

# Operações Unitárias

Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone de Fátima Medeiros

Contato: [simonemedeiros@usp.br](mailto:simonemedeiros@usp.br)



# ilação

de constituintes de uma mistura  
a **diferença de volatilidade** entre eles.



dos:

## Destilação simples:

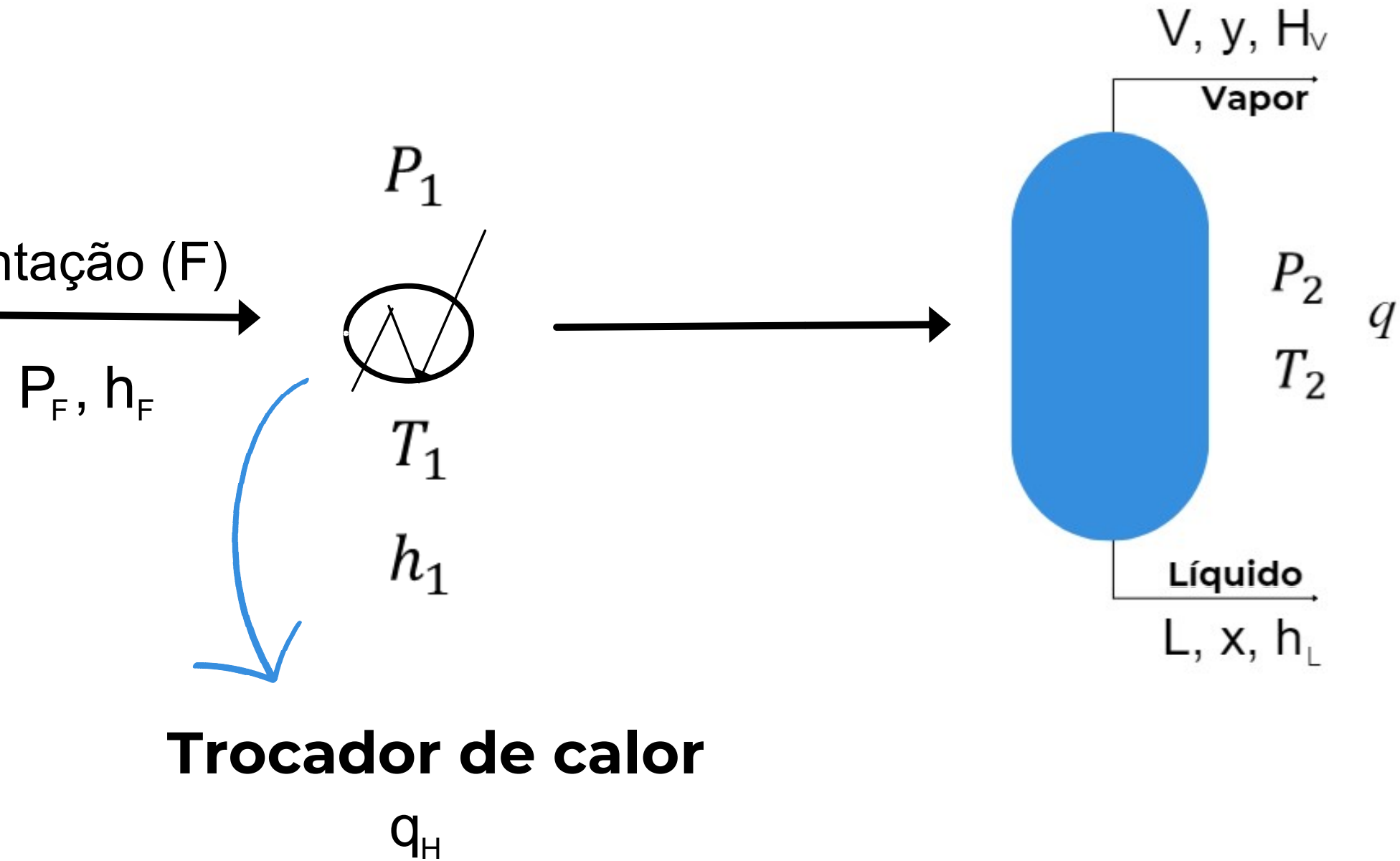
Destilação Flash

Destilação Diferencial

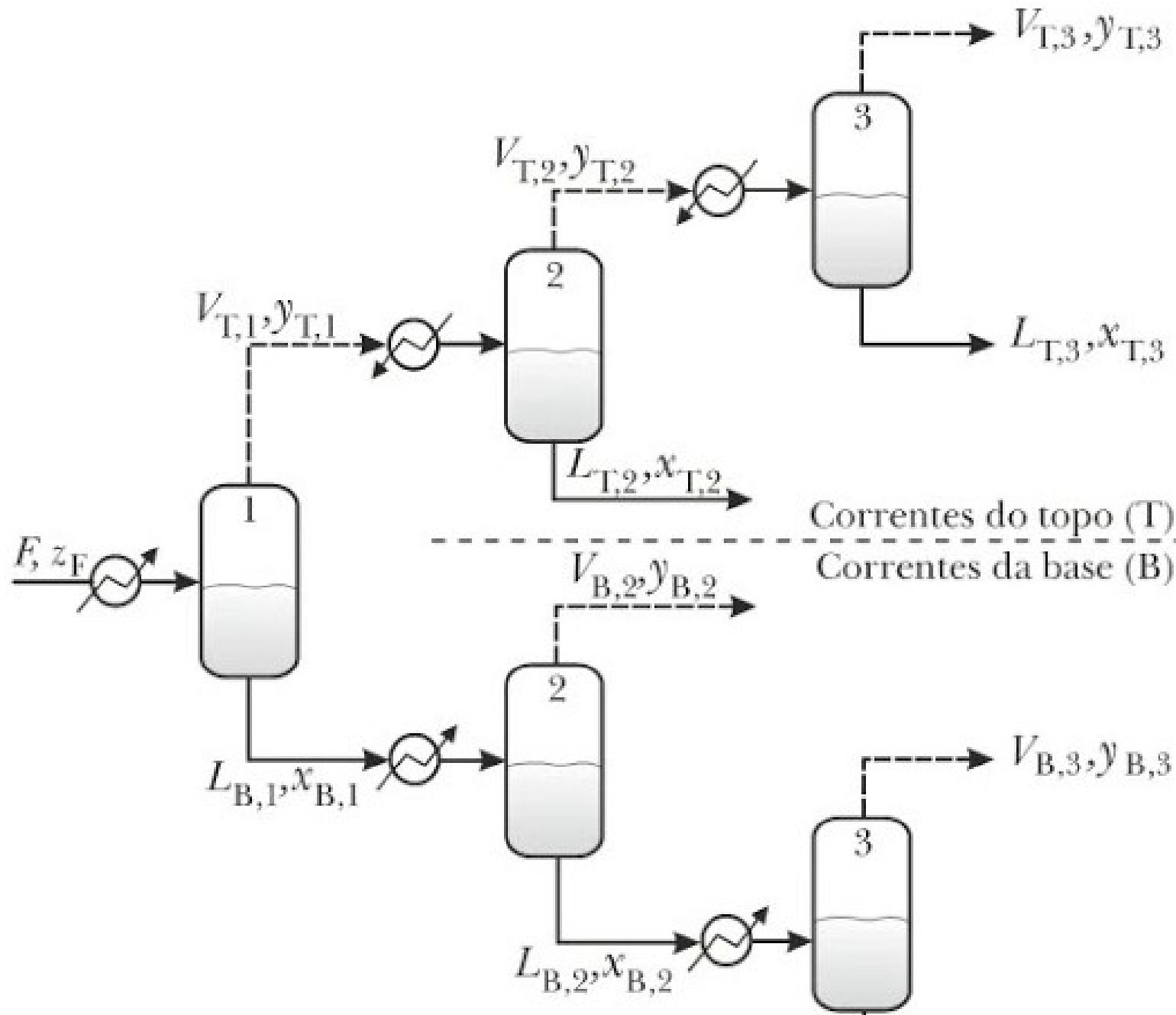
## 2. Complexo:

- Destilação com retificação

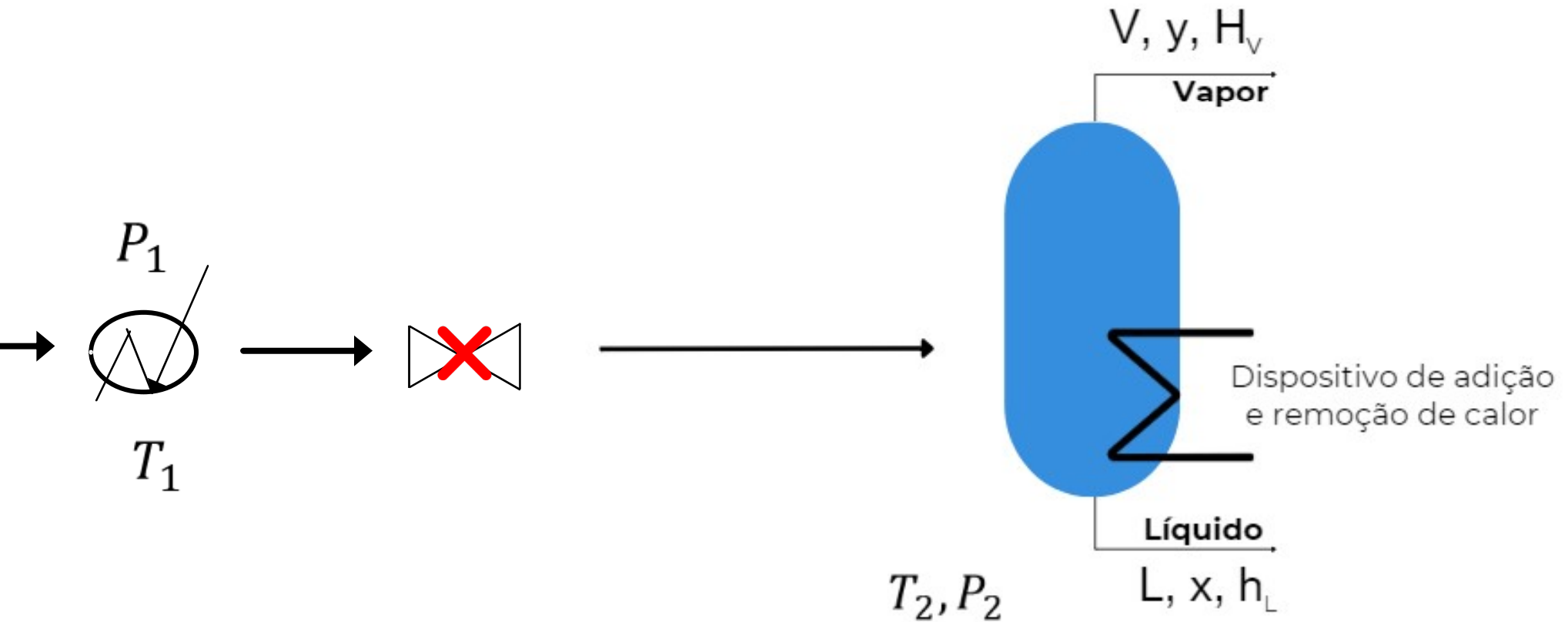
# Destilação Flash



# Cascata



# Destilação Flash



ar do componente **mais volátil** na mistura

ar da alimentação que é **vaporizada e retirada** na forma de vapor

# Flash

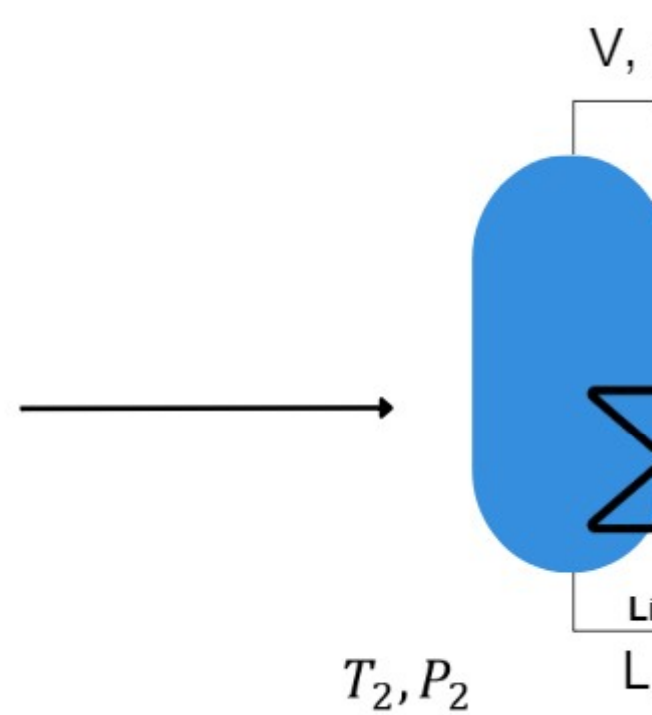
Equação:

$$L + V$$
$$* x_A + V * y_A$$

$$L = (1 - f) * F$$

$$y_A + (1 - f) * x_A * F$$

o molar do componente  
mistura



Equação da **linha**  
da Destilação

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

# Resolução Flash

Energia:

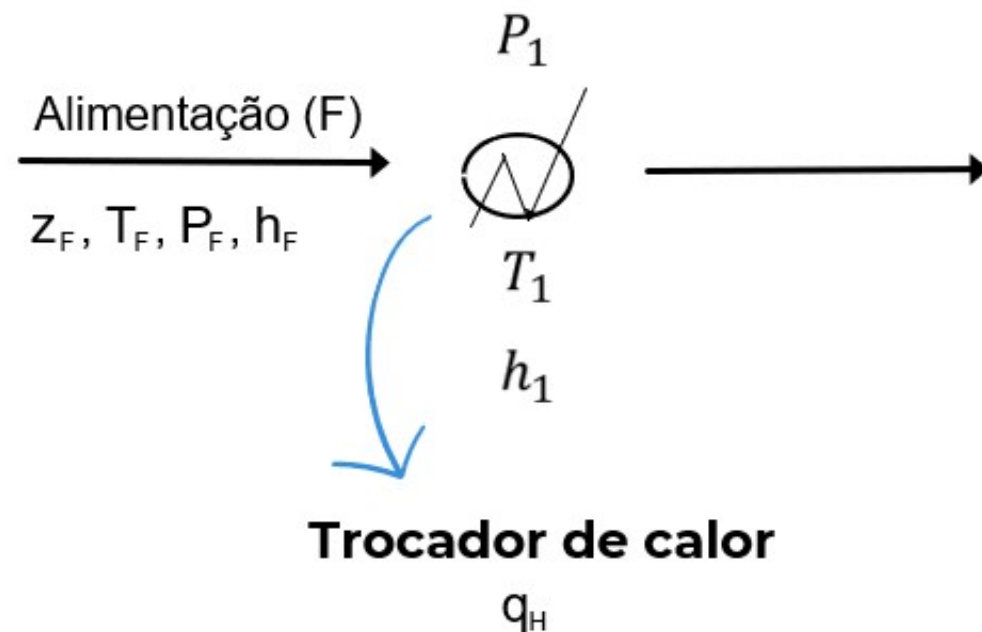
$$V * H_V + L * h_L + q$$

Adiabática  $\rightarrow$   $q=0$

$$V * H_V + L * h_L$$

$$q_h = F_{h1}(z_F, T_1)$$

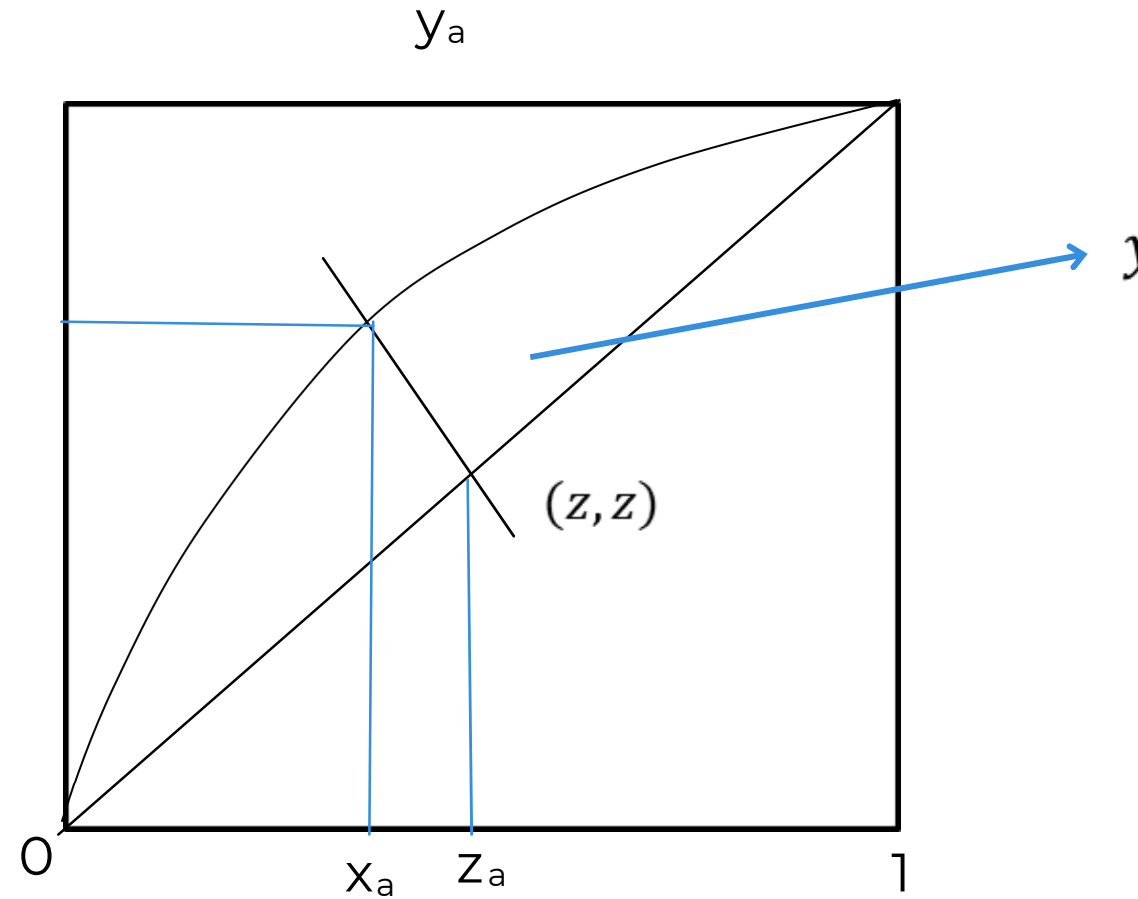
$$V * H_y(y, T_2) + L * h_L(x, T_2)$$



A entalpia  $h_F$  pode ser calculada  
Incógnita  $q_H$

# ção Flash

A linha de operação é uma  
equação  $y = -\left(\frac{1-f}{f}\right)x + f$  e pode ser  
desenhada em um diagrama de equilíbrio.





benzeno-tolueno de composição  $z_A = 0,55$  em fração molar de benzeno, em aparato de destilação flash e vaporiza-se 40% da alimentação.

do vapor e do líquido residual em que se efetiva a separação

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

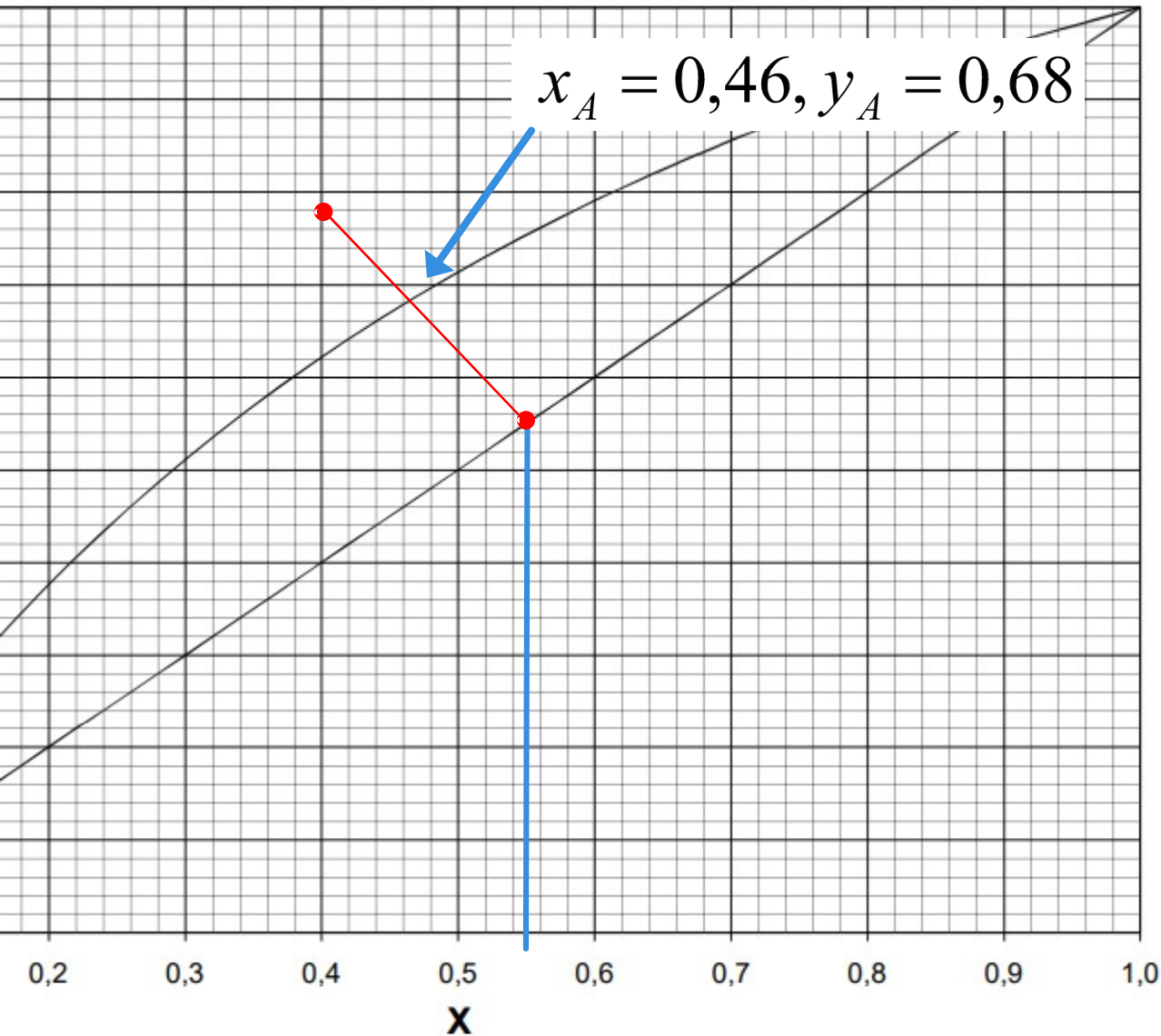
$$y = -\left(\frac{1-0,4}{0,4}\right) * x + \frac{0,55}{0,4}$$

$$y = -1,5 * x + 1,375$$

Linha de Operação da Destilação Flash

o vapor e do líquido residual

de equilíbrio: Benzeno-Tolueno - 760 mmHg



$$P_1 = (z_A; z_A) = (0,55; 0,5)$$

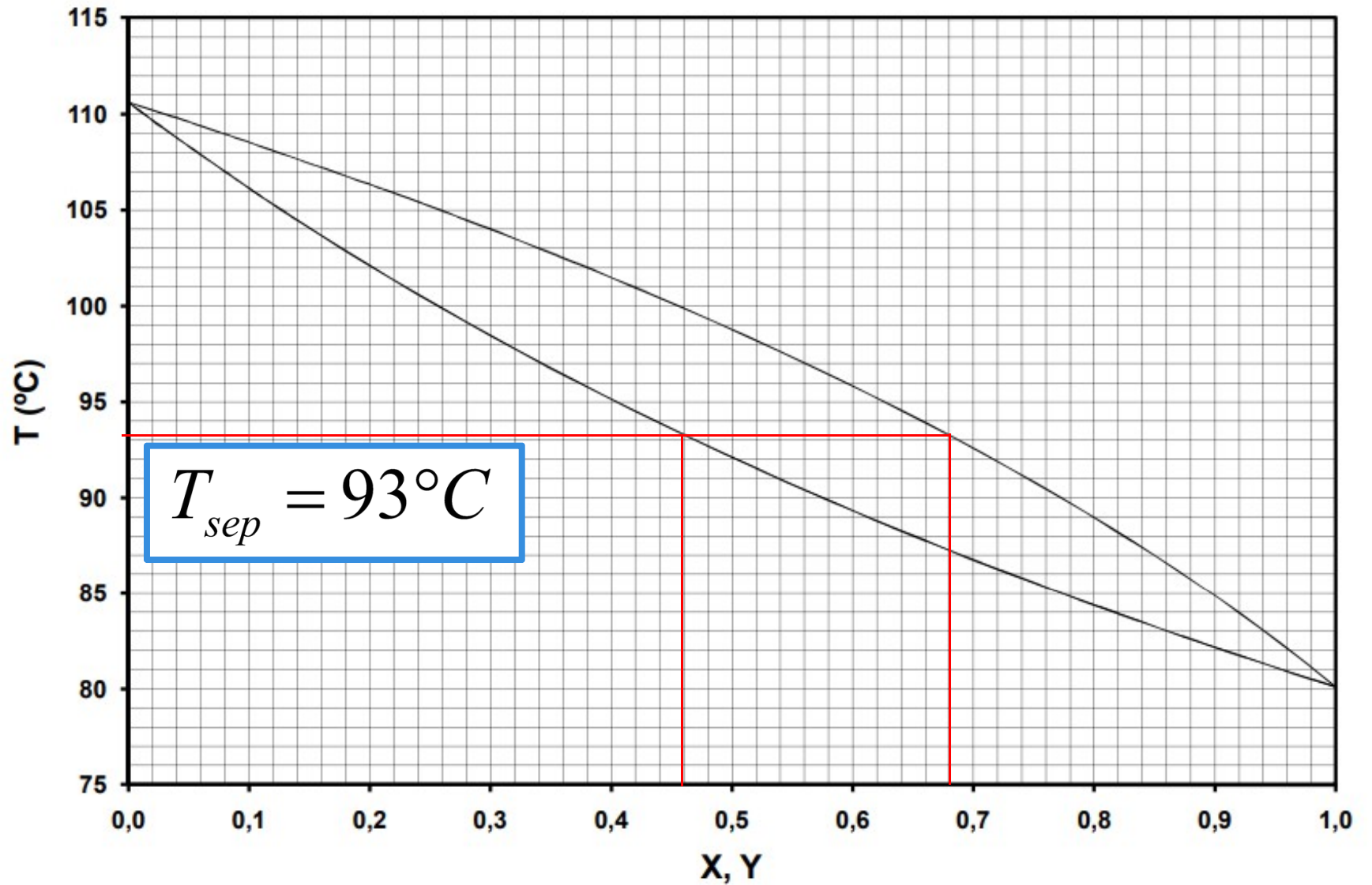
$$P_2 = (0,4; 0,78)$$

$$y = -1,5 * x + 1,375$$

em que se efetiva a separação

$$x_A = 0,68$$

Diagrama das temperaturas de ebulição  
Benzeno-Tolueno - 760 mmHg



# sa na destilação flash baseado nos **coeficientes de distribuição**

$$y_A^* = k_A x_A \quad (1)$$

$$y_B^* = k_B x_B \quad (2)$$

$$y_A^* = k_A x_A \quad (3)$$

$$y_B^* = k_B x_B \quad (4)$$

$$x_A + x_B = 1 \quad (6)$$

$$k_A x_A + k_B x_B = 1$$

$$k_A x_A + k_B (1 - x_A) = 1$$

$$k_A x_A + k_B - k_B x_A = 1$$

$$x_A = \frac{1 - k_B}{k_A - k_B} \quad (7)$$

(3) e (7):

$$y_A = k_A \left( \frac{1 - k_B}{k_A - k_B} \right)$$

(6) e (7):

$$x_B = 1 - \left( \frac{1 - k_B}{k_A - k_B} \right)$$

$$x_B = \frac{k_A - 1}{k_A - k_B}$$

(4) e (9):

$$y_B = k_B \left( \frac{k_A - 1}{k_A - k_B} \right)$$

# sa na destilação flash baseado nos **coeficientes de distribuição**

Substituindo (12) em (11):

$$\frac{V}{F} = \frac{z_A}{y_A} - \left\{ \frac{z_B}{x_B} - \left[ \frac{V}{F} * \left( \frac{y_B}{x_B} \right) \right] \right\} * \frac{x_A}{y_A}$$

$$\frac{V}{F} * \left[ \frac{(x_B * y_A) - (y_B * x_A)}{x_B * y_A} \right]$$

(11)

$$\frac{V}{F} = \frac{z_A}{y_A} - \frac{z_B * x_A}{x_B * y_A} + \left[ \frac{V}{F} * \left( \frac{y_B * x_A}{x_B * y_A} \right) \right]$$

$$\frac{V}{F} = \left[ \frac{(z_A * x_B) - (z_B * x_A)}{x_B * y_A} \right]$$

(12)

$$\frac{V}{F} * \left[ 1 - \left( \frac{y_B * x_A}{x_B * y_A} \right) \right] = \frac{z_A}{y_A} - \frac{z_B * x_A}{x_B * y_A}$$

$$\frac{V}{F} = \left[ \frac{(z_A * x_B) - (z_B * x_A)}{(x_B * y_A) - (y_B * x_A)} \right]$$

# sa na destilação flash baseado nos **coeficientes de distribuição**

alores das equações (7), (8), (9), (10), temos:

$$\frac{V}{F} = \frac{\left[ \left( \frac{k_A - 1}{k_A - k_B} \right) * z_A \right] - \left[ \left( \frac{1 - k_B}{k_A - k_B} \right) * z_B \right]}{\left\{ \left( \frac{k_A - 1}{k_A - k_B} \right) * \left[ \frac{k_A * (1 - k_B)}{(k_A - k_B)} \right] \right\} - \left\{ \left( \frac{1 - k_B}{k_A - k_B} \right) * \left[ \frac{k_B * (k_A - 1)}{(k_A - k_B)} \right] \right\}}$$

$$\frac{V}{F} = \frac{\frac{[(k_A - 1) * z_A] - [(1 - k_B) * z_B]}{k_A - k_B}}{\left[ \frac{(k_A - 1) * (1 - k_B)}{(k_A - k_B) * (k_A - k_B)} \right] * (k_A - k_B)}$$

$$\frac{V}{F} = \left( \frac{z_A}{1 - k_B} \right) - \left( \frac{z_B}{k_A - 1} \right) \quad (13)$$

OU:

$$\frac{L}{F} = \left( \frac{z_B * k_A}{k_A - 1} \right) - \left( \frac{z_A * k_B}{1 - k_B} \right) \quad (14)$$

# mar por versa

O atual sistema de bombeamento de água do mar será reforçado para atender à planta de dessalinização.

A água captada passa por um processo de pré-tratamento, com uma filtração para a remoção de partículas presentes na água do mar.

Dentro de cada vaso de pressão, as membranas semipermeáveis próprias para o mar estão em espiral. A água salgada sob pressão é forçada através das membranas.

Um novo sistema de bombas de alta pressão bombeia a água do mar para uma série de vasos de pressão, nos skids de Osmose

