

# Processos de Separação por Estágios de Equilíbrio

Prof. Rodolfo Rodrigues  
Universidade Federal do Pampa

BA310 – Operações Unitárias II  
Curso de Engenharia Química  
Campus Bagé

8 de agosto de 2017



## Informações de Contato

Rodolfo Rodrigues, Dr. Eng.

Professor de Engenharia Química

Sala: **2108 (Sala dos professores 1)** ou

**LEC (Lab. de Energia e Carboquímica)**

E-mail: [rodolfo@unipampa.edu.br](mailto:rodolfo@unipampa.edu.br)

Website: [rodolfo.chengineer.com](http://rodolfo.chengineer.com)



# Estágios de Equilíbrio



# Operações por Estágios de Equilíbrio

## Estágio de Equilíbrio

- 1 Considere que há 2 fases em contato íntimo;
- 2 Ocorre transf. de massa dos componentes das fases;
- 3 Após, as fases são separadas;
- 4 Se o tempo de contato/mistura é longo:  
Os componentes estarão em equilíbrio físico nas 2 fases após a separação, ou seja, não há mais transf. de massa.



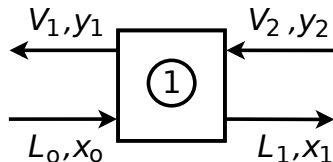
## Operações por Estágios de Equilíbrio

### Considerações:

- Operação contínua, geralmente;
- Operação em estado estacionário;
- Mistura binária (A + B), geralmente.

### Convenções:

- $V$  é a fase "leve" e  $L$  é a fase "pesada";
- $y$  é a composição da fase "leve" e  $x$  é a composição da fase "pesada";
- Uma corrente é identificada pelo  $n^{\circ}$  do estágio do qual ela se originou.



## Operações por Estágios de Equilíbrio

### Equacionando:

BMG:

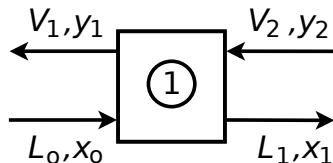
$$L_0 + V_2 = L_1 + V_1 \quad (1)$$

BMC:

$$\begin{aligned} L_0 \cdot x_0 + V_2 \cdot y_2 = \\ L_1 \cdot x_1 + V_1 \cdot y_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Relação de equilíbrio:

$$K = \frac{y_1}{x_1} \quad (3)$$



## Operações por Estágios de Equilíbrio

### Fator de Separação

**Coefficiente de distribuição** ou constante de equilíbrio ("K-value"):

$$K_i = \frac{\text{composição de } i \text{ na fase "leve"}}{\text{composição de } i \text{ na fase "pesada"}} = \frac{y_i}{x_i} \quad (4)$$

Desta forma,  $K = 1$  significa que a separação é impossível!

**Obs.:** Para um mistura binária,  $K$  é sempre expresso para o componente mais volátil. Assim,  $K \geq 1$  sempre.



# Operações por Estágios de Equilíbrio

## Múltiplos Estágios ou Multiestágios

- $K \gg 1$ :  
Um único estágio pode ser suficiente para atingir a separação desejada;
- $K \approx 1$ :  
Múltiplos estágios são necessários para atingir a separação desejada. **Na prática, é o caso mais comum!**
- Na prática, multiestágios são utilizados para reduzir a massa e a energia gastas na operação de separação.





# Destilação “Flash”



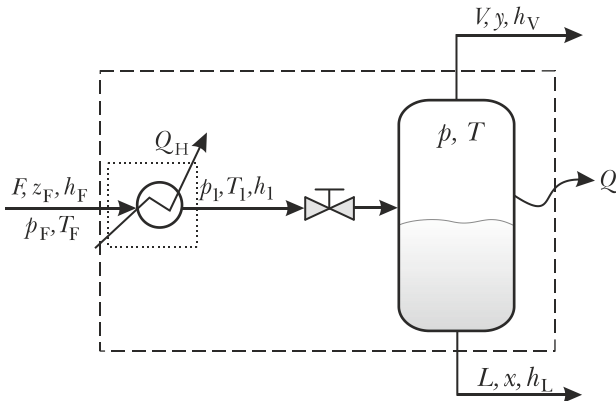
# Destilação *Flash*

## Destilação *Flash* ou Destilação de Equilíbrio

- É uma operação de **separação contínua** de um **único estágio de equilíbrio** onde uma mistura líquida de 2 ou mais componentes é parcialmente vaporizada através da passagem por uma válvula de expansão;
- As fases são posteriormente separadas e removidos em um recipiente chamado de **tanque** ou **vaso**;
- É usada na indústria como uma **pré-separação** ou **operação auxiliar** de preparação de correntes que para uso em tipos de separação mais eficientes.



# Destilação Flash



**Figura 1:** Representação da destilação *flash*.

Fonte: Azevedo & Alves (2013).

## Destilação Flash

BMG:

$$F = V + L \quad (5)$$

BMC:

$$F \cdot z = V \cdot y + L \cdot x \quad (6)$$

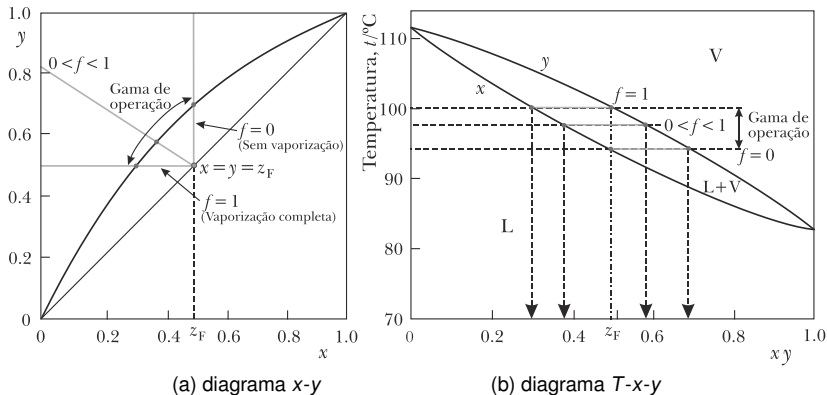
Definindo a fração da alimentação que é vaporizada como  $f = V/F$  e a partir das eqs. 5 e 6, têm-se:

$$y = \frac{F}{V}z - \frac{L}{V}x \quad (7)$$

$$y = \left( \frac{f-1}{f} \right) x + \frac{z}{f}$$



# Destilação Flash



**Figura 2:** Representação gráfica da destilação *flash* a pressão constante: (a) diagrama  $x-y$ ; (b) diagrama  $T-x-y$ .

Fonte: Azevedo & Alves (2013).

- AZEVEDO, E. G.; ALVES, A. M. Destilação Súbita. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Engenharia de Processos de Separação*. 2. ed. Lisboa: IST Press, 2013, p. 69-98.
- WANKAT, P. C. Flash Distillation. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Separation Process Engineering Includes Mass Transfer Analysis*. 3. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2012, p. 13-77.