

# Estudo da Eficiência Energética de Colunas de Destilação Utilizando o Conceito de $V_{min}$

Alice Menezes D'Almeida, Marcelo Farenzena

INTRODUÇÃO

- A **destilação** é a operação unitária de separação mais utilizada nas indústrias de processo;
- É uma operação que consome uma quantidade significativa de energia: cerca de **5% de toda energia dos EUA** são gastas em colunas;



- Este consumo representa um problema, tanto do ponto de vista **ambiental** quanto **econômico**;
- O **objetivo** deste trabalho foi estudar metodologias para avaliar o gasto energético e **eficiência de colunas de destilação**.

METODOLOGIA

- A metodologia utilizada neste trabalho foi a do **Diagrama de  $V_{min}$**  para uma coluna de destilação simples.
- $V_{min}$  é a quantidade mínima de vapor que deixa a coluna.
- O diagrama consiste em uma **visualização gráfica** do mínimo de energia em função da fração dos componentes na alimentação da coluna.
- Assumem-se fluxos molares constantes, volatilidades relativas constantes e infinito número de estágios e utiliza-se as equações de Underwood para computar a distribuição de todos os componentes da alimentação.
- Para o cálculo das raízes (denotadas  $\theta$ ) foi utilizada a **Equação 1**:

$$1 - q = \sum \frac{\alpha_i z_i}{\alpha_i - \theta} \quad (1)$$

Onde temos a fração de líquido na alimentação  $q$ , fração molar  $z$  e volatilidade relativa  $\alpha$ .

- Descobrimos as raízes de Underwood, obtém-se o gráfico de  $V_{min}$ , como mostrado na **Figura 1**:

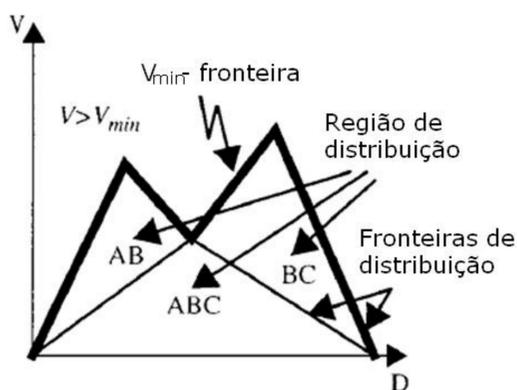


Figura 1: Diagrama de  $V_{min}$  para alimentação ternária (ABC)

- Para o caso de alimentação binária, obtém-se apenas uma raiz  $\theta$ , que obedece  $\alpha_A > \theta > \alpha_B$ .
- O gráfico gerado para uma alimentação binária é representado na **Figura 2**:

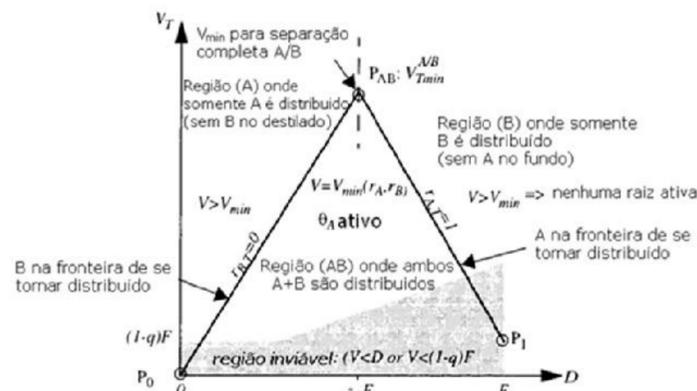


Figura 2: Diagrama de  $V_{min}$  para separação binária entre componentes A (pesado) e B (leve)

- Dentro do triângulo, podemos especificar diversas variáveis e, utilizando um conjunto de equações, chegar a uma única solução como no gráfico da **Figura 3**:

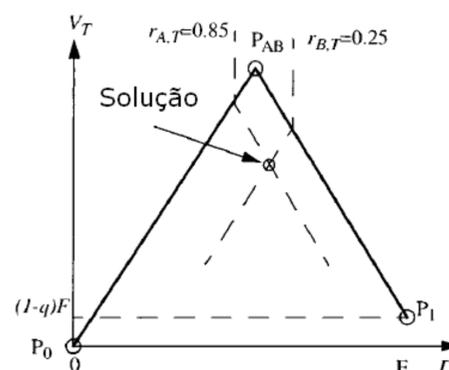


Figura 3: Solução visualizada no diagrama de  $V_{min}$

- Esse método também pode ser utilizado para a visualização da mínima energia requerida em colunas com alimentação de misturas não ideais de multicomponentes
- A simplicidade do método permite sua utilização imediata em colunas industriais

RESULTADOS

- O caso de estudo deste trabalho foi uma coluna de destilação simples, com alimentação binária (água e etanol).
- As volatilidades relativas utilizadas foram  $\alpha_A=2,598684$  e  $\alpha_B=0,38481$ .
- Consideramos composição de alimentação iguais para água e etanol ( $Z_A=0,5$  e  $Z_B=0,5$ ) e a taxa de fluxo de alimentação  $F=1$ .
- Para montar o Diagrama de  $V_{min}$  são necessários três pontos:

$$P_{AB}: [r_{A,T}, r_{B,T}] = [1, 0] \rightarrow [D, V_{T,min}] = \left[ z_A, \frac{\alpha_A z_A}{\alpha_A - \theta_A} \right] F$$

$$P_0: [r_{A,T}, r_{B,T}] = [0, 0] \rightarrow [D, V_{T,min}] = [0, 0]$$

$$P_1: [r_{A,T}, r_{B,T}] = [1, 1] \rightarrow [D, V_{T,min}] = [1, 1 - q] F$$

- Foram utilizadas três frações de líquido  $q=0,3; 0,5$  e  $0,7$ .
- Para cada fração, foi gerado um gráfico diferente. Os três gráficos estão representados nas figuras 1, 2 e 3.
- Para cada operação existe apenas uma única solução no interior do gráfico. Quanto mais próximo esse ponto for da fronteira, mais eficiente a operação.

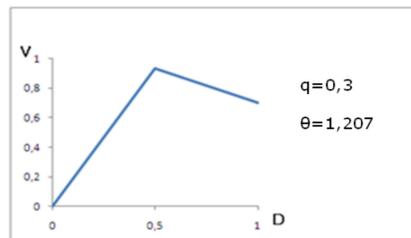


Figura 4: Diagrama de  $V_{min}$  para  $q=0,3$

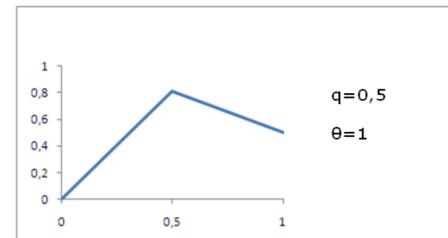


Figura 5: Diagrama de  $V_{min}$  para  $q=0,5$

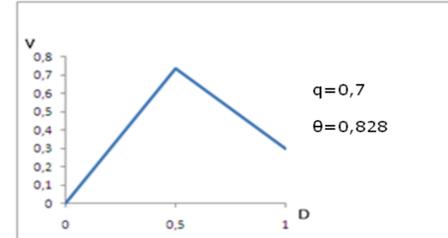


Figura 6: Diagrama de  $V_{min}$  para  $q=0,7$

CONCLUSÕES

- A distribuição dos componentes da alimentação e o mínimo de energia correspondente requerido é facilmente achado apenas olhando o diagrama;
- As alturas dos picos são determinadas pelas volatilidades relativas e pela composição da alimentação;
- Quanto mais alto o pico, mais difícil a separação binária;
- O diagrama pode de  $V_{min}$  ser computado para sistemas não-ideais, mas para sistemas ideais pode providenciar expressões analíticas exatas para o cálculo do mínimo de energia;
- Apesar da teoria ter sido deduzida para uma coluna simples convencional, o simples diagrama de  $V_{min}$  para uma coluna de dois produtos contém toda informação necessária para operação de colunas mais complexas.



Autores: Alice Menezes D'Almeida

Marcelo Farenzena

Agradecimentos: Departamento de Engenharia Química-UFRGS

Rua Luis Englert, s/n. Porto Alegre, RS.

CEP: 90040 - 040

e-mails: licedal@gmail.com, farenz@enq.ufrgs.br

Fone: +55-51-3308-3918 FAX: +55-51-3308-3277

