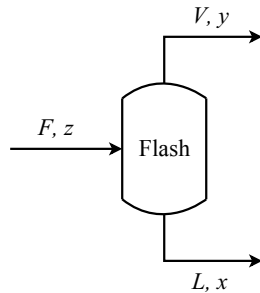


Nome: \_\_\_\_\_

Matrícula: \_\_\_\_\_

### Destilação *Flash*

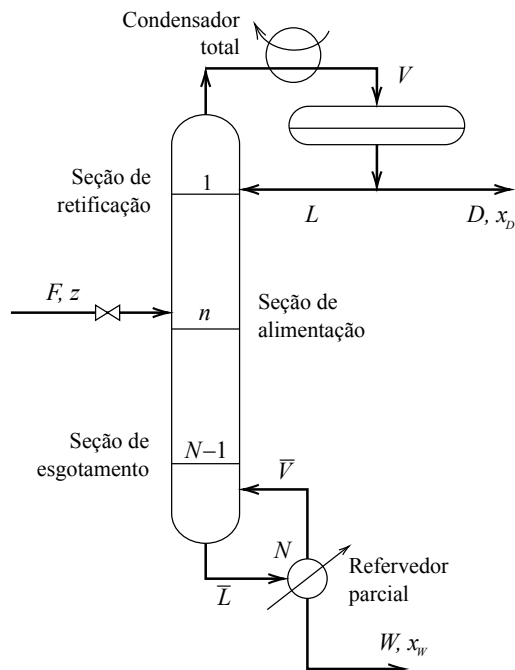


- Linha de operação:

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

onde  $f = V/F$ , é a fração vaporizada.

### Destilação Binária por Estágios



- Volatilidade relativa:

$$\alpha_{AB} = \frac{K_A}{K_B} = \frac{y_A/x_A}{y_B/x_B} \quad (2)$$

$$= \frac{p_A^{sat}/p}{p_B^{sat}/p} = \frac{p_A^{sat}}{p_B^{sat}}$$

$$y = \frac{\alpha_{AB} \cdot x}{1 + x(\alpha_{AB} - 1)} \quad (3)$$

- Fração recuperada:

$$FR_D = \frac{D \cdot x_D}{F \cdot z} \quad (4)$$

$$FR_W = 1 - FR_D \quad (5)$$

- Linha de operação da seção de alimentação:

$$y = \left( \frac{q}{q-1} \right) x - \frac{z}{q-1} \quad (6)$$

onde:

$$q = \frac{\bar{L} - L}{F} = \frac{h_V - h_F}{h_V - h_L} \quad (7)$$

- (a)  $q > 1$ : líquido subresfriado

$$q = 1 + \frac{c_{p,L}(T_b - T_F)}{\Delta h^{vap}} \quad (8)$$

- (b)  $q = 1$ : líquido saturado

- (c)  $0 < q < 1$ : líquido e vapor

$$q = 1 - f \quad (9)$$

- (d)  $q = 0$ : vapor saturado

- (e)  $q < 0$ : vapor superaquecido

$$q = \frac{c_{p,V}(T_d - T_F)}{\Delta h^{vap}} \quad (10)$$

- Linha de operação da seção de retificação:

$$y = \left( \frac{R_D}{R_D + 1} \right) x + \frac{x_D}{R_D + 1} \quad (11)$$

onde  $R_D = L/D$  é a razão de refluxo.

- Linha de operação da seção de esgotamento:

$$y = \frac{\bar{L}}{\bar{V}} x - \frac{W}{\bar{V}} x_W = \left( \frac{R_B + 1}{R_B} \right) x - \frac{x_W}{R_B} \quad (12)$$

onde  $R_B = \bar{V}/W$  é a razão de *boilup*.

- Razão de refluxo mínima,  $R_{min}$ :

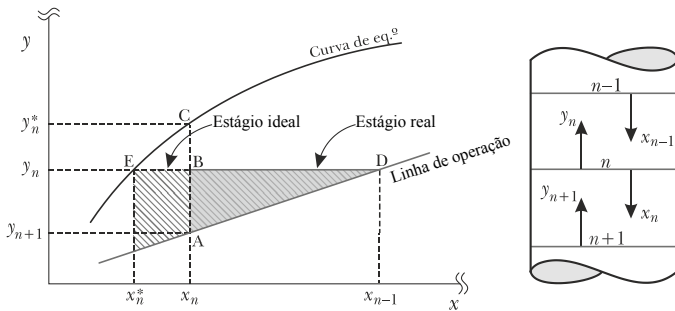
$$R_{min} = \frac{x_D - y^*}{y^* - x^*} \quad (13)$$

- Condensador,  $Q_C$ , e refeedor,  $Q_B$ :

$$F \cdot h_F + Q_B = D \cdot h_D + W \cdot h_W + Q_C \quad (14)$$

$$Q_C = V \cdot \Delta h^{vap} \quad (15)$$

$$Q_B = \bar{V} \cdot \Delta h^{vap} \quad (16)$$



- Eficiência de prato ou de Murphree,  $E_M$ :

$$E_{MV} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}} \quad (17)$$

$$E_{ML} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n^* - x_{n-1}} \quad (18)$$

- Eficiência global,  $E_0$ :

$$E_0 = \frac{N_{ideal}}{N_{real}} < 1 \quad (19)$$

## Destilação Multicomponente por Estágios

- Equação de Fenske:

$$N_{min} = \frac{\log \left[ \frac{(x_{i,D}/x_{j,D})}{(x_{i,W}/x_{j,W})} \right]}{\log(\alpha_{i,j})} \quad (20)$$

com  $\alpha_{i,j}$  é aproximada por:

$$\alpha_{i,j} = (\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_R)^{1/N_{min}} \approx (\alpha_1 \alpha_R)^{1/2} \quad (21)$$

Expressões alternativas:

$$N_{min} = \frac{\log \left[ \frac{FR_{i,D} \cdot FR_{j,W}}{(1 - FR_{i,D})(1 - FR_{j,W})} \right]}{\log(\alpha_{i,j})} \quad (22)$$

$$N_{min} = \frac{\log \left[ \frac{x_D/(1 - x_D)}{x_W/(1 - x_W)} \right]}{\log(\alpha)} \quad (23)$$

sendo:

$$FR_{k,D} = \frac{\alpha_{k,j}^{N_{min}}}{FR_{j,W} + \alpha_{k,j}^{N_{min}}} \quad (24)$$

$$D \cdot x_{D,i} = FR_{i,D} \cdot F \cdot z_i \quad (25)$$

$$W \cdot x_{W,i} = (1 - FR_{i,D}) \cdot F \cdot z_i \quad (26)$$

onde  $k$  é um componente não-chave (NK).

- Equações de Underwood:

$$1 - q = \sum_{i=1}^C \left( \frac{\alpha_{i,HK} \cdot z_i}{\alpha_{i,HK} - \theta} \right) \quad (27)$$

$$R_{min} + 1 = \sum_{i=1}^C \left( \frac{\alpha_{i,HK} \cdot x_{D,i}}{\alpha_{i,HK} - \theta} \right) \quad (28)$$

com  $1 < \theta < \alpha_{LK,HK}$ .

- Correlação de Gilliland:

$$Y = 0,75 - 0,75X^{0,5668} \quad (29)$$

$$\text{onde } Y = \frac{N - N_{min}}{N + 1} \text{ e } X = \frac{R - R_{min}}{R + 1}.$$

- Equação de Kirkbride:

$$\frac{N_F - 1}{N - N_F} = \frac{N_{retif}}{N_{esgot}} = \quad (30)$$

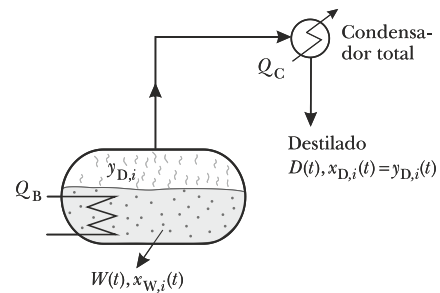
$$= \left[ \left( \frac{z_{HK}}{z_{LK}} \right) \left( \frac{x_{LK,W}}{x_{HK,D}} \right)^2 \left( \frac{W}{D} \right) \right]^{0,206}$$

Determinação de  $N_F$  a partir de Fenske:

$$N_{F,min} = \frac{\log \left[ \frac{(x_{LK,D}/x_{HK,D})}{(z_{LK}/z_{HK})} \right]}{\log(\alpha_{LK,HK})} \quad (31)$$

$$\frac{N_{F,min}}{N_{min}} = \frac{N_F}{N} \quad (32)$$

## Destilação Batelada



- Equação de Rayleigh:

$$\ln \left( \frac{W_f}{F} \right) = \int_{x_F}^{x_{W_f}} \frac{dx_W}{y_D - x_W} \quad (33)$$

sendo a área sob a curva desde  $x = x_F$  até  $x = x_{W_f}$  pela regra de Simpson:

$$\int_{x_F}^{x_{W_f}} f(x) dx = \frac{x_{W_f} - x_F}{6} \cdot \quad (34)$$

$$\left[ f(x_{W_f}) + 4f \left( \frac{x_{W_f} + x_F}{2} \right) + f(x_F) \right]$$

onde  $f(x) = 1/(y - x)$ .

- Quantidade total de destilado produzido:

$$D_{total} = D_f = F - W_f \quad (35)$$

- Composição média do destilado:

$$x_{Df} = \frac{x_F F - x_{Wf} W_f}{F - W_f} \quad (36)$$

- Para ELV dado por  $\alpha$  constante, tem-se:

$$y_D = x_D = \frac{\alpha \cdot x_W}{1 + x_W(\alpha - 1)} \quad (37)$$

onde a solução analítica da equação de Rayleigh é:

$$\ln\left(\frac{x_{Wf} W_f}{x_F F}\right) = \alpha \ln\left[\frac{(1 - x_{Wf}) W_f}{(1 - x_F) F}\right] \quad (38)$$

$$\ln\left(\frac{W_f}{F}\right) = \frac{1}{1 - \alpha} \ln\left[\frac{x_{Wf}(1 - x_F)}{x_F(1 - x_{Wf})}\right] + \ln\left(\frac{1 - x_F}{1 - x_{Wf}}\right) \quad (39)$$

## Absorção & Regeneração

- Relação entre razão molar ( $X, Y$ ) e fração molar ( $x, y$ ):

$$X = \frac{x}{1 - x} \quad (40)$$

$$Y = \frac{y}{1 - y} \quad (41)$$

- Cálculo de  $K_i$  (lei de Henry):

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{H_i}{p} \quad (42)$$

- Linha de operação de regeneração (*stripping*):

$$Y_{j+1} = \left(\frac{L_S}{G_S}\right) X_j + \left(Y_1 - \frac{L_S}{G_S} X_0\right) \quad (44)$$

- Equações de Kremser:

- para  $L/G = m$ :

$$N = \frac{y_{N+1} - y_1}{y_1 - m x_0} \quad (45)$$

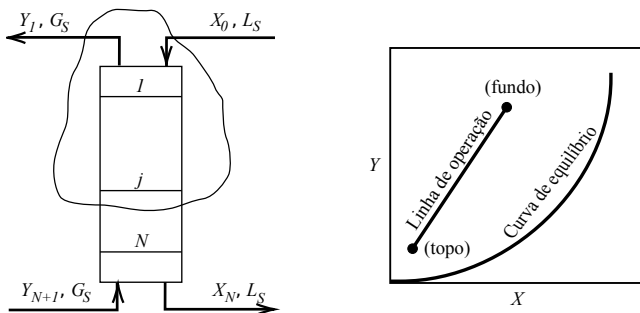
$$N = \frac{x_0 - x_N}{x_N - y_{N+1}/m} \quad (46)$$

- para  $L/G \neq m$ :

$$N = \frac{\ln\left[\left(1 - \frac{1}{A}\right)\left(\frac{y_{N+1} - m \cdot x_0}{y_1 - m \cdot x_0}\right) + \frac{1}{A}\right]}{\ln A} \quad (47)$$

$$N = \frac{\ln\left[\left(1 - \frac{1}{S}\right)\left(\frac{x_0 - y_{N+1}/m}{x_N - y_{N+1}/m}\right) + \frac{1}{S}\right]}{\ln S} \quad (48)$$

onde  $A = L/mG$  e para um caso de regeneração,  $S = 1/A$ .



- Linha de operação de absorção:

$$Y_{j+1} = \left(\frac{L_S}{G_S}\right) X_j + \left(Y_1 - \frac{L_S}{G_S} X_0\right) \quad (43)$$

