

Moenda x Difusor: diferentes pontos de vista sobre o assunto

Molienda x Difusor: diferentes puntos de vista sobre el tema

Crusher x Diffuser: different views on the subject

C. Nazato¹; D. F.C. Silva¹; S. C. U. Ferraz¹; M. N. C. Harder^{1}*

Resumo

A extração do caldo de cana consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço) do caldo propriamente dito, sendo executado fundamentalmente pela escolha de um dos processos vigentes: moagem ou difusão. Para se obter uma melhor extração (moagem) ou descolamento (difusão) do caldo é indispensável um bom preparo da cana e um método que facilite sua expulsão das fibras. A extração por moagem é um processo estritamente físico. A separação é feita por pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colchão de cana desfibrada. A liberação do caldo é conseguida através da passagem da cana entre dois rolos, submetida à determinadas pressões ao passar sucessivamente pelos vários ternos da moenda. Na difusão, o deslocamento do caldo depende da proporção de células rompidas e da possibilidade de acesso do líquido de extração destas células. O processo é realizado através de duas operações: a difusão (separação por osmose, relativa apenas às células não rompidas da cana) e a lixiviação (arraste pela água da sacarose e das impurezas contidas nas células abertas). O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão dos principais métodos de extração do caldo-de-cana atualmente empregado pelas indústrias.

Palavras-chave: cana-de-açúcar; extração do caldo; difusor; moenda.

¹ Membro do Curso Superior do Curso de Tecnologia em Biocombustíveis – FATEC/Piracicaba Rua Diácono Jair de Oliveira, s/n Bairro Santa Rosa CEP: 13414-141 Piracicaba

*e-mail: mnharder@terra.com.br (autor correspondente)

Abstract

The extraction of sugarcane broth is the physical process of separating the fiber (bagasse) in the broth itself, being run mainly by choosing one of two current processes: crush and diffusion. To get a better extraction (crush) or displacement (diffusion) of the sugarcane broth is essential to a good cane preparation and a method that facilitates the expulsion of the fibers. The extraction by crush is a process strictly physical and is to extract the broth contained in the cane. The separation is done by mechanical pressure of the rollers of the crush on the mattress cane grinders. The release of the broth is achieved by passing the cane between two rolls, subject to certain pressure and speed, it passes is through a number of suits crush, has its broth extracted. In diffusion, the displacement of the broth depends on the proportion of cells broken and accessibility of the liquid extraction of these cells. This process is accomplished through two processes: diffusion (separation by osmosis on the cells not – split cane) and leaching (drag successive water of sucrose and impurities in the open cells). The aim of this study was to survey scientific work already produced on ways to extract broth of sugar cane currently employed by industries.

Keywords: sugarcane; broth extraction; diffuser; crush.

Resumen

La extracción del jugo de la caña es un proceso físico de separación de la fibra (bagazo) en el jugo de sí misma, se ejecuta principalmente por la elección de un dos procesos actuales: la molienda o difusión. Para obtener una mejor extracción (molienda) o desplazamiento (difusión) del jugo es esencial preparar una buena caña. La extracción por molienda es un proceso puramente físico y extrae el caldo contenido en la caña. La separación se lleva a cabo por la presión mecánica de los rodillos del molino en lo colchón del caña. La liberación del jugo se consigue haciendo cierta presión y velocidad, la caña pasa a través serie de trajes de la

molienda, tiene su jugo extraído. En la difusión, el desplazamiento de lo caldo depende de la proporción de células abiertas e y la accesibilidad de la extracción de líquidos de estas células. El proceso se lleva a cabo a través de los procesos (separación por difusión de ósmosis en la células no sólo de cañas por partes) y lixiviación (arrastre per el agua de la sacarosa sucesivas e impurezas en la celdas abiertas. El propósito del estudio fue investigar la labor ya ha producido sobre las maneras de extraer el jugo de la caña de azúcar actualmente empleado por las industrias.

Palabras clave: caña de azúcar; extracción del jugo; difusor; fresado.

Introdução

Dentro da indústria sucroalcooleira a moenda e o difusor são de vital importância, visto que, todas as etapas posteriores para a obtenção do açúcar e do etanol são diretamente dependentes do processo de extração do caldo de cana-de-açúcar.

- **Moenda**

Para Burgi (1995) o principal objetivo da cana-de-açúcar ser submetida à moagem, às sucessivas prensagens e a opulentas lavagens, é obter o máximo grau de ruptura das células para extração máxima do caldo. Procknor (2004) afirma que o índice de preparo da cana (desfibramento) tanto leve quanto pesado não interfere expressivamente na extração em moendas de seis ternos.

Nogueira & Venturini-Filho (2005), ainda, asseguram viável o processo de empregar a embebição do bagaço de cana-de-açúcar, que consiste na adição de água + caldo diluído sobre o bagaço a fim de diluir a sacarose resultante da primeira moagem, com o objetivo de aumentar a extração nos ternos de moenda.

No entanto, a eficiência de extração do caldo nem sempre é maximizada, podendo evidenciar um *déficit* significativo na receita da usina. Assim, Cardoso (2001) e Nogueira & Venturini-Filho (2005) apontam em seus estudos que a baixa

extração da moenda é resultante da maneira errônea de regulagem, preparo e alimentação da cana-de-açúcar.

Isto ocorre porque, um segundo objetivo da moagem é a produção de fibra oriunda do bagaço final com um menor teor de umidade e de acordo com Pereira (2006) o bagaço final do processo de moagem convencional proporciona uma queima rápida e eficiente, adequando-se perfeitamente à linha de produção existente.

Atualmente para a otimização do processo de cogeração de energia, muitas usinas têm aperfeiçoado o sistema de moagem, onde há a substituição das turbinas a vapor (que recebem o vapor da caldeira e alimentam um gerador produzindo energia elétrica em média tensão) por motores elétricos, com o intuito de aumentar tal índice (QUEIROZ & PASCHOARELI-LUNIOR, 2008). Contudo, Aguiar (2006) declara que as vendas das moendas continuam em larga escala nas modernas usinas e que somente uma antepôs ao difusor.

- **Difusor**

A difusão pode ser explicada como o fenômeno pelo qual duas soluções de diferentes concentrações separadas por uma membrana semipermeável ou porosa, que após um intervalo de tempo se misturam até atingir o equilíbrio. As células de cana imersas na água atuam como membranas semipermeáveis e a sacarose é extraída pelo escoamento do fluido, por meio de um leito poroso da cana desfibrada (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1990).

Segundo Cavalcanti (2005) o princípio do trabalho do difusor, leva consigo uma característica inalterável – pois, é dependente da ação da gravidade para realizar a embebição, que atravessa o colchão de cana desfibrada, podendo ocasionar restrições quanto à sua altura; os “padrões” de velocidade e rendimento.

Anselmi (2003) aponta para o uso preferencial do difusor, em razão de o mesmo ostentar a redução do processo pelo embuchamento, pela sequência das operações serem ordenadas por um sistema automatizado, favorecendo a extração completa do caldo.

- **Moenda X Difusor**

Canas cultivadas em vinhaça, com baixo teor de fibra quando processadas no difusor têm eficiência inferior na obtenção de açúcar e fibra para a cogeração, em relação à moenda (CAVALCANTI, 2005). Em um estudo comparativo, Biagi (2005) afirma que em termos de balanço energético, o difusor se sobressai à moenda, conferindo o Pol% do bagaço oriundo do difusor entre 0,7% a 1% contra 1,6% a 2,3% das práticas convencionais existentes. Apresenta ainda, uma economia inicial de sua completa instalação em torno de 10% a 15% e auxilia na qualidade do açúcar, pois, o colchão de bagaço, onde o caldo percorre, funciona como um “filtro” das impurezas presentes no caldo.

Attuch (2007) também afirma que, a extração e o rendimento dos difusores são mais oportunos, uma vez que, com o emprego destes obtém-se um aumento de 3% a 4% no rendimento, comparado ao método tradicional de moagem, e ainda, requer menos manutenção. No campo energético os difusores também apresentam vantagens em cotejo à moenda, pois, eles geram 60 MW.

A empresa Uni-Systems, Sertãozinho - SP, desenvolveu um projeto de engenharia para 18 difusores comercializados no Brasil e 2 no exterior, onde o equipamento recebeu algumas modificações responsáveis pela redução em 15% de seu preço final, já que houve uma substituição do eixo pesado e de material fundido que aciona o difusor, por um eixo com chapa (com custo 50% inferior), possibilitando a diminuição do valor do produto. Isto proporcionou diretamente uma redução do valor em 10% comparado à moenda de seis ternos (ANSELMINI, 2007).

O difusor utiliza cerca de 3% da energia mecânica total necessária em um tandem convencional de moendas de seis ternos acionados por turbinas de simples estágio. Partindo de uma espécie de cana com 12,5% de fibra, essa economia representa um ganho de aproximadamente 10 MW por cada 1.000 ton. de cana processada pelo difusor. Neste contexto, o difusor pode apresentar uma

redução em aproximadamente 70% os custos com as linhas de vapor vivo e condensados necessárias em um tandem de moendas; demanda 40% menos de capacidade instalada para aquecimento, clarificação de caldo e filtragem de lodo; na manutenção, necessita entre 35 e 40% o valor de uma moenda de mesma capacidade (SERMATEC, 2011).

Diante do exposto, este trabalho focou no levantamento de pesquisas e trabalhos científicos que abordaram a aplicação dos equipamentos atualmente utilizados na indústria sucroalcooleira para extração de caldo.

Foi realizada uma abordagem crítica comparando as tecnologias apresentadas, confrontando os estudos já realizados.

Discussão

Moagem e difusão são dois processos de extração do caldo, sendo apenas distinto o modo de como este processo é realizado. Na moagem, o caldo é extraído por pressão e lavagens constantes (embebição), ao passo que na difusão a extração é por osmose, como detalhado por BURGI (1995) e IPT (1990).

Além do objetivo comum, o preparo da cana é semelhante em ambos, variando somente a massa dos martelos utilizados para desfibrar a gramínea. No entanto, os dois processos apresentam vantagens e desvantagens.

Os difusores possuem maior capacidade de extração e o caldo extraído é parcialmente limpo, reduzindo maiores investimentos no processo. Todavia, o bagaço obtido não se torna muito interessante para a geração de energia por meio da queima em caldeiras, devido aos altos graus de impurezas e umidade. Já o bagaço proveniente dos ternos de moenda permite combustão rápida, favorecendo-na (PEREIRA, 2006).

Porém, quando se trata de acúmulo de Pol% em bagaço, a moagem é menos favorecida, pois, este bagaço retém teores de Pol muito superiores comparados ao oriundo do difusor, em torno de 2% contra < 1% do difusor, como aponta BIAGI (2005). Portanto, verifica-se que o caldo do difusor é mais rico em sacarose.

Tratando-se do balanço energético, o difusor é beneficiado, uma vez que ele produz mais energia do que consome, enquanto a moenda consome o que produz. Alguns fatores podem impossibilitar a eficiência total do difusor, como a matéria-prima. A cana processada deve possuir alto teor fibroso e o índice de preparo tem de ser muito alto para que as células tenham o maior índice possível de ruptura. Ou seja, se a matéria-prima for de baixa qualidade todo o processo de extração por difusão estará comprometido, logo, a moagem não é prejudicada por tais condições, corrobora PROCKNOR (2004).

Outro fator é a aceleração gravitacional. Isso requer um maior cuidado no planejamento de ações, já que é necessário manter-se uma velocidade fixa para que a altura do colchão seja única e a embebição, adequada, como demonstrou CAVALCANTI (2005).

No quesito financeiro, o difusor apresenta vantagens nos custos de aquisição e de manutenção; embora isso não signifique que a moenda não tenha perspectivas interessantes. Ao almejar uma eficiência maximizada, pode-se adicionar mais ternos de moenda, de acordo com a necessidade do processo, aonde, normalmente as moendas de 4 ternos chegam até 6 ternos, como sugerido por CAVALCANTI (2005).

Para que os níveis de extração da moenda permaneçam próximos ao do difusor é preciso apenas regulagem, preparo de cana e alimentação adequadas, o que nem sempre acontece.

As moendas atualmente são mais utilizadas para extração, mas essa realidade tende a mudar com a adesão do difusor por novas usinas e usinas que estão se reestruturando. Hoje as usinas estão diminuindo os investimentos em manutenção, em razão de serem construídas cada vez mais distantes dos grandes centros, elas estão optando por difusores, como ilustra ANSELMINI (2010). Na Tabela 1 são apresentadas as características de cada processo de acordo com as categorias analisadas.

Tabela 1. Caracterização das principais atribuições da moenda e do difusor.

ATRIBUTO	DIFUSOR	MOENDA
EXTRAÇÃO	Por osmose; Capacidade de extração de 97,5% a 98,5% de caldo; POL% variando entre 0,7% a 1%, não excedendo este limite.	Por pressão; Extração em torno de 96,5% a 97,5%; Variação da POL% girando em torno de 1,6% a 2,3%.
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA	Extração deficiente quando a matéria-prima possui baixo teor de fibra.	Não há dificuldades de extração relacionados à qualidade da matéria-prima.
ÍNDICE DE PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA	Para eficiência satisfatória é obrigatório um índice de preparo de 90% a 92%.	Este índice não precisa ser alto podendo variar entre 80% e 92% para o mesmo grau de eficiência.
CALDO	O caldo obtido é mais limpo e parcialmente clarificado, devido às impurezas retidas pelo bagaço.	Há bagacilho contido no caldo. Porém após peneiramento este caldo pode seguir para o setor de fabricação.
BAGAÇO	O bagaço é ruim para queima, pois contém muitas impurezas e alta umidade.	Bagaço excelente para queima (pouca umidade).

ATRIBUTO	DIFUSOR	MOENDA
EMBEBIÇÃO	Para o mesmo nível de extração, o grau de embebição é o mesmo para ambos.	
BALANÇO	Geração de 60MW e consumo de 12MW. Saldo = 48MW.	Geração de 40MW e consumo de 40MW. Saldo = 0MW.

ENERGÉTICO

CUSTO INICIAL Possui custo inicial maior. Há a possibilidade de expansão dos ternos conforme a necessidade/desejo.

MANUTENÇÃO Manutenção fácil e de baixo custo. Manutenção difícil e de alto custo.

FLEXIBILIDADE OPERACIONAL Dependente da aceleração gravitacional, obrigando uma velocidade fixa de operação; Processo contínuo e automático, onde interrupções freqüentes não são interessantes; Não necessita de funcionários especializados.

Não apresenta problemas com interrupções;
Exige funcionários especializados em tal processo.

ESPAÇO FÍSICO

(desconsiderando os sistemas de descarregamento e preparo da cana). Exige maior espaço horizontal, podendo ser instalado ao ar livre. Exige estrutura predial.

ATRIBUTO**DIFUSOR****MOENDA**

MERCADO CONSUMIDOR

Modelo pouco utilizado no Brasil, porém em ascendência. Modelo ainda priorizado nas usinas brasileiras.

Fonte: Autores, 2009.

Conclusão

No processo de extração por moagem, a matéria-prima não precisa ser de alta qualidade; tem fácil adaptação à entressafra, onde há escassez de cana-de-

açúcar; o bagaço resultante tem baixo teor de umidade - ideal para a queima e os ternos de moenda podem ser ampliados.

No processo de extração por difusão, a instalação e manutenção são mais econômicas; o caldo apresenta-se mais rico em sacarose e parcialmente clarificado; possui um balanço energético favorável; obtém-se um bagaço inadequado à queima.

Diante das características apresentadas, conclui-se que a moenda preste-se viável em usinas que já possuem a infraestrutura de extração por moagem. Porém, para as novas usinas, mostra-se conveniente o advento do difusor, uma vez que ele apresenta vantagens extras. Portanto, ambos os sistemas possuem benefícios díspares, e o mais viável para a indústria será aquele de satisfizer sua disponibilidade financeira.

Referências

ANSELMINI, R. Como extrair mais da cana no processo industrial. **Jornal Cana**, v. 10, [S.N.], 2003.

ANSELMINI, R. Moenda começa a perder espaço para o difusor. **Jornal Cana. Tecnologia Industrial**, p. 80-88, 2010.

ANSELMINI, R. Desempenho de moenda e difusor ainda gera polêmica. **Jornal Cana**, v. 14, n.159, p. 30-32, 2007.

ATTUCH, L. As usinas do futuro. **Dinheiro Rural**, v.33, [s.n.], 2007.

BIAGI, L.L. O processo da extração do caldo através da Difusão. **Revista opiniões**, v.6, p.5, 2005.

BURGI, R. **Produção de bagaço de cana-de-açúcar (Saccharum sp. L.) autohidrolisado e avaliação de seu valor nutritivo para ruminantes**. Piracicaba, 1985. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CARDOSO, M.G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: Editora UFLA, 2001, 263p.

CAVALCANTI, D.A.B. Moenda x Difusor: Qual o melhor processo de extração? **Revista opiniões**, v. 6, p. 4, 2005.

DELGADO, A. A. **Tecnologia dos produtos agropecuários**: Tecnologia do açúcar e das fermentações industriais. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1975, 209p.

HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira**. Tradução: Irmtrude Miocque. São Paulo: Mestre Jou. 1977, 401p.

IANNONI, A. P.; MORABITO, R. Análises do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 2, p. 107-128, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual de Recomendações**: Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e Álcool. São Paulo: IPT. 1990. 796p.

NOGEUIRA, A. M. P. & VENTURINI-FILHO, W. G. **Aguardente de cana**. Botucatu, abr. 2005. [s.n.].

PEREIRA, R. C. **Ensilagem e fenação do bagaço de cana-de-açúcar proveniente da produção de cachaça**. Lavras, 2006, 202p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.

PROCKNOR, C. Qual a menor extração. **Revista ALCOOLbrás**, v. 83, [s.n.], 2004.

QUEIROZ, G. M. O. R.; PASCHOARELI-JUNIOR, D. Aspectos Técnicos para Geração e Exportação de Energia Elétrica por Usinas Sucroalcooleiras. In: INDUSCON, CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS, VII, 2008, Poços de Caldas. **Anais eletrônicos...** Poços de Caldas, [s.n.], 2008.

SERMATEC Zanini. **Difusores de Cana**. Disponível em: http://www.sermatec.com.br/por/equipamentos_show.php?prod=9. Acesso em: 10. Mai. 2011.