



# ESPECIFICAÇÃO DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE ÁLCOOL ISOAMÍLICO DE ÓLEO FÚSEL

D.R. ALVES<sup>1</sup>, J. R. D. FINZER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Uberaba, PPGEQ – Mestrado Profissional Engenharia Química

**RESUMO** – Toda indústria busca por diversos meios ampliar seus lucros e ter um potencial de competitividade maior que a concorrência, cujo objetivo é alcançado por meio de algum tipo de projeto interno que busca aproveitar algum subproduto que seria descartado. Uma área que possui muitas possibilidades de aproveitamento de resíduos são as usinas sucroalcooleiras, sendo destacado o óleo fúsel, composto basicamente por álcoois, ésteres e ácidos carboxílicos. O propósito deste trabalho foi projetar uma coluna piloto de destilação para separar álcool isoamílico o qual possui ponto de ebulição elevada do óleo fúsel, cerca de 132°C, usando o método de McCabe-Thielle, considerando um sistema binário e utilizando uma curva de equilíbrio específica para álcool isoamílico e etanol, com produção de 0,93 L/h de álcool isoamílico obtido como produto de fundo. Na maioria das vezes o óleo fúsel, é doado para empresas, é composto por uma mistura de muitas substâncias, no entanto em pequena quantidade e dificultando o seu reaproveitamento. Contudo, o álcool isoamílico uma ótima alternativa para geração de lucro para usinas sucroalcooleiras. A coluna foi projetada com oito pratos e efetuado o balanço de energia para especificação de trocadores de calor, instrumentos e controladores.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira detém de vários projetos de aproveitamento de energia e de qualidade de produtos sendo muito destacado o de geração de energia e o tratamento de água usado nos processos de produção do açúcar e do álcool e por fim com menos estudos de aproveitamento o óleo fúsel, um subproduto resultante da destilação do etanol, que é uma fração que possui uma volatilidade menor que os álcool etílico separado na destilação. Uma usina de médio porte produz aproximadamente 1,5 milhões de litros de álcool por dia, sendo que de cada 1000 litros são produzidos 2,5 litros de óleo fúsel (PÉREZ et al., 2000).

A densidade do óleo fúsel é de aproximadamente 0,83 g/cm<sup>3</sup> dependendo da concentração de diferentes substâncias encontradas no mesmo, com uma alta faixa de ebulição alta, entre 75 e 138°C, sendo considerado um produto inflamável cuja combustão ocorre com chama de coloração azulada.



Em vários países o óleo fúsel gerado é queimado em caldeiras nas próprias usinas, utilizados como antiespumantes no processo de fermentação e na maior parte o óleo fúsel é comercializado na forma bruta, com grandes quantidades de água e etanol, sem uma etapa de purificação (KÜÇÜK, 1998).

Segundo Zhou, (1996) do óleo fúsel pode-se extrair o álcool isoamílico,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  que é utilizado na formação de cristais líquidos com alto valor agregado.

O objetivo deste trabalho foi projetar uma coluna de destilação para obtenção do álcool isoamílico no processamento de óleo fúsel que é subproduto gerado na destilação do etanol. O óleo fúsel é constituído por Álcool metílico (segunda maior proporção); Álcool etílico; Álcool n-propílico; Álcool isoamílico (maior proporção) e concentrações pequenas de Acetato de amila; 3-pentanol; Álcool n-butílico; Acetato de hexila; n-octanol; n-decanol; Álcool n-amílico; Formiato de etila; Álcool 2-butílico; Benzoato de metila; Acetaldeído; Propionaldeído e água (PERES, 2001). O álcool isoamílico é retirado em um prato intermediário da coluna de destilação do óleo fúsel.

## 2. CONCEITOS BÁSICOS E DADOS DE EQUILÍBRIO

Foi utilizada para a pesquisa uma amostra de óleo fúsel fornecido por Usina de Fabricação de Açúcar e Álcool, da safra 2017/2018, estocado em tanques de 50.000 litros, para determinações no laboratório de química da Universidade de Uberaba.

A água do óleo fúsel foi extraída com método de separação com solução salina de carbonato de sódio 20%, na proporção 0,1 em volume, concentrando o óleo em cerca de 97% com a eliminação da água. O projeto da coluna foi realizado para sistema binário constituído por etanol e álcool isoamílico, utilizando curva de equilíbrio específica, ver Figura 1 (SILVA, 2012).

A amostra purificada com 35% em mol de álcool etílico, foi processada em um destilador simples com colunas de vigreux e destilou-se na faixa de 128°C a 130°C, para purificar o álcool isoamílico; recolheu-se a amostra de álcool isoamílico e redestilou-se o álcool isoamílico, na faixa 132°C para nova purificação. Terminou-se todo o processo de destilação e realizou-se análise de densidade do álcool isoamílico através do método de picnometria.

## 3. CÁLCULO DO NÚMERO DE PRATOS REAIS

O número de pratos reais da coluna foi quantificado usando o método de McCabe-Thiele, obtendo-se 8 pratos reais, sendo a eficiência dos pratos quantificada em 0,36 (McCabe et. al., 2001), ver a construção na Figura 2. Como parâmetros projetou-se a coluna para obtenção do produto de topo, álcool etílico com  $x_D$  com 95% em mol (concentração molar percentual no topo da coluna) e o de fundo  $x_B$  com 0,02 % mol (concentração molar percentual no fundo da coluna) e a alimentação da

---



coluna constituída por 52% da fase líquida.

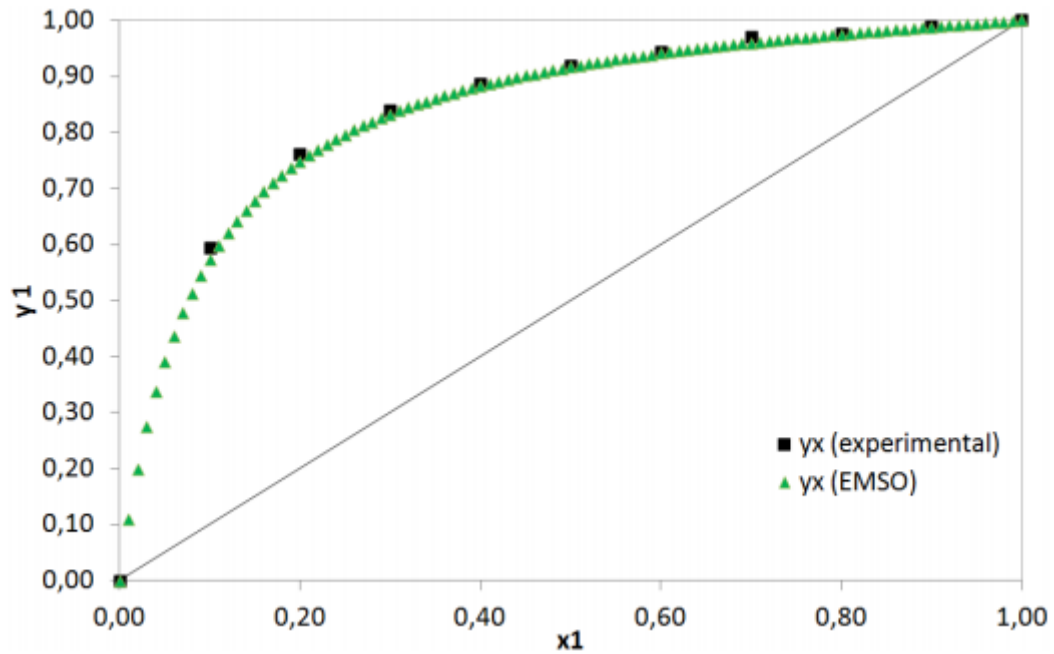


Figura 1 - Curva de equilíbrio álcool etílico-álcool isoamílico (SILVA, 2012).

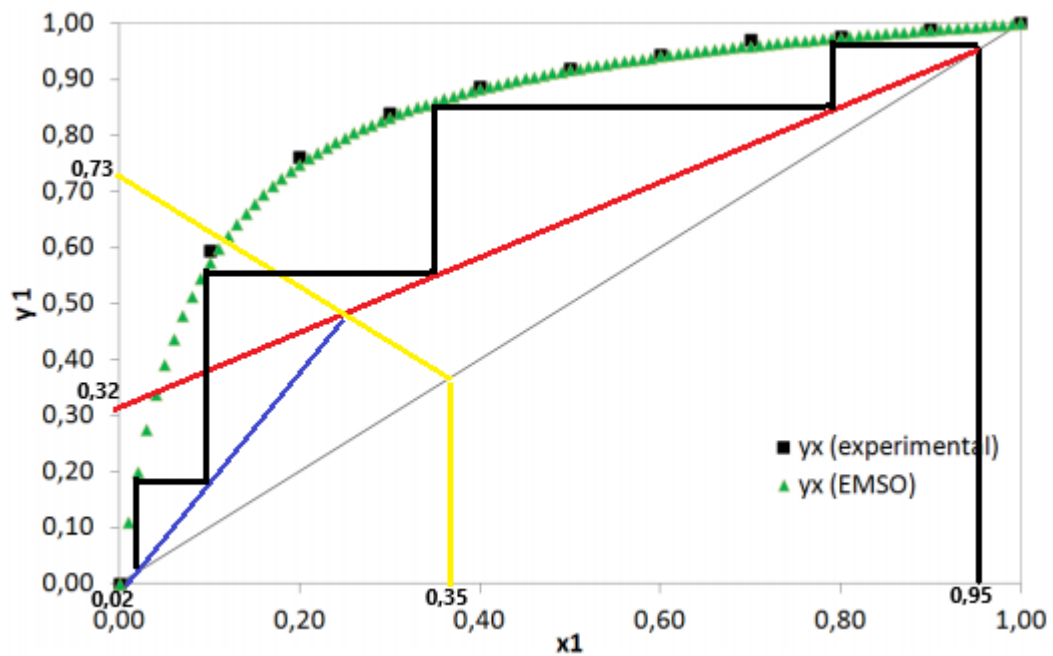




Figura 2 – Obtenção do número de pratos ideais da coluna de destilação.

#### 4. DETALHES CONSTRUTIVOS DA COLUNA

O projeto foi elaborado para obtenção de 0,93 L/h de produto de fundo (álcool isoamílico) sendo a alimentação da coluna de 1,43 L/h. A relação de reciclo foi efetuada com 2 vezes o valor mínimo.

Para calcular a velocidade de vapor que passa através dos furos do prato da coluna de destilação utilizou-se a Equação 1 (McCabe et al., 2001), sendo,  $u_c$  a velocidade do vapor,  $\sigma$  a tensão superficial do líquido, dina/cm. A distância entre os pratos foi estabelecida em 6 polegadas, referido à colunas pequenas. O valor de  $K_v$  com os dados operacionais foi de 0,134, dos cálculos,  $u_c = 0,94$  m/s.

$$u_c = K_v \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \left(\frac{\sigma}{20}\right)^{0.2}} \quad (1)$$

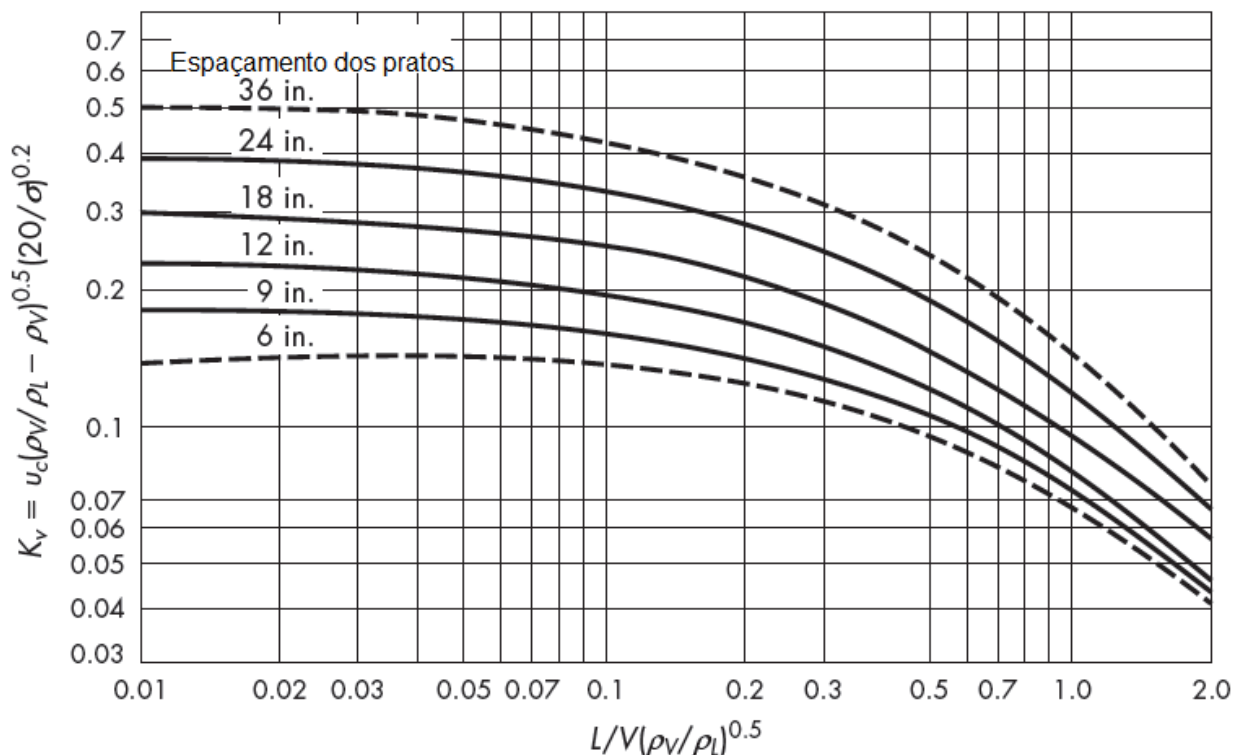


Figura 3 – Valores e  $K_v$  para pratos perfurados, a velocidade  $u_c$  é expressa em ft/s.

Para a relação de refluxo de operação ( $L/D$ ), o vapor que escoar pelos orifícios do prato da coluna é de  $4,3 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s. Como a área de borbulhamento de uma coluna é cerca de 70% da área total



do prato, a área do prato sem considerar os vertedouros é de 6,14 cm<sup>2</sup>, contudo devido a área adicional dos vertedouros que deve ser de 30% superior de espaçamento de entrada e saída o diâmetro da coluna de 5 cm atende as condições especificadas.

Como a especificação para pratos perfurados é de cerca de 8% da área total perfurada, para furos nos pratos de 1,5 mm, são requeridos 80 furos por prato, selecionando-se a disposição triangular, a Figura 4 mostra o aspecto geométrico de um prato. A Figura 5 mostra o conjunto esquemático da coluna. O aspecto físico da unidade é mostrado na Figura 6.

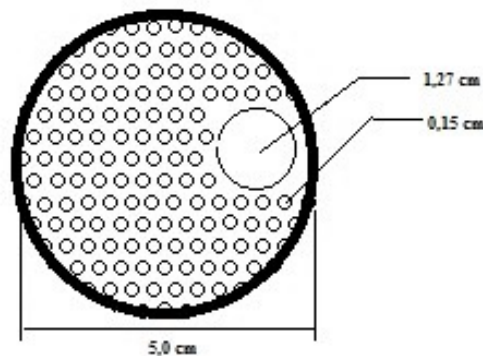


Figura 4 – Geometria de um prato da coluna de destilação.

## 5. BALANÇO DE ENERGIA

### 5.1. Balanço de energia no condensador (topo da coluna)

Cada uma das correntes com as suas taxas de escoamento.

O calor retirado no condensador é dado pela Equação (2):

$$Q = \dot{m} \cdot X_{\text{etanol}} \cdot (H_{\text{etanol } 25^{\circ}\text{C}} - H_{\text{etanol } 112^{\circ}\text{C}}) + \dot{m} \cdot X_{\text{iso}} \cdot (H_{\text{iso } 25^{\circ}\text{C}} - H_{\text{iso } 112^{\circ}\text{C}}) \quad (2)$$

De onde:  $Q = 86,74 \text{ kJ/h}$

### 5.2. O calor retirado no fundo da coluna (resfriamento) é dado pela Equação (3):

$$Q = \dot{m} \cdot X_{\text{etanol}} \cdot (H_{\text{etanol } 25^{\circ}\text{C}} - H_{\text{etanol } 120^{\circ}\text{C}}) + \dot{m} \cdot X_{\text{iso}} \cdot (H_{\text{iso } 25^{\circ}\text{C}} - H_{\text{iso } 120^{\circ}\text{C}}) \quad (3)$$

De onde :  $Q = 65,55 \text{ kJ/h}$



5.3. O calor transferido para alimentação da coluna é dado pela Equação (4):

$$Q = \dot{m} \cdot X_{\text{etanol}} \cdot (H_{\text{etanol } 70^{\circ}\text{C}} - H_{\text{etanol } 25^{\circ}\text{C}}) + \dot{m} \cdot X_{\text{iso}} \cdot (H_{\text{iso } 70^{\circ}\text{C}} - H_{\text{iso } 25^{\circ}\text{C}}) \quad (4)$$

De onde:  $Q = 345,96 \text{ kJ/h}$ .

5.4. O calor transferido para o gerador de vapor é dado pela Equação (5):

$$Q = \dot{m} \cdot X_{\text{etanol}} \cdot (H_{\text{etanol } 120^{\circ}\text{C}} - H_{\text{etanol } 70^{\circ}\text{C}}) + \dot{m} \cdot X_{\text{iso}} \cdot (H_{\text{iso } 120^{\circ}\text{C}} - H_{\text{iso } 70^{\circ}\text{C}}) \quad (5)$$

De onde:  $Q = 1.157,72 \text{ kJ/h}$ .

O balanço de energia foi útil para especificação de resistências que suprisse toda necessidade energética e especificação do condensador. O desempenho da operação da coluna será objeto de outra comunicação.

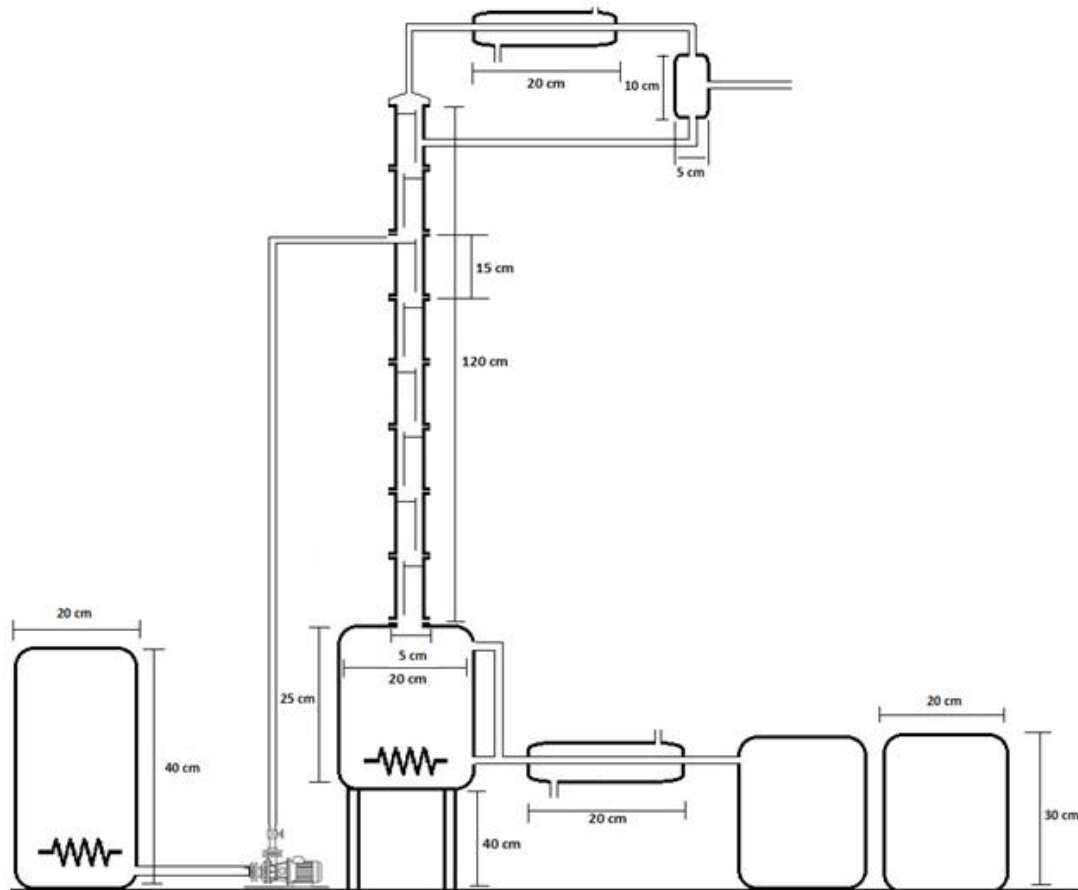




Figura 5. Arranjo físico da coluna de destilação.



Figura 6. Na esquerda com cor cinza o aspecto da coluna de destilação instalada.

## 6. CONCLUSÃO

Através do processo de destilação simples em coluna de *vigreux*, pode-se concluir que a amostra de óleo fúsel continha cerca de 65% de álcool isoamílico, sendo que este foi o parâmetro inicial para o projeto da coluna de destilação piloto para obtenção de álcool isoamílico. Os cálculos demonstraram uma eficiência da coluna de 36%, eficiência relativamente baixa se tratando de uma coluna piloto com destilação em pequena escala, o que elevou a quantidade de 3 pratos ideais para 8 pratos reais. O dimensionamento dos



parâmetros básicos da coluna de destilação indicou que a altura da coluna foi de 120 centímetros e seu diâmetro de 5,0 centímetros.

## 7. REFERÊNCIAS

KÜÇÜK, Z.; CEYLAN, K. Potential utilization of fusel oil : A kinetic approach for production of fusel oil esters through chemical reaction. **Turk J Chem.** Turquia. N°.22, p. 289 – 300. 1998.

MACCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering.** 6th. Boston: McGraw Hill, 2001. 1114 p.

PERES, E.D.; CARDOSO, D.R.; FRANCO, D.W. Análise dos álcoois, ésteres e compostos carbonílicos em amostras de óleo fúsel. **Química Nova.** USP São Carlos. SP. N° 1. Vol. 24. p. 10 – 12. 2001.

SILVA, J. I. S. Simulação dinâmica do processo de destilação de bioetanol em simulador baseado em equações (EMSO). **Dissertação Mestrado.** UFSCar. 2012. 107 p.

ZHOU, R. Separation of active amyl alcohol and isoamyl alcohol. **Chemical engineering.** Tsinghua University. Beijing, n 1. 5 p. 1996.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CMAA - Companhia Mineira de Açúcar e Álcool, à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, e à UNIUBE pelo suporte dado a elaboração desse projeto.