



## OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

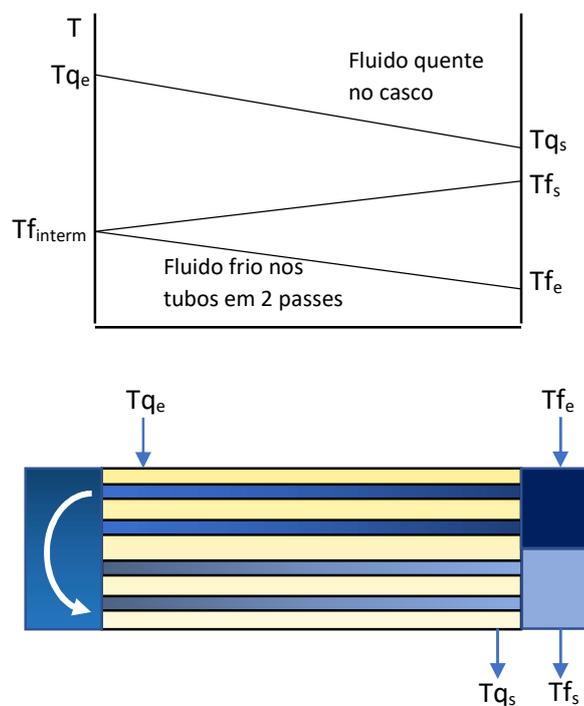
Prof. Antonio Carlos da Silva

### AULAS 03 e 04 - CÁLCULO DE TROCADORES DE CALOR

#### CORREÇÃO DO DTML

Em um trocador de calor com passagens simples (trocador de calor tubular, trocador de calor de casco e tubos com uma passagem no casco e uma passagem nos tubos), tem-se configurações de escoamento de correntes paralelas ou contracorrente, ambos com definições de diferenças de temperatura nas extremidades que permitem calcular a Diferença de Temperatura Média Logarítmica, DTML.

Para trocadores de calor de casco e tubos com múltiplas passagens nos tubos e no casco não são definidas diferenças de temperaturas nas extremidades. Por exemplo, em um trocador de calor com uma passagem no casco e duas passagens nos tubos, temos a seguinte configuração de variação de temperaturas:

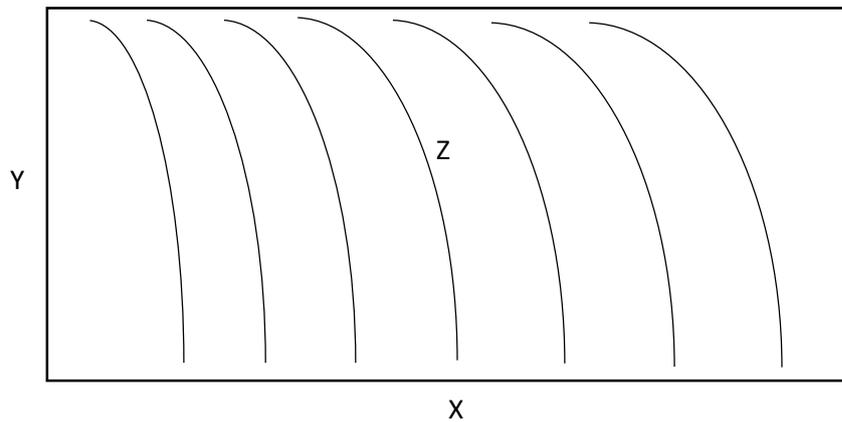


Para esses trocadores de calor, corrige-se a DTML.

Toma-se como base um trocador de calor de casco e tubos 1,1, operando em contracorrente. Para esse trocador de calor tem-se:

$$\Delta T_1 = T_{q_e} - T_{f_s} \quad \text{e} \quad \Delta T_2 = T_{q_s} - T_{f_e}$$

Calcula-se DTML para o trocador 1,1 contracorrente e multiplica-se pelo fator de correção ( $F_{corr} = Y$ ) obtido em um diagrama elaborado para o trocador de calor desejado.

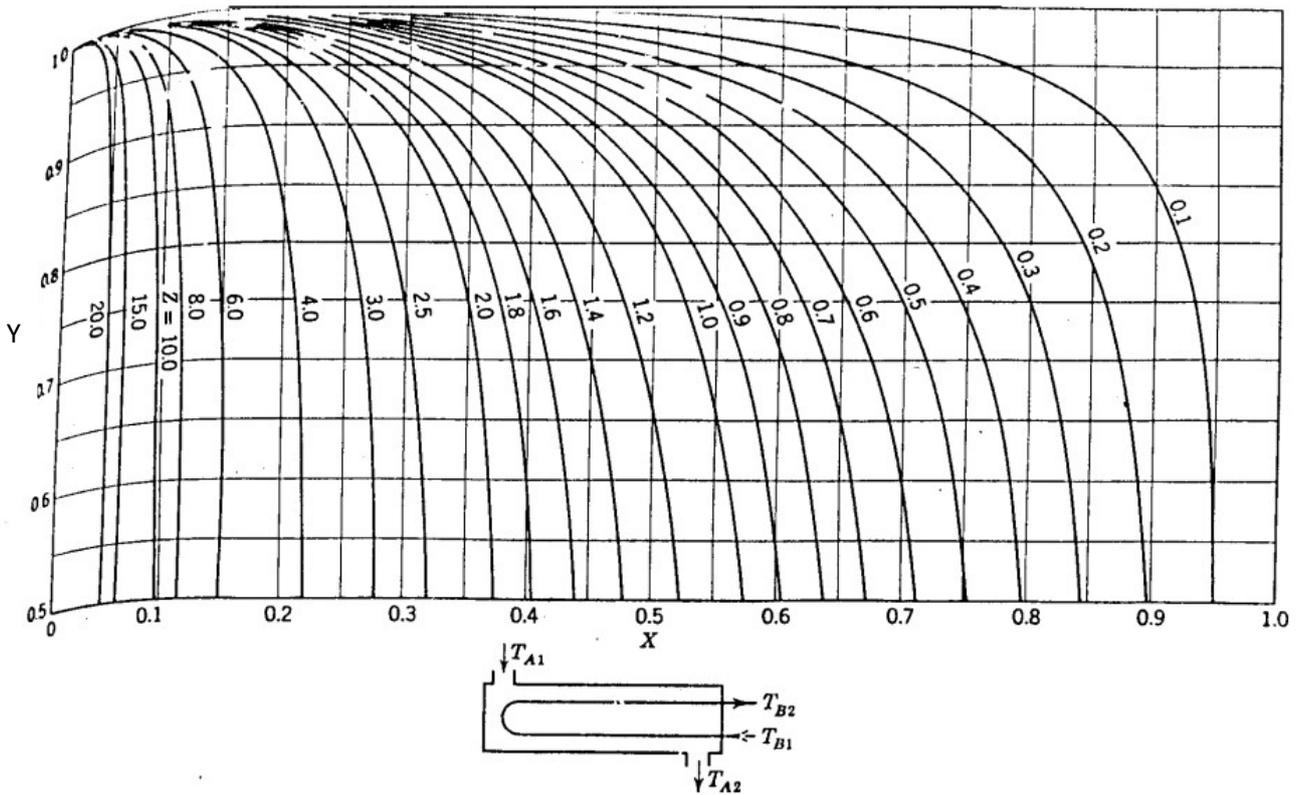


$$DTML_{corr} = DTML_{1,1} \times Y$$

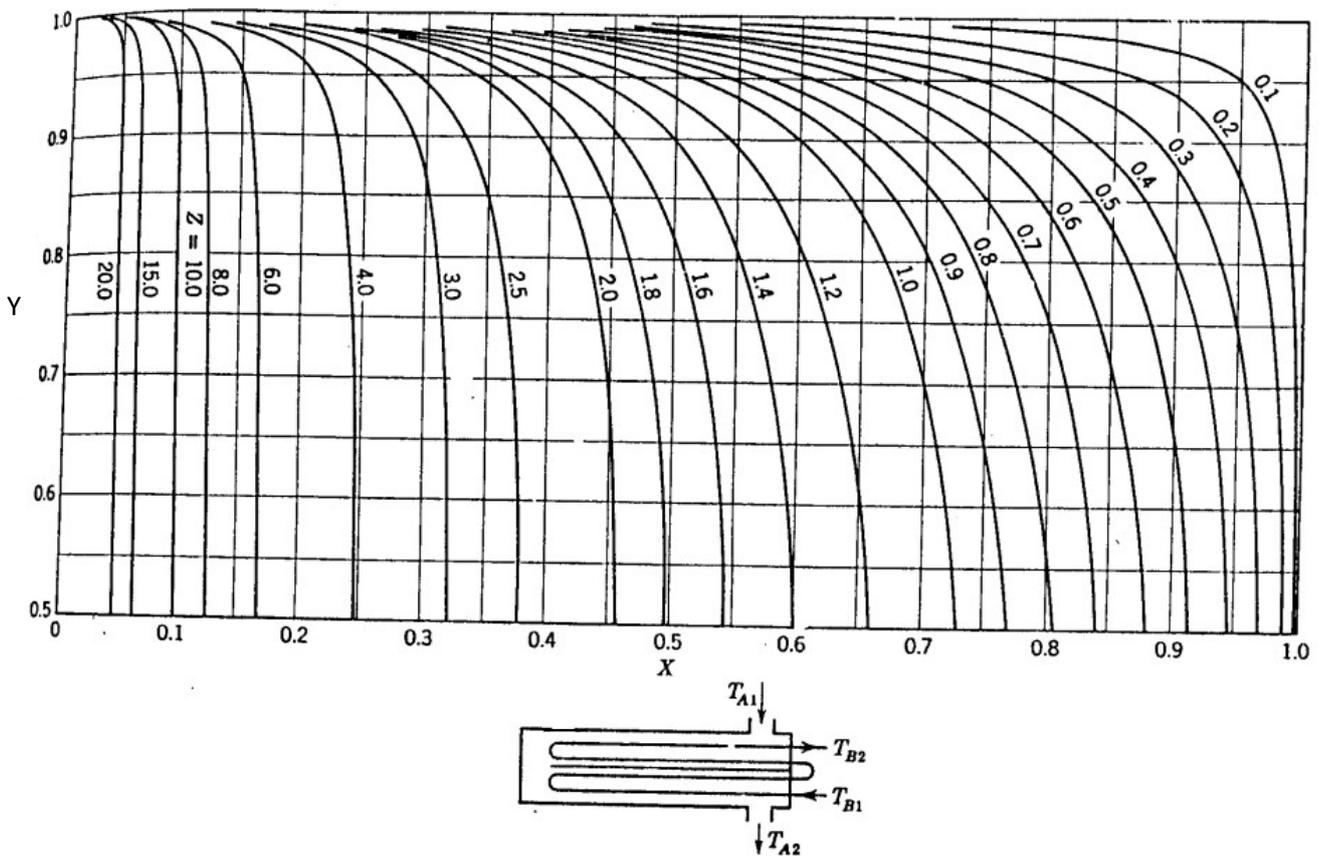
Os fatores X e Z são calculados a partir das expressões:

$$X = \frac{T_{B2} - T_{B1}}{T_{A1} - T_{B1}}$$

$$Z = \frac{T_{A1} - T_{A2}}{T_{B2} - T_{B1}}$$

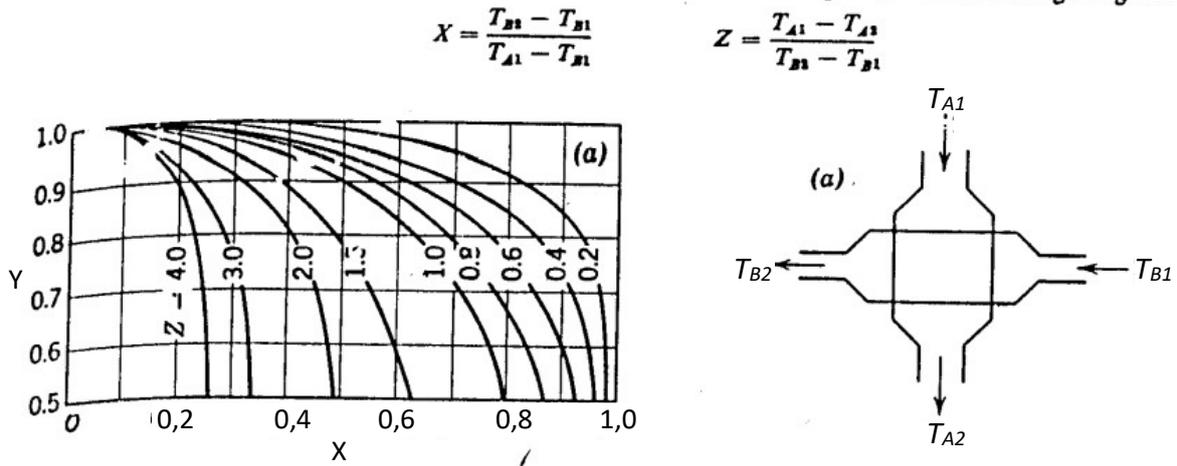


Uma passagem no casco e duas ou mais passagens nos tubos



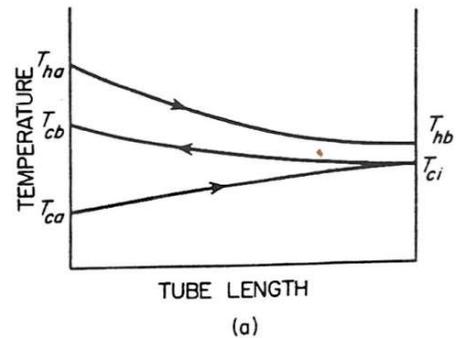
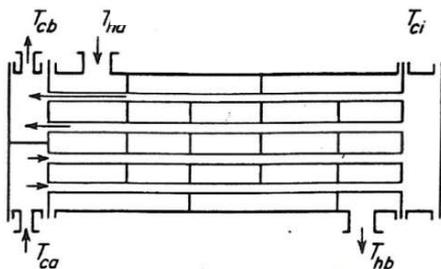
Dois passagens no casco e quatro ou mais passagens nos tubos

Figure 15.14.  $(\Delta T)_{lm}$  correction factor for mixed-flow heat exchangers. (Tubular Exchange Mfg. Assoc.)



### EXERCÍCIOS

4) No trocador de calor apresentado na ilustração, os valores das temperaturas são:  $T_{ca} = 21,1^\circ\text{C}$ ,  $T_{cb} = 54,4^\circ\text{C}$ ,  $T_{ha} = 115,8^\circ\text{C}$  e  $T_{hb} = 48,9^\circ\text{C}$ . Determine a Diferença de Temperatura média logarítmica para esse trocador de calor.



5) Um trocador de calor com dois passes no casco e quatro passes nos tubos, tem água no lado do casco e salmoura nos tubos. A água é resfriada de  $18^\circ\text{C}$  até  $6^\circ\text{C}$ , com a salmoura entrando a  $-1^\circ\text{C}$  e saindo a  $3^\circ\text{C}$ . O coeficiente de troca é  $U = 600 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Calcule a área de transferência de calor necessária para um projeto com carga térmica  $Q = 24.000 \text{ W}$ .

6) Um trocador de calor de um passe no casco e dois passes nos tubos, com as correntes, tem água nos tubos e óleo de máquina no casco. Deve ser projetado para aquecer  $1,5 \text{ kg/s}$  de água de  $30^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$ , com óleo de máquina entrando a  $120^\circ\text{C}$  e saindo a  $80^\circ\text{C}$ . O coeficiente de transferência global é  $U = 250 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e o calor específico a pressão constante da água é  $C_p = 4.180 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ . Calcule a área de transferência de calor necessária.

7) Um trocador de calor de um passe no casco e dois passes nos tubos deve ser projetado para aquecer  $2 \text{ kg/s}$  de água de  $40^\circ\text{C}$  até  $120^\circ\text{C}$ , fluindo nos tubos, utilizando água quente pressurizada entrando no casco a  $300^\circ\text{C}$  com uma vazão de  $1,03 \text{ kg/s}$ . O coeficiente de transferência de calor global é  $U = 1250 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Os calores específicos a pressão constante são  $4.180 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$  para o fluido frio e  $4.660 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$  para o fluido quente. Determinar a área de transferência de calor necessária.

8) Necessita-se projetar um trocador de calor para resfriar uma solução de álcool etílico ( $C_p = 3840 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ) com vazão de  $9,7 \text{ kg/s}$ , de  $75^\circ\text{C}$  até  $45^\circ\text{C}$  com água fria ( $C_p = 4.180 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ) entrando nos tubos a  $10^\circ\text{C}$  a  $9,6 \text{ kg/s}$ . O coeficiente global de troca de calor baseado na superfície externa do tubo é  $500 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Calcule a área da superfície de transferência de calor nas configurações:

- a) Trocador 1,1 com correntes paralelas;
- b) Trocador 1,1 contracorrente;
- c) Trocador 1,2;
- d) Trocador com correntes cruzadas, fluidos misturados.