

USP - Escola de Engenharia de Lorena

OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

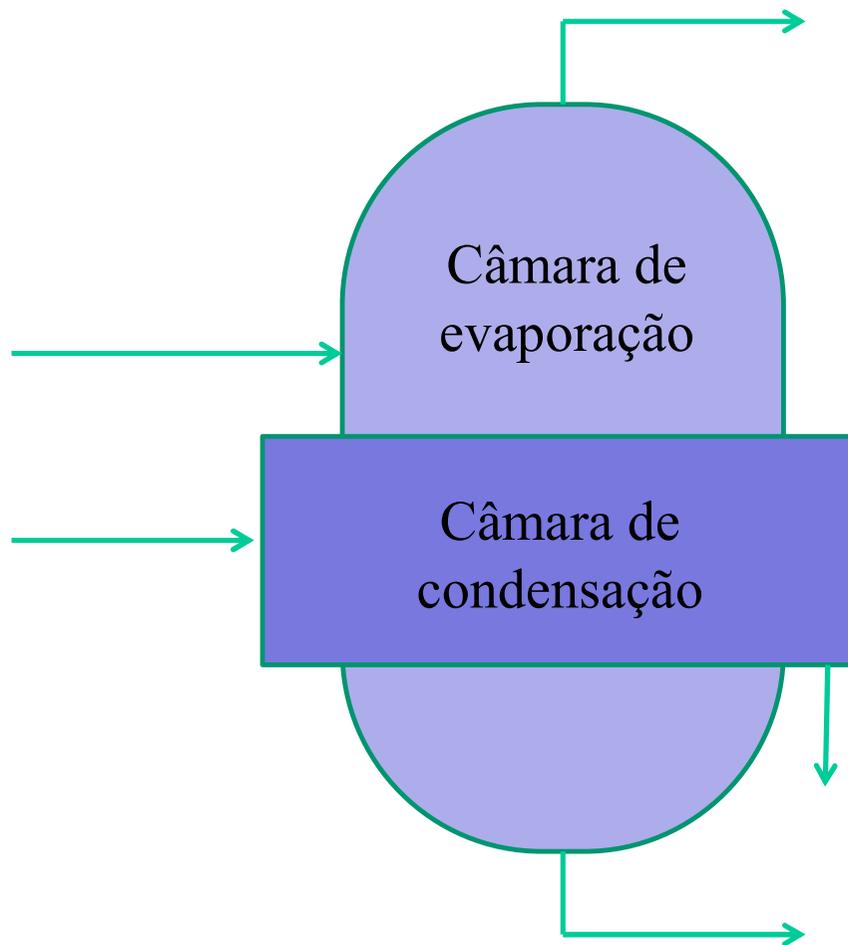
EVAPORAÇÃO

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

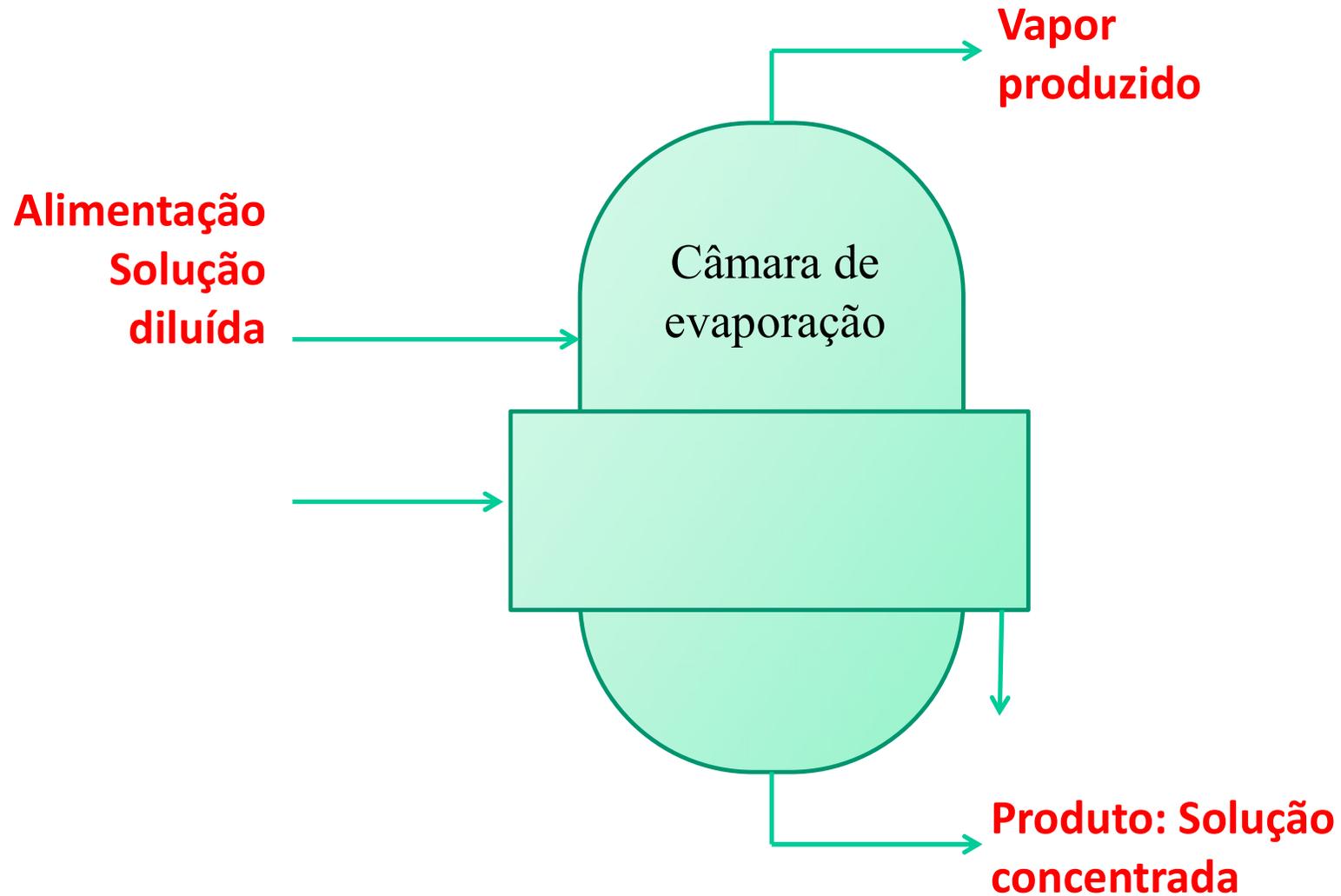
BALANÇO DE MASSA

Prof. Antonio Carlos da Silva

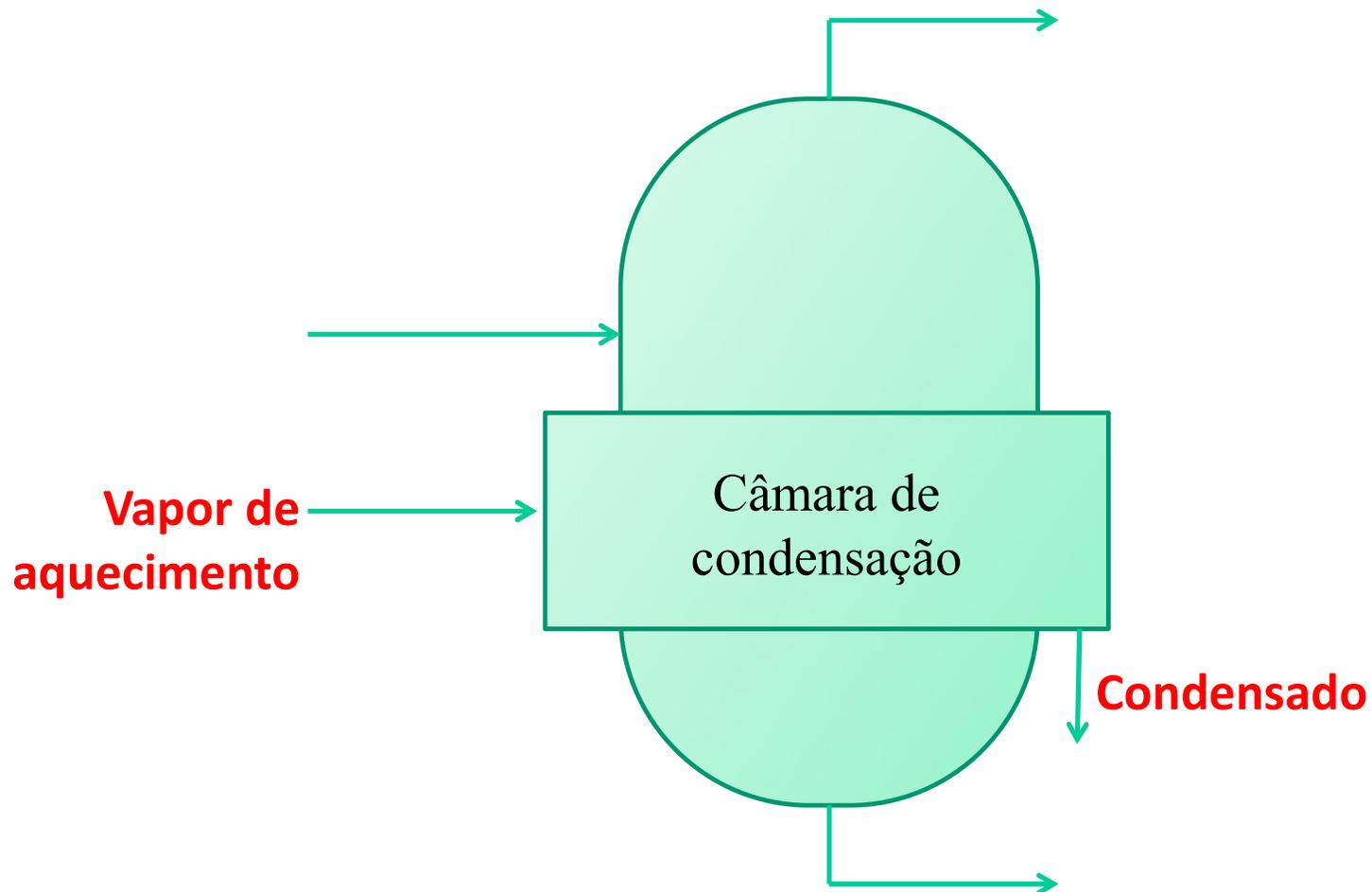
EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



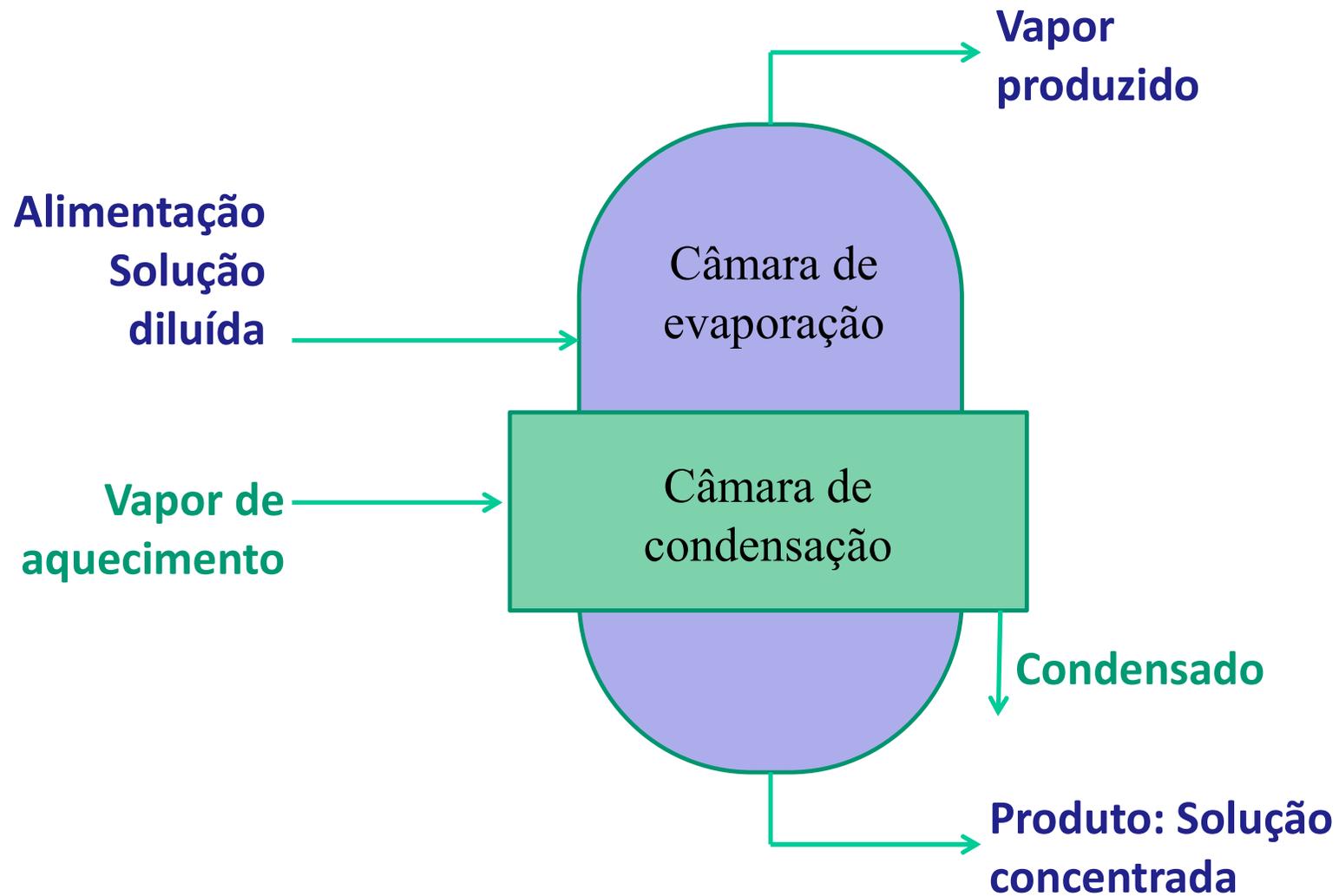
EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



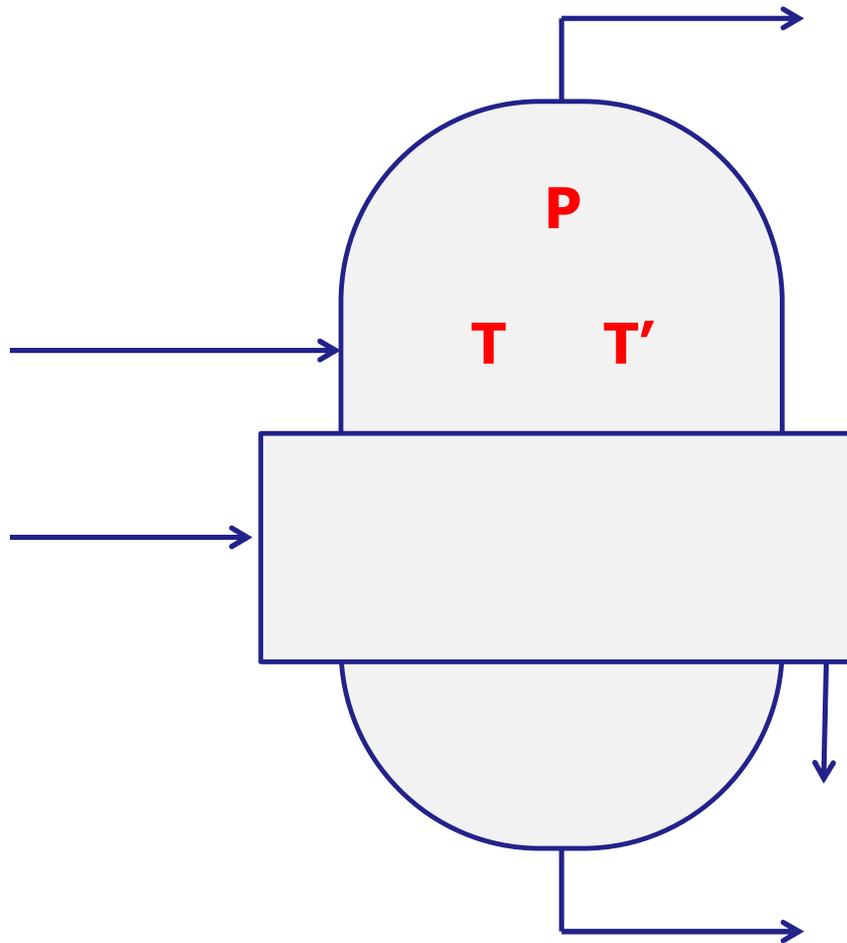
EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

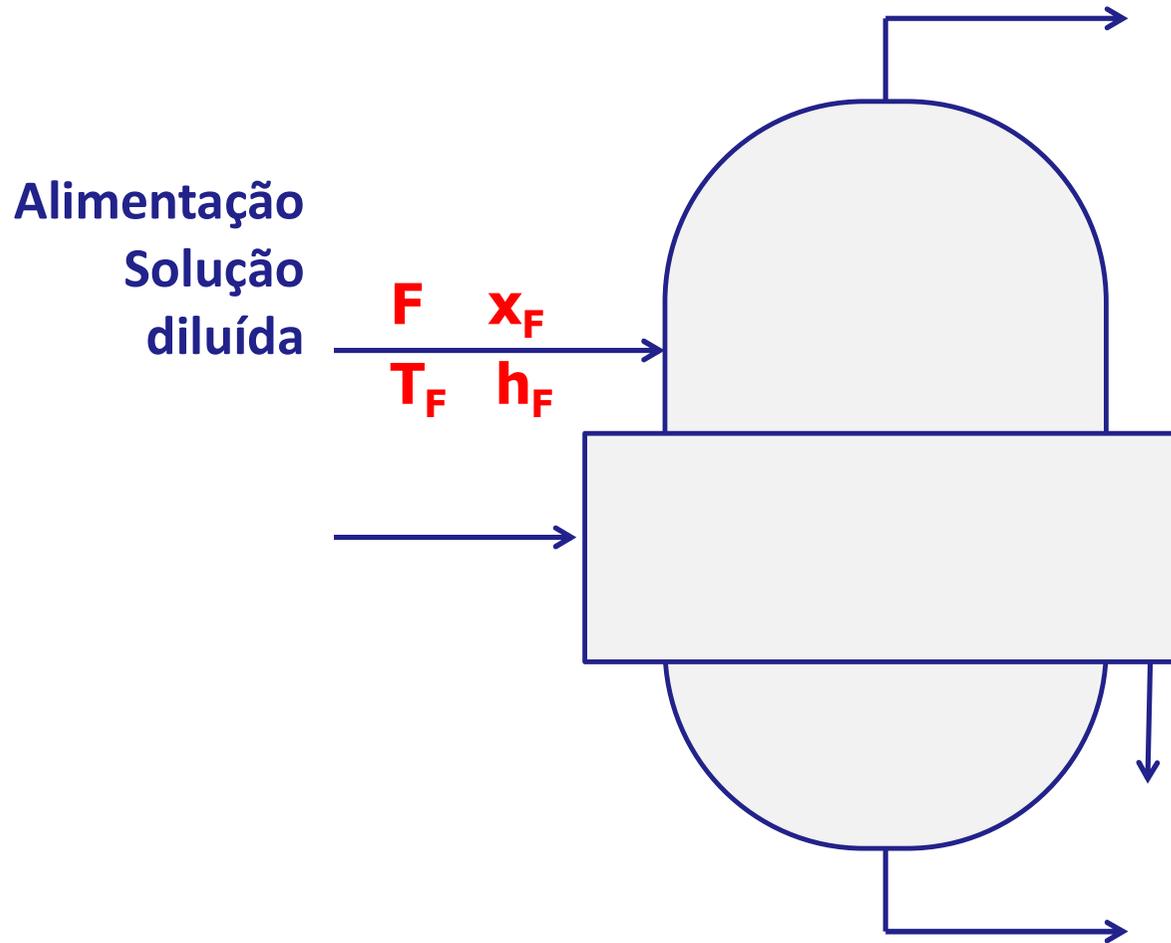


EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



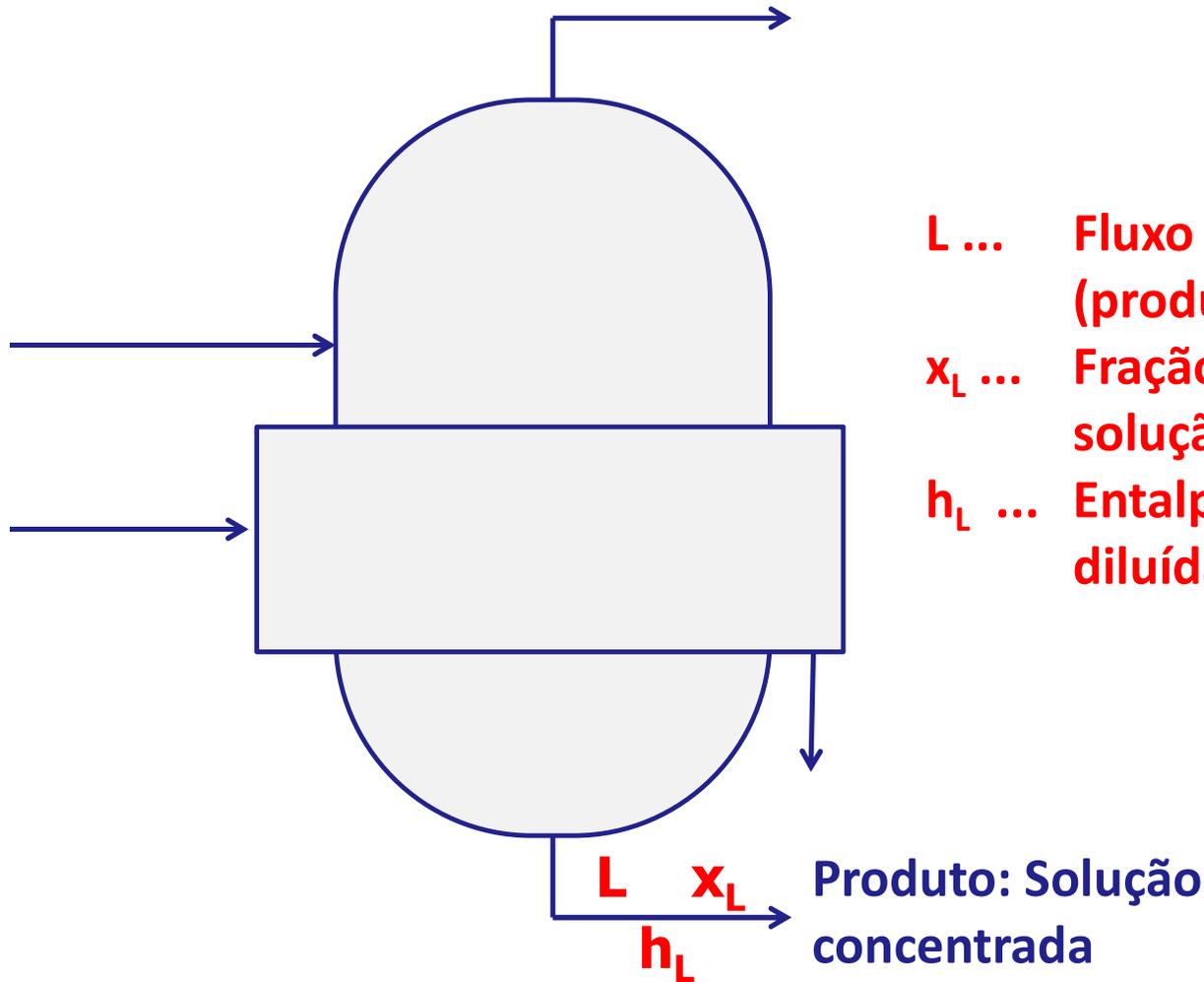
- $p \dots$ Pressão na câmara de evaporação
- $T \dots$ Temperatura de evaporação do solvente puro na pressão p
- $T' \dots$ Temperatura de evaporação da solução na pressão p

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

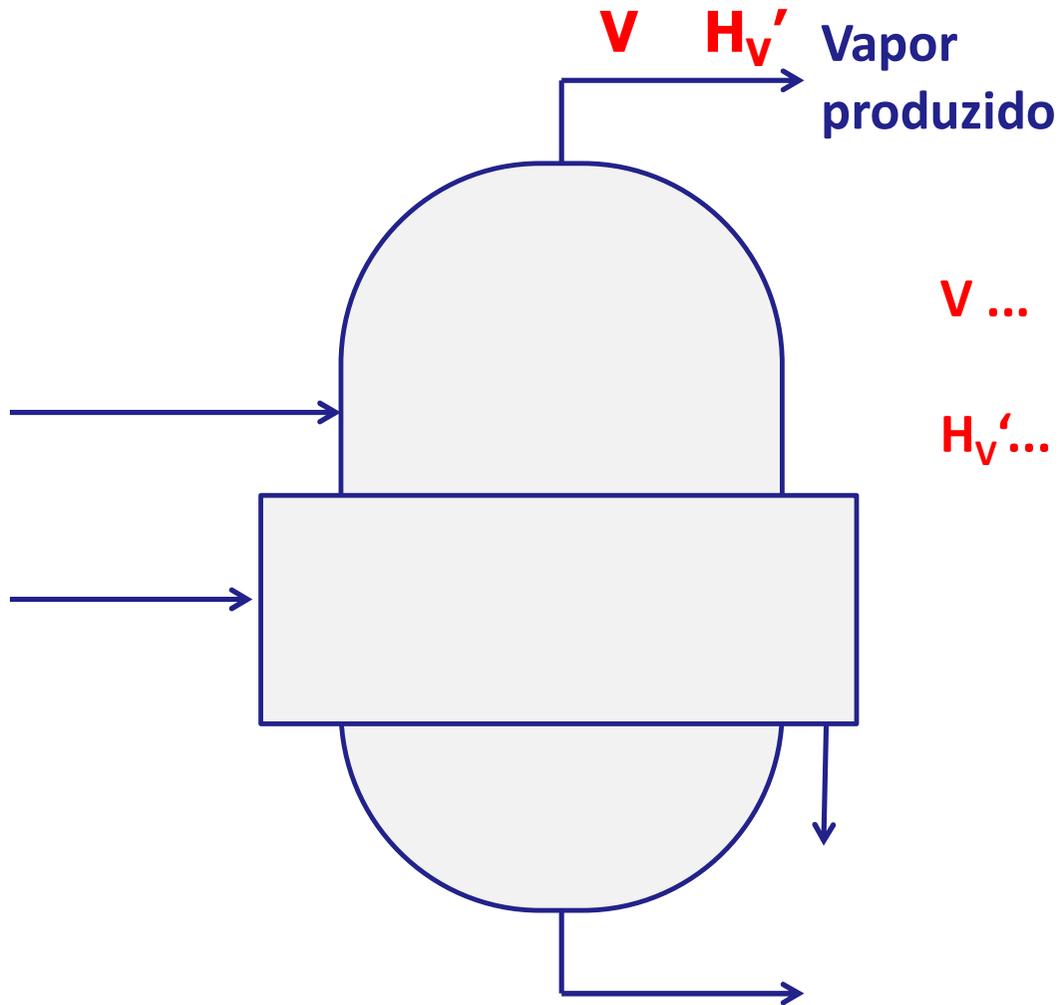


- F ... Fluxo de alimentação (vazão mássica)
- x_F ... Fração mássica de soluto na alimentação
- T_F ... Temperatura da solução de alimentação
- h_F ... Entalpia específica da solução de alimentação

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

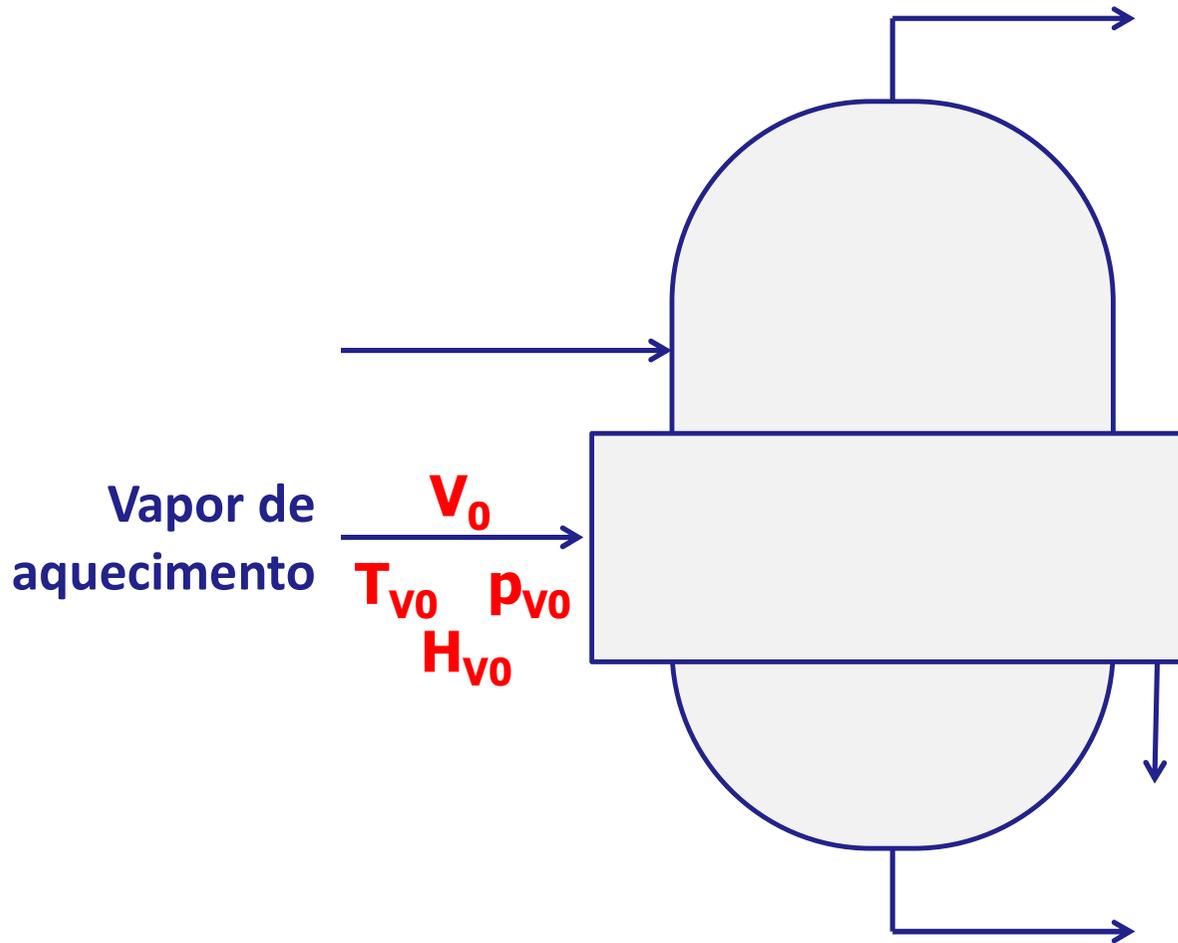


EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



- $V \dots$ Fluxo de vapor produzido pela evaporação do solvente
- $H_V' \dots$ Entalpia específica do vapor produzido pela evaporação do solvente

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



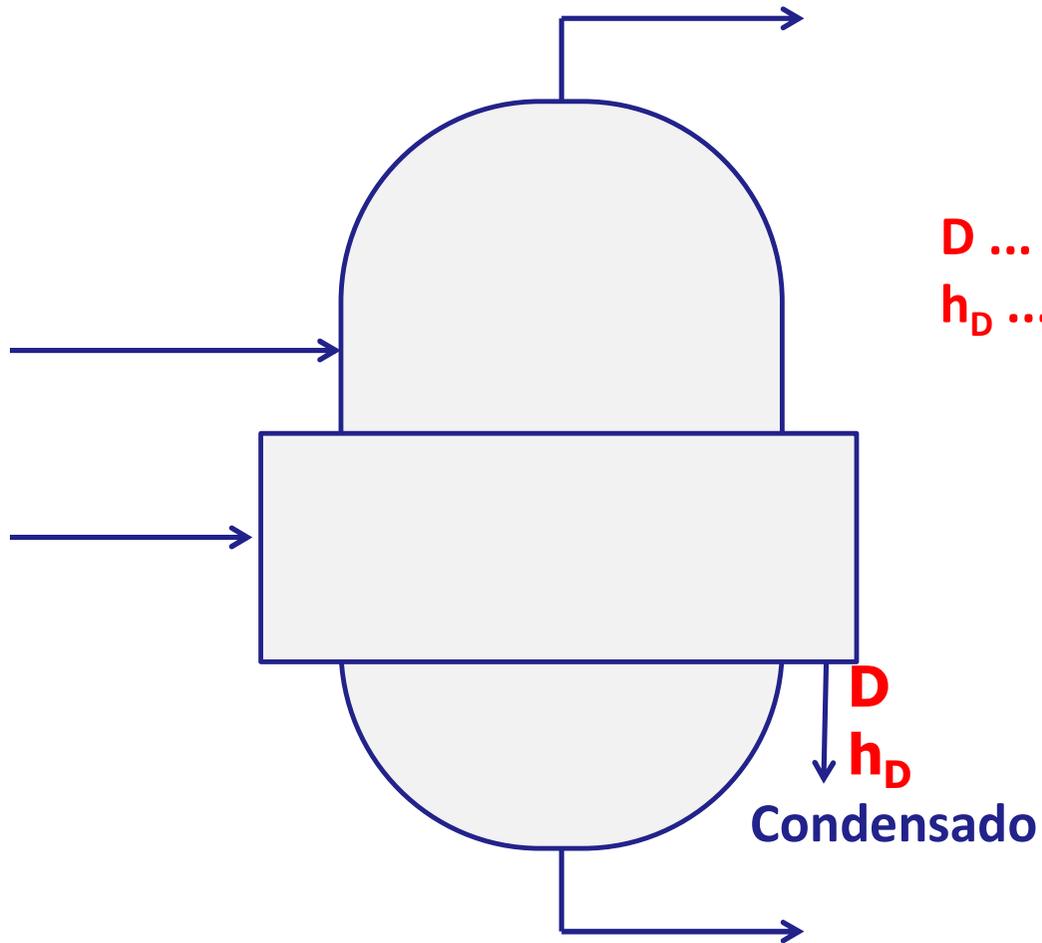
V_0 ... Fluxo de vapor de aquecimento alimentado na câmara de condensação

T_{v0} ... Temperatura de saturação do vapor de aquecimento

p_{v0} ... Pressão do vapor de aquecimento

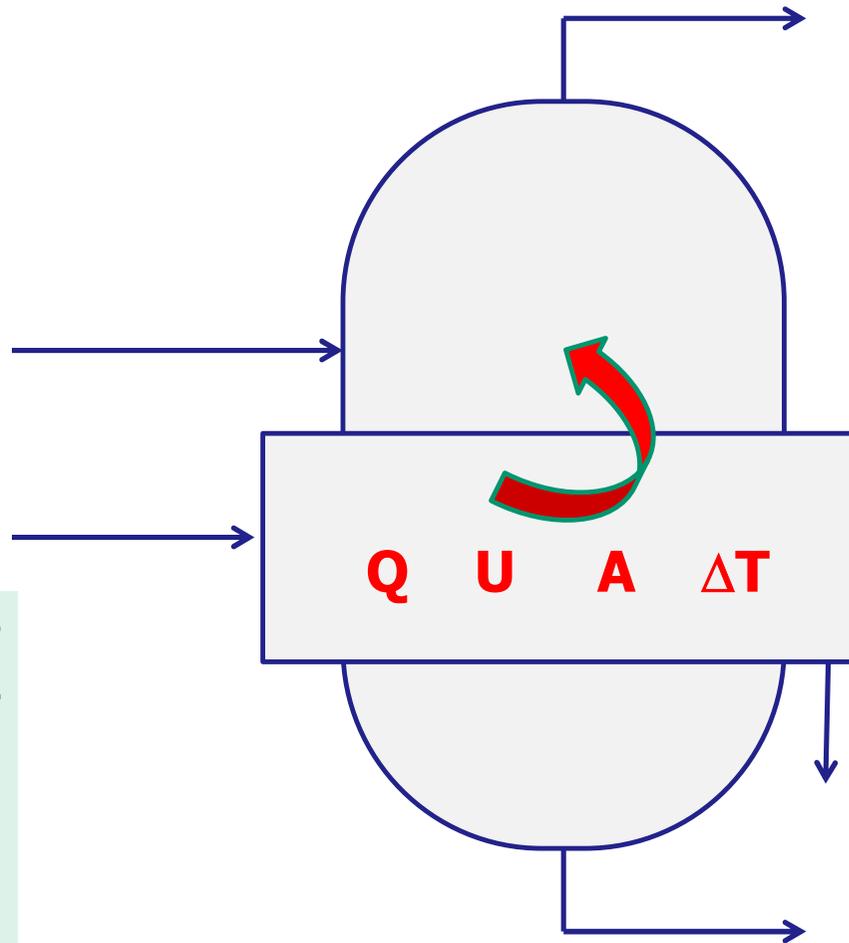
H_{v0} ... Entalpia específica do vapor de aquecimento

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



D ... Fluxo de condensado
 h_D ... Entalpia específica do condensado

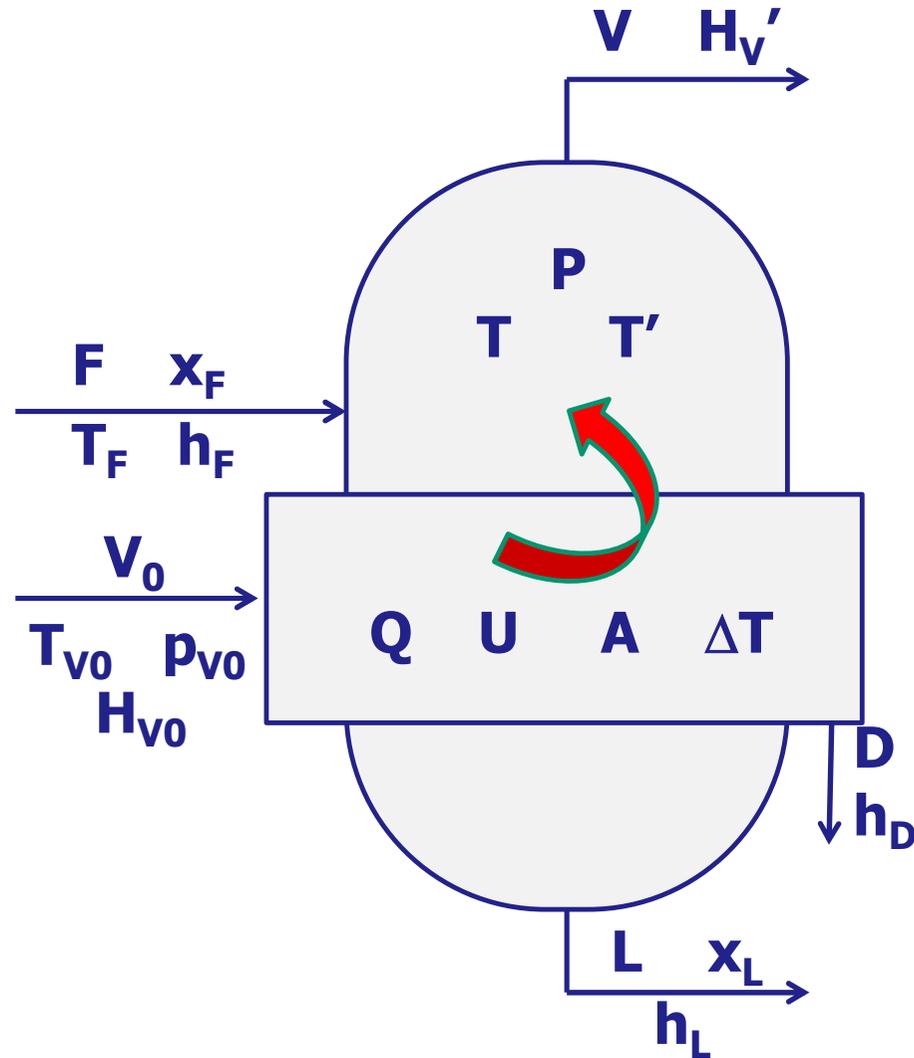
EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



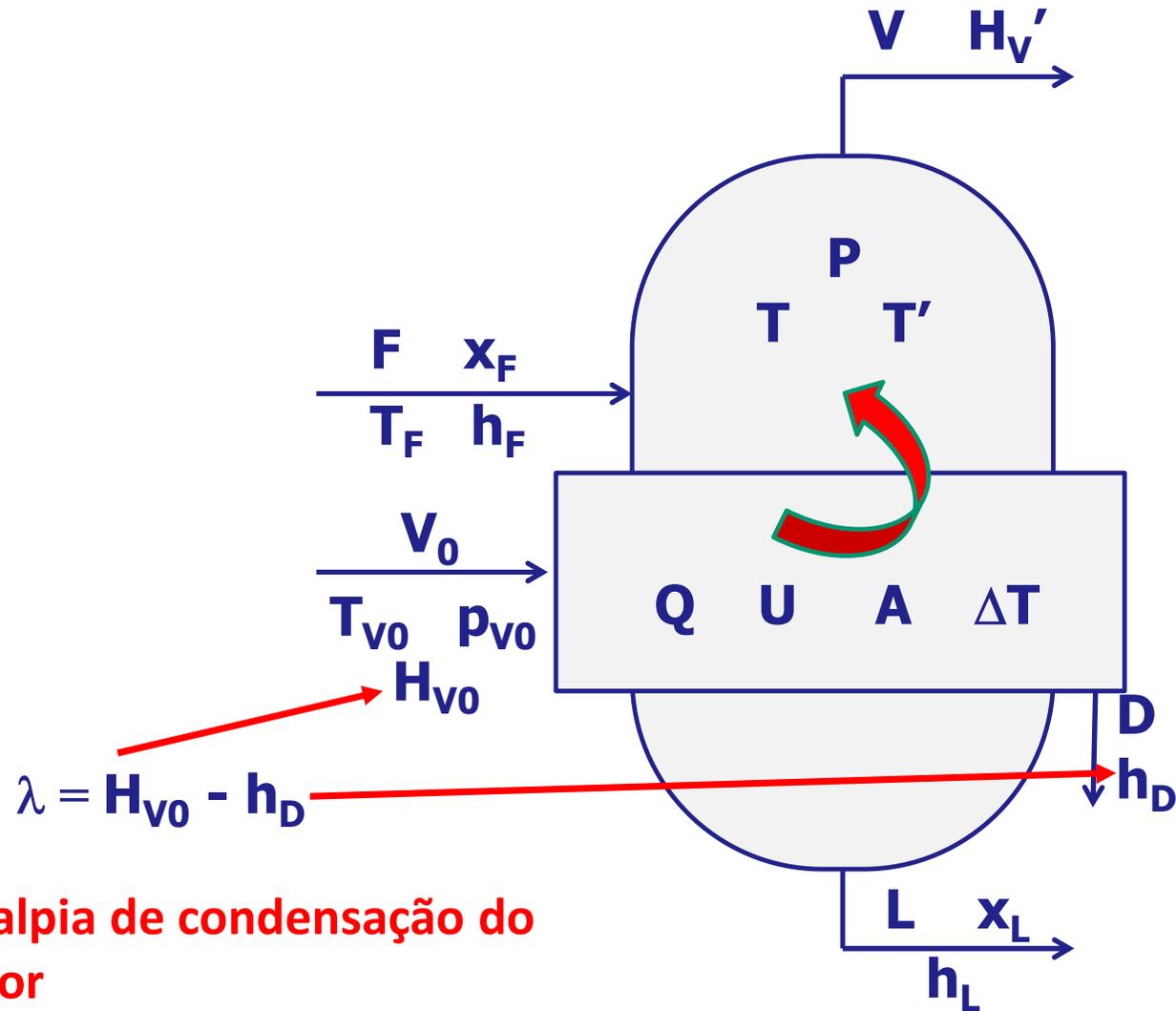
Troca de calor
entre vapor
condensando e
solução em
evaporação

- Q ... Carga Térmica ou Fluxo de Calor
- U ... Coeficiente Global de Troca de Calor
- A ... Área da Superfície de troca de calor
- ΔT ... Diferença de temperatura

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

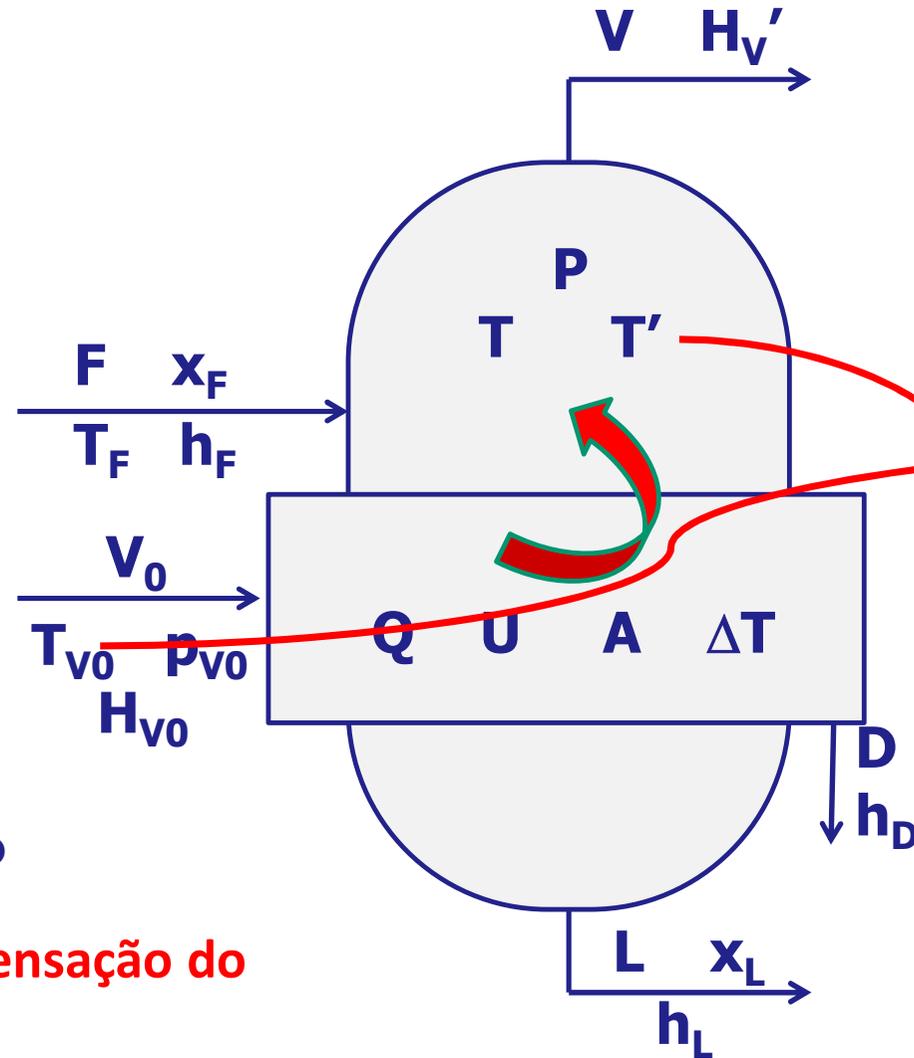


EVAPORADOR SIMPLES EFEITO

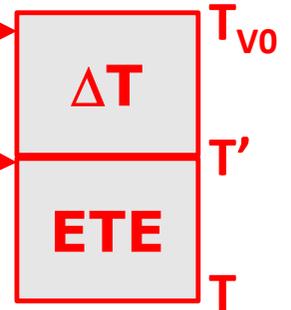


λ ... Entalpia de condensação do vapor

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



Diferenças de Temperatura:

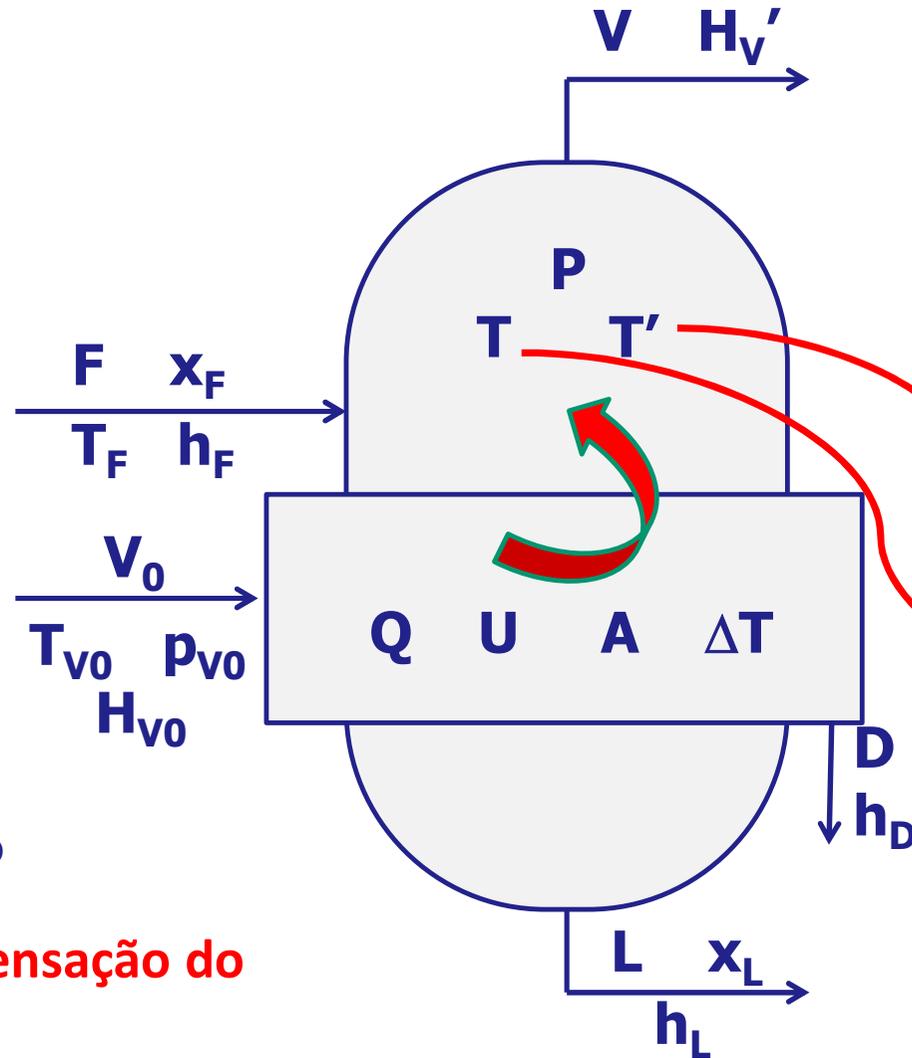


ΔT ... Diferença de Temperatura na troca de calor

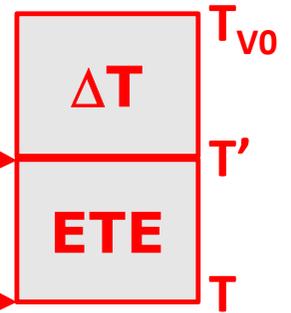
$$\lambda = H_{v0} - h_D$$

λ ... Entalpia de condensação do vapor

EVAPORADOR SIMPLES EFEITO



Diferenças de Temperatura:



ETE ... Elevação da Temperatura de ebulição da solução

$$\lambda = H_{v0} - h_D$$

λ ... Entalpia de condensação do vapor

EQUAÇÕES

BALANÇO DE MASSA:

$$\Sigma \text{ vazões que entram} = \Sigma \text{ vazões que saem}$$

- **Câmara de evaporação:**

① $F = L + V$ (balanço das vazões totais)

② $F \cdot x_F = L \cdot x_L$ (balanço das vazões de soluto)

- **Câmara de condensação:**

③ $V_0 = h_D$

EQUAÇÕES

BALANÇO DE ENERGIA:

Σ calor que entra = Σ calor que sai

$$\textcircled{4} \quad F \cdot h_F + V_0 H_{V_0} = L \cdot h_L + V \cdot H_V' + D \cdot h_D$$

$$V_0 H_{V_0} - D \cdot h_D = L \cdot h_L + V \cdot H_V' - F \cdot h_F$$

$$V_0 \cdot (H_{V_0} - h_D) = L \cdot h_L + V \cdot H_V' - F \cdot h_F$$

$$V_0 \cdot \lambda = L \cdot h_L + V \cdot H_V' - F \cdot h_F$$

(da Equação $\textcircled{3}$: $V_0 = h_D$)

(como: $\lambda = H_{V_0} - h_D$)

(calor cedido pelo vapor =
calor recebido pela solução)

$$\textcircled{5} \quad Q = V_0 \cdot \lambda = L \cdot h_L + V \cdot H_V' - F \cdot h_F$$

CALOR TROCADO:

$$\textcircled{6} \quad Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T_{V_0} - T'$$