

# **Cálculo do Fator Energético de Colunas de Destilação de Pequena Escala**

Vanessa Baldo<sup>1</sup>, Flávio Dias Mayer<sup>2</sup>, Ronaldo Hoffmann<sup>3</sup>.

[vanessabaldo@yahoo.com.br](mailto:vanessabaldo@yahoo.com.br)

<sup>1</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Química / UFSM (Apresentadora).

<sup>2</sup> Doutorando PPGEQ/ UFRGS (Co – autor).

<sup>3</sup> Profº Drº do Departamento de Engenharia Química / UFSM (Orientador).

## **1. Introdução**

Em contraste com o modelo vigente, tem-se destacado, recentemente, à produção de álcool combustível em microdestilarias, as quais desempenham uma importante função econômica no meio em que estão inseridas. Estas, apresentam a possibilidade de garantir auto-suficiência energética aos produtores rurais ao mesmo tempo em que se constitui como atividade na cadeia produtiva de alimentos oriundos da agricultura familiar.

Entretanto, as microdestilarias apresentam sérias ineficiências no processamento industrial da matéria-prima, especialmente na destilação. Stampe et al. (1983) e Bengston (1983) ressaltaram a grande influência do consumo energético na viabilidade das microdestilarias. Mayer et al. (2010) citam as elevadas perdas em microdestilarias avaliadas, atingindo um máximo de 61% no pior dos casos analisados. Além disso, esses autores também citam o elevado consumo energético do processo de destilação, resultando em um fator energético menor do que 1,0 (um), indicando inviabilidade energética ao processo.

Diversas metodologias de avaliação foram desenvolvidas, como a correlação de Gilliland (GILLILAND, 1940) e a análise publicada em McCabe et al. (1993). As informações apresentadas por essas abordagens são de aplicação fundamentalmente qualitativa uma vez que cada destilador apresenta particularidades construtivas e operacionais. Mais recentemente, Mayer (2010) apresentou uma nova metodologia para avaliação do desempenho de colunas de destilação. A aplicação dessa metodologia permitiu averiguar que o aumento dos custos relativos ao investimento em função do aumento do número de estágios de separação não é tão expressivo como o mostrado pela de McCabe.

### **Consumo energético em uma microdestilaria**

A destilação é um processo de separação que demanda grande quantidade de energia. Segundo Humphrey e Selbert (1992), 43% da energia consumida por indústrias

de processamento químico são gastos em processos de separação. Dentre esses processos podem-se citar a destilação, extração e absorção.

A destilação e desidratação do etanol são os principais pontos relacionados aos custos da produção, envolvendo em torno de 20% do total, sendo o gasto energético linear até uma concentração do destilado de 80%, tendo a partir deste patamar um crescimento exponencial. Quanto mais próximo do ponto azeotrópico (95,6% em volume) mais rapidamente aumenta o gasto energético para esse enriquecimento, elevando o valor final do produto. (Robertson e Pavlath, 1985).

Na realidade de uma microdestilaria, assim como em uma indústria de grande porte, os gastos associados ao processo de destilação também são significativos.

Inicialmente, analisando a variação da concentração da alimentação da coluna de destilação, conforme Stampe et al. (1983), pode-se perceber que com o aumento da concentração de etanol no vinho fermentado haverá uma diminuição no gasto energético no processo de destilação do etanol.

Em seus estudos, Bengtson (1983), afirma que com o aumento da concentração de etanol na alimentação da coluna de destilação o consumo de calor mínimo requerido para a destilação (por litro do produto) tende a diminuir, para uma mesma concentração do destilado. Segundo esse mesmo autor, observa-se que o caso mais representativo dessa variação ocorre quando a concentração da alimentação é elevada de 8,0 para 12,0% em volume e a concentração do destilado é reduzida de 95,0 para 80,0% em volume, resultando na redução de 42% no consumo energético do processo de destilação.

Entretanto, na realidade de uma microdestilarias, a concentração de etanol no vinho obtida a partir da cana-de-açúcar é, geralmente, em torno de 8 % em volume. Para a obtenção de concentrações mais elevadas de alimentação faz-se necessário empregar processos fermentativos mais elaborados, utilizando leveduras selecionadas, métodos de esterilização específicos, o que requer investimentos significativos para sua implantação. Ao analisar a realidade de pequenas propriedades rurais, esse processo é, muitas vezes, inviabilizado por ser oneroso.

Bengtson (1983), ao avaliar a concentração do destilado mostrou que com o aumento da concentração do produto o processo utiliza uma quantidade maior de calor para a destilação até obter-se a concentração de interesse. Também pode ser necessária uma maior razão de refluxo ou, por outro lado, de maior investimento na construção de uma torre de destilação com maior número de estágios de separação.

Em seus trabalhos, Ladisch e Dyck (1979), discutiram a variação do fator energético (Energia da combustão do etanol/ Energia gasta no processo de destilação) em função da concentração do produto obtido. Seus experimentos mostraram que quanto maior for a concentração do álcool obtido no processo, menor será o valor do fator energético, sendo necessário gastar uma quantidade significativa de energia adicional para obtenção do produto mais concentrado. Entretanto esse gasto de energia adicional para gerar tal concentração atinge um limite em que, além de economicamente inviável, se torna irracional, pelo fato de a quantidade da energia gasta no processo ser maior que a energia obtida na combustão do etanol.

No entanto, para valores de concentração do produto menores obtêm-se valores de fator energético maiores, pois para a obtenção de um produto com menor pureza será necessário usar uma quantidade de energia menor no processo.

## **2. Objetivos**

A partir dos experimentos realizados e dos dados coletados, objetiva-se calcular o valor do fator energético para cada um dos experimentos, em função da razão de refluxo, avaliando-se assim o comportamento apresentado pela referida coluna de destilação em pequena escala.

## **3. Metodologia**

Os experimentos foram realizados em uma coluna de destilação de bancada localizada no Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, na Universidade Federal de Santa Maria. Essa coluna de bancada é mista, tendo por característica utilizar vigreux e recheio nas seções de esgotamento e de retificação, respectivamente.

A operação de destilação consistiu na alimentação contínua de uma solução hidroalcoólica, variando a concentração em 5, 6, 7 e 8% em volume de etanol. A faixa de vazão de alimentação variou entre 2,5 a 4,3 kg h<sup>-1</sup>. Através de balanço de massa foram determinadas as vazões de retirada de produto de fundo e destilado.

Amostras dos produtos foram coletadas a cada dez minutos e foram analisadas em um densímetro digital (DMA 4500, Anton Paar). Também foram coletados dados referentes ao consumo energético do sistema de aquecimento do refeedor e do sistema

de pré-aquecimento da alimentação. Maiores informações quanto à metodologia adotada podem ser obtidas em Mayer (2010).

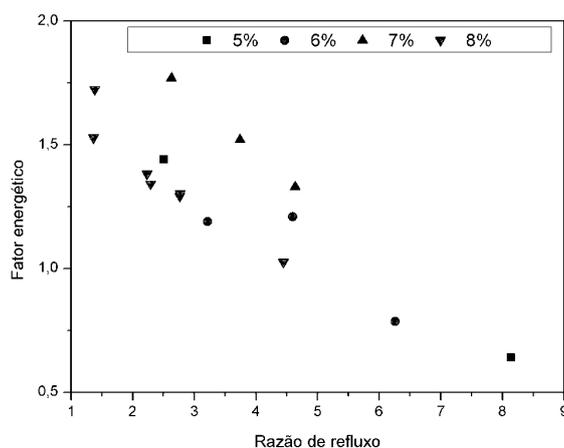
#### 4. Resultados e discussão

Para avaliar o fator energético, foram realizados 15 experimentos com variando as condições da alimentação. Com base nessas condições de alimentação foram conduzidos os experimentos coletando-se os dados de concentração, razão de refluxo e consumo energético utilizados no cálculo do fator energético.

O fator energético expressa a relação entre a energia obtida no destilado pela energia fornecida ao processo de separação. Se o valor desse fator for maior que um (1,0) significa que o processo é energeticamente favorável. Valores entre zero e um (1,0) indicam que o processo é intensivo em energia e que o saldo entre a energia obtida e a fornecida é negativo.

A **Figura 1** apresenta a relação entre a razão de refluxo e o fator energético para os experimentos, de acordo com a concentração da alimentação. Observa-se que quanto maior a razão de refluxo menor é o fator energético, uma vez que o aumento da razão de refluxo implica em maiores gastos com a vaporização de líquido dentro do destilador.

Outro aspecto importante a considerar, refere-se ao fato que quanto menor a concentração da alimentação menor é o fator energético, pois para uma mesma vazão de alimentação maior será a razão de refluxo necessária para se obter um destilado com a mesma concentração.



**Figura 1:** Fator energético em função da razão de refluxo para as concentrações de alimentação de 5, 6, 7 e 8 °GL de etanol.

## 5. Conclusões

As informações obtidas pela análise do fator energético permitem avaliar a performance dos sistemas de destilação mediante a comparação direta entre o destilado obtido e a energia necessária ao processo. Essa avaliação pode servir como uma ferramenta de auxílio às microdestilarias a fim de que elas atinjam uma maior eficiência energética uma vez que esse é o ponto crítico dos sistemas de destilação em pequena escala.

## 6. Referências Bibliográficas

BENGTSON, H., Small Scale Ethanol Production from corn – Technology, Energy Efficiency and Economics. **Energy in Agriculture**, vol. 2, p. 197-217, 1983.

GILLILAND, E. R., Multicomponent Rectification: Estimation of the Number of Theoretical Plates as a Function of the Reflux Ratio. **Industrial and Engineering Chemistry**, vol. 32, Nº. 9, p. 1220-1223, 1940.

HUMPHREY, J. L., SELBERT, A. F., New Horizons in Distillation. **Chemical Engineering**, December, p. 86-98, 1992.

LADISCH, M. R., DYCK, K., Dehydration of Ethanol: New Approach Gives Positive Energy Balance. **Science**, vol. 205, 31 august, 1979.

MAYER, F. D., BISOGNIN, D. A., HOFFMANN, R., JAHN, S. L., Aspectos técnicos e econômicos da produção de álcool combustível em microdestilarias no Rio Grande do Sul. In: **XIII Congresso Brasileiro de Energia**, Rio de Janeiro, 2010. Energia e Qualidade de Vida. COPPE/ UFRJ, Volume I, p. 185-197.

MAYER, F. D. (b), **Desenvolvimento da Tecnologia de Destilação Adequada à Produção de Álcool Combustível em Pequena Escala**. Dissertação de Mestrado. PPGE/UFES. Santa Maria, 2010.

ROBERTSON, G. H., PAVLATH, A. E., Dehydration of Ethanol. **U. S. Patent number 4,556,460**, december, 03, 1985.

STAMPE, S. et al., Energy Consumption of a Farm-Scale Ethanol Distillation System. **Energy in Agriculture**, vol. 2, p.355-368, 1983.