

## Aula 5

### Exemplo 3 – Atividade para entregar em 28/04/2017 pelo sistema Moodle-USP

Em uma planta de processo, deseja-se aquecer 12.000 kg/h de Suco de maracujá (32 °Brix), de 18°C a 75°C. Para o aquecimento do fluido, utiliza-se água saturada a 100°C na entrada do trocador, que resfria até 85°C. Sabe-se que o Suco de maracujá é um fluido não-newtoniano (pseudoplástico). Avalie se um trocador de calor casco-tubo, que fora projetado/montado utilizando-se um total de 20 tubos com diâmetro de 5 mm e comprimento de 8 m, poderá ser utilizado neste mesmo processo. Sabe-se que o trocador está limpo e os tubos de aço são delgados. O trocador é operado com 2 passes nos tubos e 1 passe no casco. Considere o coeficiente convectivo da água no casco igual a 20.000 W/m<sup>2</sup>.K.

Organize os cálculos, projete o trocador e determine:

- A vazão mássica de água a ser fornecida;
- Coefficiente convectivo interno, e o coeficiente global de transferência de calor;
- Área total de troca térmica e o comprimento total do trocador e de cada tubo, e compare-a com a área de troca disponível neste trocador.

#### **Fluidos lei da Potência:**

$$Re_c = \frac{d^n v^{2-n} \rho}{8^{n-1} K} \left( \frac{4n}{1+3n} \right)^n$$

*Obs: Atenção ao diferenciar os seguintes termos:*

$K_{reo}$ : índice de consistência do fluido (reologia)

$K_c$ : condutividade térmica (prop. termofísica)

#### **Modelos reológicos (fluidos Lei da Potência)**

$$\sigma = K_{reo} * \dot{\gamma}^n \quad \mu_{ap} = K_{reo} * \dot{\gamma}^{n-1} \quad \dot{\gamma} = v / D_h$$

Purê de ameixa (14 °Brix): n = 0,34;  $K_{reo}$  = 2,2

Suco de framboesa (41 °Brix): n = 0,75;  $K_{reo}$  = 1,3

Suco de maracujá (32%): n = 0,44;  $K_{reo}$  = 2,62

**Propriedades termofísicas para solução de sacarose em diferentes concentrações**

Densidade (kg/m<sup>3</sup>)

| T(°C) | 20%    | 30%    | 40%    | 50%    | 60%    |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10    | 1077,8 | 1123,4 | 1173,0 | 1227,2 | 1286,7 |
| 20    | 1076,4 | 1121,9 | 1171,4 | 1225,4 | 1284,7 |
| 30    | 1074,4 | 1119,8 | 1169,2 | 1223,1 | 1282,3 |
| 40    | 1071,7 | 1117,0 | 1166,4 | 1220,2 | 1279,3 |
| 50    | 1068,3 | 1113,6 | 1162,9 | 1216,8 | 1275,9 |
| 60    | 1064,2 | 1109,5 | 1158,8 | 1212,7 | 1271,9 |
| 70    | 1059,4 | 1104,7 | 1154,1 | 1208,1 | 1267,5 |
| 80    | 1053,8 | 1099,3 | 1148,8 | 1203,0 | 1262,5 |
| 90    | 1047,6 | 1093,1 | 1142,8 | 1197,2 | 1257,0 |
| 100   | 1040,6 | 1086,3 | 1136,2 | 1190,8 | 1251,0 |

Calor específico (kJ/kg.K)

| T(°C) | 20%   | 30%   | 40%   | 50%   | 60%   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10    | 3,654 | 3,393 | 3,133 | 2,872 | 2,611 |
| 20    | 3,658 | 3,399 | 3,140 | 2,881 | 2,622 |
| 30    | 3,663 | 3,406 | 3,148 | 2,890 | 2,633 |
| 40    | 3,669 | 3,412 | 3,156 | 2,900 | 2,643 |
| 50    | 3,675 | 3,419 | 3,164 | 2,909 | 2,653 |
| 60    | 3,681 | 3,427 | 3,172 | 2,918 | 2,663 |
| 70    | 3,689 | 3,435 | 3,181 | 2,927 | 2,673 |
| 80    | 3,697 | 3,443 | 3,189 | 2,936 | 2,682 |
| 90    | 3,705 | 3,452 | 3,198 | 2,945 | 2,691 |
| 100   | 3,715 | 3,461 | 3,207 | 2,954 | 2,700 |

Condutividade térmica (W/m.K)

| T(°C) | 20%   | 30%   | 40%   | 50%   | 60%   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10    | 0,538 | 0,509 | 0,478 | 0,445 | 0,408 |
| 20    | 0,553 | 0,524 | 0,493 | 0,459 | 0,422 |
| 30    | 0,567 | 0,538 | 0,506 | 0,472 | 0,435 |
| 40    | 0,579 | 0,550 | 0,519 | 0,484 | 0,447 |
| 50    | 0,591 | 0,562 | 0,530 | 0,496 | 0,458 |
| 60    | 0,601 | 0,572 | 0,540 | 0,506 | 0,467 |
| 70    | 0,610 | 0,581 | 0,549 | 0,514 | 0,476 |
| 80    | 0,618 | 0,589 | 0,557 | 0,522 | 0,484 |
| 90    | 0,624 | 0,595 | 0,564 | 0,529 | 0,491 |
| 100   | 0,629 | 0,601 | 0,569 | 0,535 | 0,497 |

**Propriedades termofísicas da água saturada**

| T(°C) | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $C_p$<br>kJ/kg.K | $k$<br>W/m.K | $\mu$ (10 <sup>3</sup> )<br>Pa.s | $\lambda$<br>kJ/kg |
|-------|-----------------------------|------------------|--------------|----------------------------------|--------------------|
| 18    | 998,5                       | 4,186            | 0,594        | 1,05                             | 2461               |
| 75    | 974,8                       | 4,191            | 0,666        | 0,377                            | 2317               |
| 90    | 965,3                       | 4,205            | 0,675        | 0,325                            | 2281               |
| 100   | 958,3                       | 4,216            | 0,679        | 0,281                            | 2257               |
| 110   | 950,9                       | 4,230            | 0,681        | 0,254                            | 2225               |