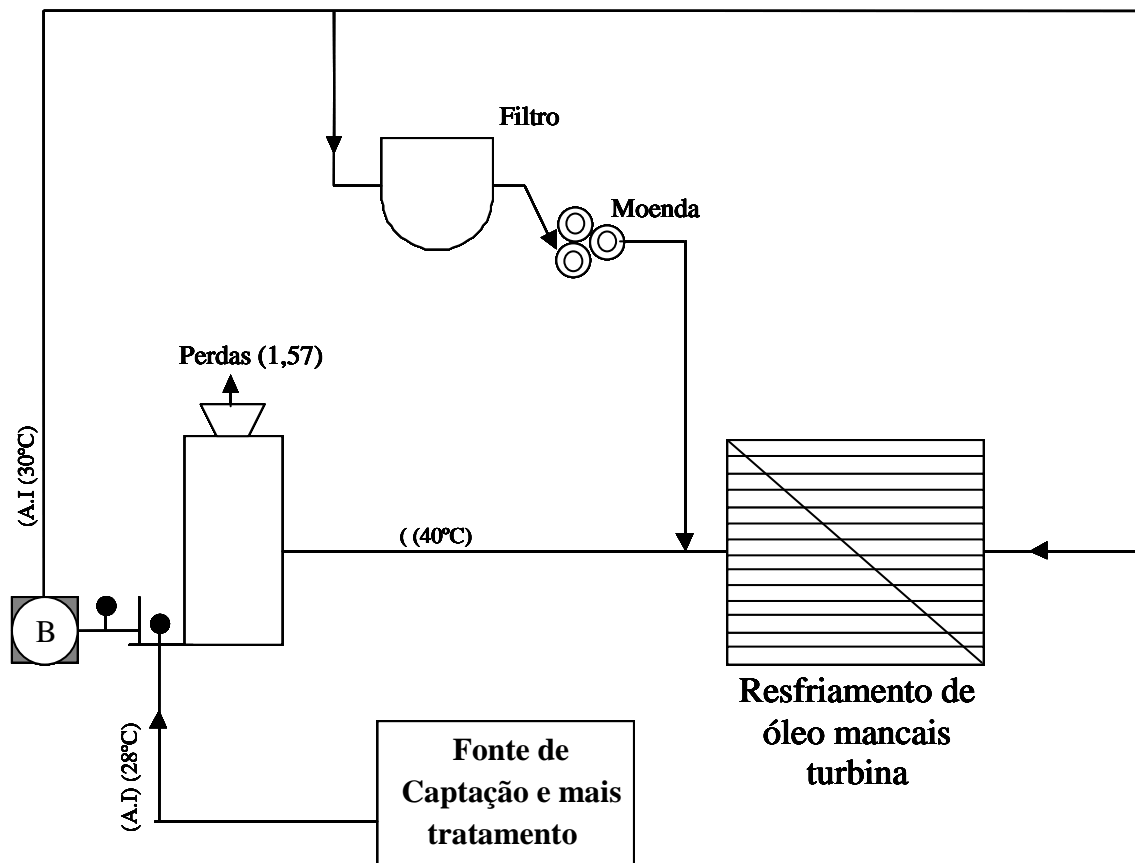


Figura 3. Recirculação de água para resfriamento de óleo e mancais das turbinas.

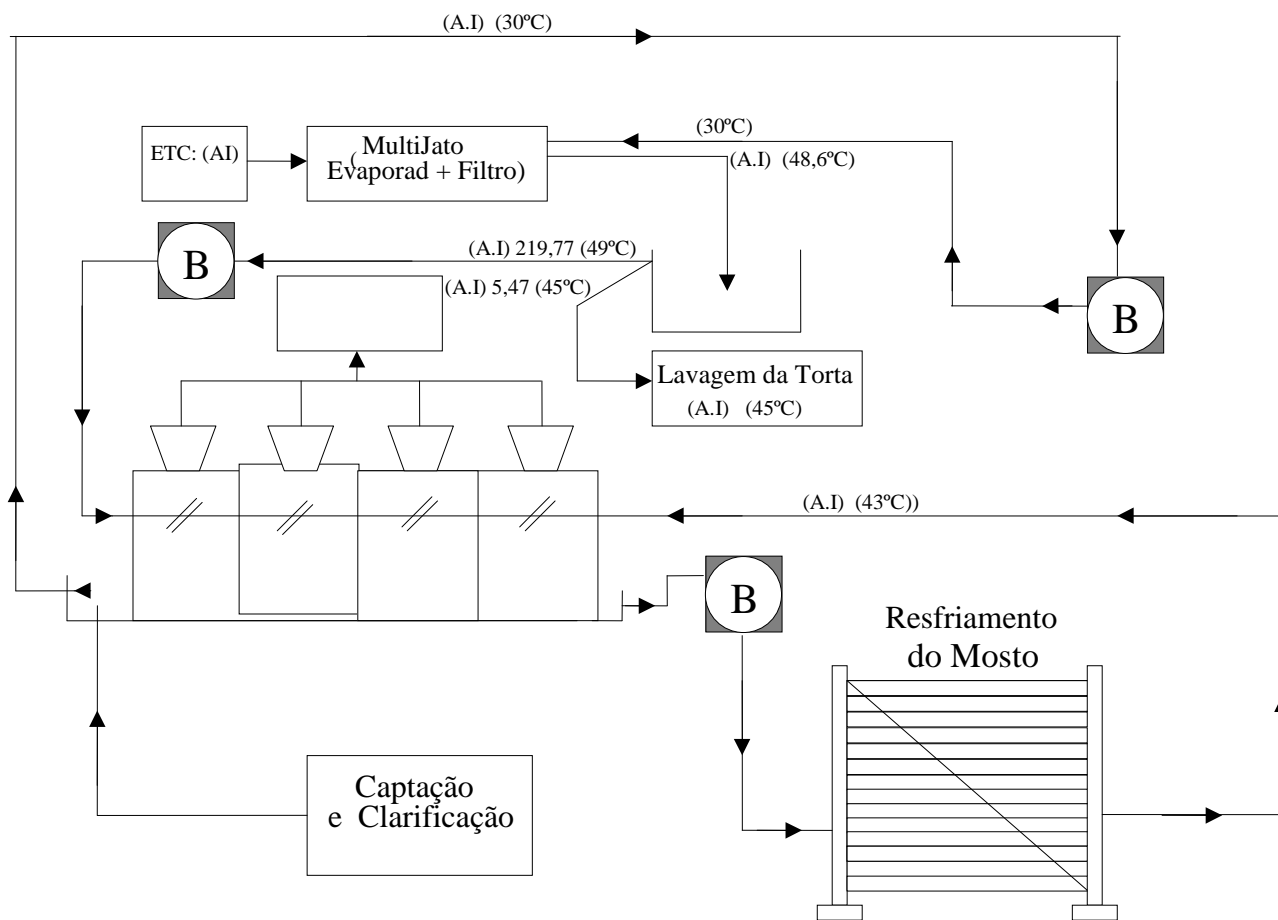


Figura 4. Sistema de recirculação Integrada na industria.