

# AUDITORIA ENERGÉTICA INFORMATIZADA NO SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO

**P.H.F.Alonso, C.R.Perez, P.C.Lobo.**

Instituto de Engenharia Mecânica, Departamento de Mecânica, Universidade Federal de Engenharia de Itajubá.

Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá MG, CEP: 37500-000.

## **Palavras – Chave:**

- Cana-de-Açúcar;
- Bagaço;
- Caldo;
- Energia;
- Exergia.

## **RESUMO**

Para obter um melhor controle da produção no setor sucro-alcooleiro desenvolveu-se um programa que realiza balanços de massa, energia e exergia, com o intuito de determinar perdas ao longo do processo e assim melhorar o rendimento. Como pré-requisito precisa-se conhecer o processo de obtenção de derivados da cana-de-açúcar, que compreende: recepção, lavagem, preparo, moagem, tratamento do caldo, produção de álcool com fermentação e destilação, produção de açúcar com evaporação, cozimento e secagem; e geração de energia elétrica.

A recepção compreende a chegada da cana na usina onde é pesada e retirada uma amostra. Deve-se realizar a pesagem de forma rigorosa pois erros nos balanços podem prejudicar cálculos de rendimentos globais da usina, dado que muitas usinas só fazem a contabilização dos insumos que entram e dos produtos finais. Já a amostragem serve para determinar os teores de pol, da fibra e do brix e determinar o valor final a ser pago pela cana se for comprada.

Depois da recepção a cana é descarregada por guinchos em uma mesa alimentadora onde ocorre a lavagem. Deve-se lavar a cana para retirada de materiais estranhos, que podem desgastar os equipamentos e aumentar o tempo de decantação do caldo nos clarificadores que leva a perda de açúcar por inversão de sacarose. Na lavagem podem ocorrer perdas adicionais de sacarose devido à exposição do colmo da cana.

Saindo da lavagem através de esteiras a cana é preparada para facilitar a extração. No preparo a cana passa debaixo de um eletroímã para retirada de possíveis metais e facas rotativas cortam a cana em toletes que em seguida passa por desfibradores sendo triturada para obter um ganho significativo na extração devido ao maior número de células abertas que proporciona uma melhor embebição.

A extração é compreendida por tandem de moenda que é o equipamento para a moagem, podendo ter de 4 a 7 ternos de moenda. Para aumentar a extração de sacarose, adiciona-se água à cana, processo denominado de embebição, que irá diluir o caldo remanecente no bagaço, podendo ser extraído em uma nova moagem. A embebição pode ser simples ou composta com reciclo total.

O caldo necessita-se de um tratamento antes de ir para a produção de álcool ou de açúcar. O tratamento preliminar comum tanto para o álcool como para o açúcar, é peneirar o caldo.

Algumas unidades para produzir álcool somente fazem o tratamento preliminar e mandam o caldo direto para a fermentação, outras já após o tratamento preliminar pasteurizam o caldo.

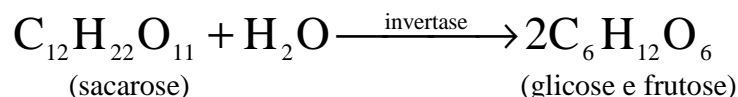
Já para a produção do açúcar, o caldo após o tratamento preliminar é bombeado para a torre ou coluna de sulfitação em contracorrente com SO<sub>2</sub>, ocorrendo um aumento no pH entre 3,8 e 4,3. Em seguida é feita a alcalinização com leite de cal deixando o pH entre 6,8 a 7,2, depois o caldo é aquecido entre 100 e 105°C separando o precipitado por sedimentação e decantação em Camargo (1990).

A produção do álcool começa com a o caldo misto proveniente do tratamento. Mas antes de enviar o caldo para a fermentação o mosto a ser fermentado deve ter sua concentração ajustada para valores adequados, sendo feita a dosagem do caldo misto com melaço (mel residual da fabricação de açúcar) ou xarope proveniente dos evaporadores. Depois de fermentado o vinho segue para as dornas volantes, que é o pulmão da destilaria.

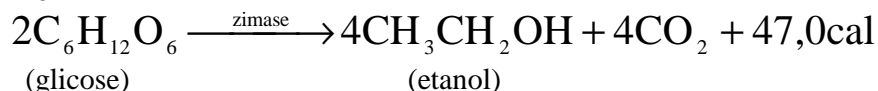
A fermentação é feita através da ação enzimática das leveduras, onde o caldo misto da fermentação é convertido em vinho e gás carbônico. Nesse processo a temperatura é controlada, porque temperaturas acima de 35°C prejudicam as leveduras e facilitam as perdas de álcool por evaporação.

Embora o processo seja complexo pode ser resumido assim:

- Sacarificação: consiste no desdobramento de substâncias não diretamente fermentescíveis em outras diretamente fermentescíveis.



- Fermentação alcoólica:



A invertase e a zimase são enzimas produzidas pelas leveduras segundo Camargo et al. (1990).

A destilação é feita através de colunas denominadas colunas de destilação. Nestas colunas o vinho da fermentação, é aquecido através do vapor de escape das turbinas separando-se assim o álcool da água por diferença de volatilidade.

As torres de resfriamento consistem num processo de retirada de calor da água. Nesse processo ocorre perda de água por evaporação.

A produção de açúcar compreende a evaporação, cozimento e secagem.

A evaporação concentra o caldo misto proveniente do tratamento com uma concentração entre 14 a 17°Brix até uma solução a cerca de 60 a 70°Brix, sem apresentar qualquer sinal de sacarose cristalizada.

No cozimento o xarope com alto teor de brix já não pode escoar nos evaporadores, pois sua viscosidade esta alta, portanto passa para um tipo de tachos a vácuo, denominados cozedores, onde pode atingir altos valores de concentração do xarope passando a ser denominado de mel.

A centrífuga recebe o mel e separa o açúcar úmido que vai para os secadores e aquecedores para secar os cristais e após esta fase seguem para a embalagem final.

A geração de vapor fornece calor de processo e eletricidade, sendo o combustível da caldeira o bagaço cujo descarte antes era uma preocupação devido ao impacto ambiental, hoje além de suportar as necessidades energética gerar excedentes de energia elétrica para a venda. A potência da bomba de alimentação d'água para a caldeira é relativamente pequena, por isso o seu valor é desprezado segundo Nogueira(1987).

Para analisar o processo delimitam-se os volumes de controle, os quais são:

- Da recepção da cana a extração do caldo que engloba: a pesagem, a lavagem, o preparo, a moagem e o tratamento do caldo. Sendo alta a potência consumida devido ao consumo dos motores de moenda, das mesas, das esteiras, dos picadores e dos desfibradores;
- Fermentação;

- Destilação;
- Geração de Vapor (Bomba + Caldeira);
- Torre de Resfriamento;
- Evaporação (Pre-Evaporador, 1º, 2º, 3º, 4º Efeito e Condensador);
- Cozimento (Cozedor de 1º e 2º, Centrífuga de 1º e 2º);
- Aquecimento e secagem;

Uma grande limitação é a falta de dados por que na maioria das vezes não existe instrumentação ou ela é inadequada. Para ter um bom desempenho deve-se antes de tudo ter uma boa coleta de dados.

Com o processo industrial conhecido desenvolveu um pacote computacional utilizando a linguagem de programação visual basic 6.0<sup>®</sup>, que poderá realizar a coleta de dados de várias formas, por digitação ou até on-line se houver instrumentação adequada. Balanço de massa e ou análises tanto energéticas quanto exergéticas segundo Moran e Shapiro (1999). Saber em que hora e qual estação do ano o processo apresenta melhor rendimento. Qual seria o fluxo ideal de material e combustível para que as linhas de álcool e de açúcar possuam a máxima eficiência e onde ocorrem os principais problemas. Gerará um histórico das grandezas envolvidas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- CAMARGO, C. A. de, et al., “Manual de Recomendações – Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e do Álcool”, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1990;
- MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N., “Fundamentals of Engineering Thermodynamics”, Ed. John Wiley & Sons, 4<sup>th</sup> edition, USA – 1999;
- NOGUEIRA, L. A. H., “Análise da Utilização de Energia na Produção de Álcool de Cana-de-açúcar”, Universidade Estadual de Campinas, 1987;