

PME2360

17 de outubro de 2011

8

1. 8.1 considerações fluido dinamicas
2. 8.2 considerações termicas
3. 8.3 balanço de energia
4. 8.4 escoamento laminar em tubos circulares
 - regime plenamente desenvolvido
 - região de entrada
5. 8.5 escoamento turbulento em tubos circulares
6. 8.6 tubos não circulares

8.1 Considerações fluido-dinamicas

$$R_{eD} = \frac{\rho \bar{u} D}{\mu} = \frac{\bar{u} D}{\nu}$$

$$R_{eD, \text{critico}} = 2300$$

Escoamento laminar:

$$\frac{X_{CD,v}}{D} = 0.05 R_{eD}$$

Escoamento turbulento:

$$\frac{X_{CD,v}}{D} = 10$$

No escoamento laminar:

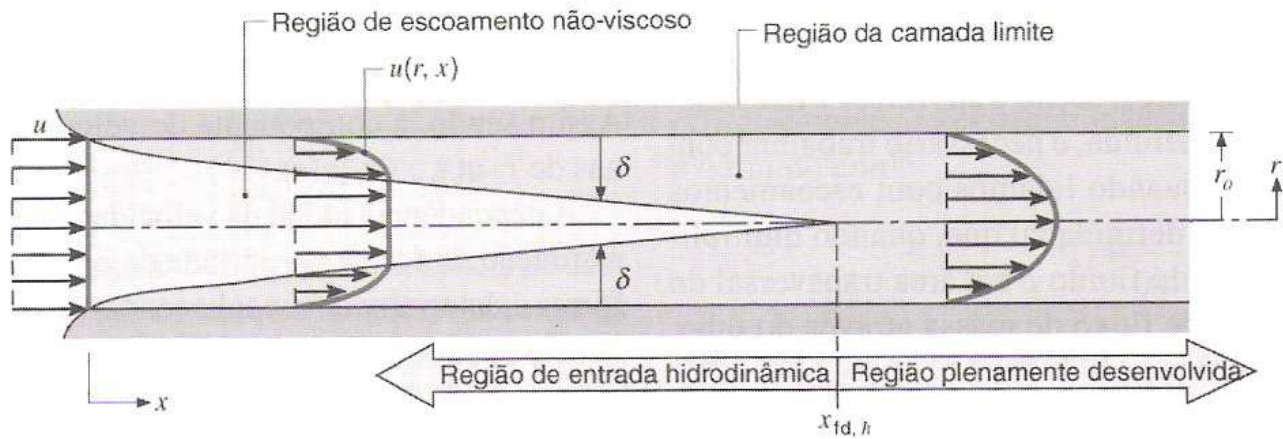


Figura 1: Desenvolvimento da C. L. fluidodinâmica laminar num tubo circular

$$u_m = -\frac{r_0^2}{8\mu} \frac{dp}{dx}$$

$$f = \frac{-\frac{dp}{dx}}{\frac{1}{2}\rho u_m^2}$$

$$c_f = \frac{\tau_\Delta}{\frac{1}{2}\rho u_m^2}$$

Demonstra-se que:

$$c_f = \frac{f}{4}$$

Escoamento laminar:

$$f = \frac{64}{Re_d}$$

Escoamento turbulento (tubo liso):

$$f = 0.316 Re_D^{-\frac{1}{4}}$$

$$Re_D \leq 2 \cdot 10^4$$

$$f = 0.316 Re_D^{-\frac{1}{4}}$$

$$Re_D \geq 2 \cdot 10^4$$

$$f = (0.790 \ln(Re_D - 1.64))^{-2} \quad 3000 \leq Re_D \leq 5 \cdot 10^6$$

8.2 Considerações térmicas

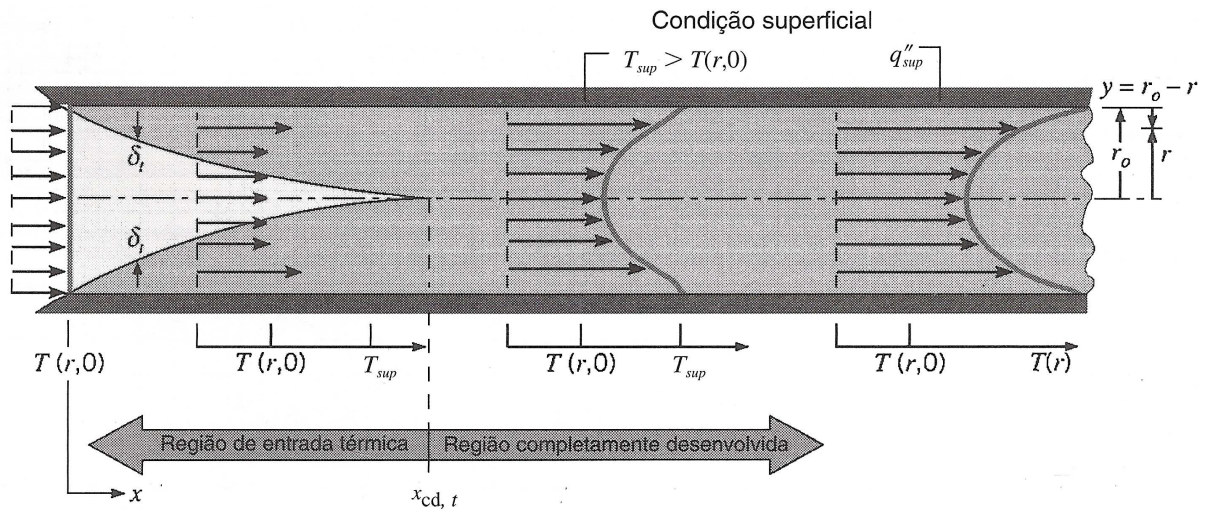


Figura 2: Desenvolvimento da C. L. térmica laminar num tubo circular

escoamento laminar:

$$\frac{X_{cD,t}}{D} = 0.05 Re_D Pr$$

escoamento turbulento:

$$\frac{X_{xD,t}}{D} = 10$$

$$q''_s = h(T_s - T_m)$$

8.3 Balanço de Energia

1. reg. permanente
2. liq. incompressível
3. dissipação viscosa e desprezível
4. trans. calor por condução na direção x desprezível
5. propriedades constantes

tubo:

$$m_c(T_M|_x - (T_M|_x + \frac{dT_{mdx}}{dx})) + dq_{conv} = 0$$

$$\frac{dT_{mdx}}{dx} = -\frac{dq_{conv}}{\dot{m}c}$$

$$\frac{dT_M dx}{dx} = \frac{q_s'' P dx}{\dot{m}c}$$

$$\frac{dT_M}{dx} = \frac{q_s'' P}{\dot{m}c} = \frac{h(T_s - T_m)P}{\dot{m}c}$$

fluxo de calor uniforme na superfície:

$$\frac{dT_m}{dx} = \frac{q_s''}{\dot{m}c}$$

Condições iniciais: $x=0$, $T_m = T_{m,e}$

$$T_m = \frac{q_s'' x}{\dot{m}c} + T_{m,e}$$

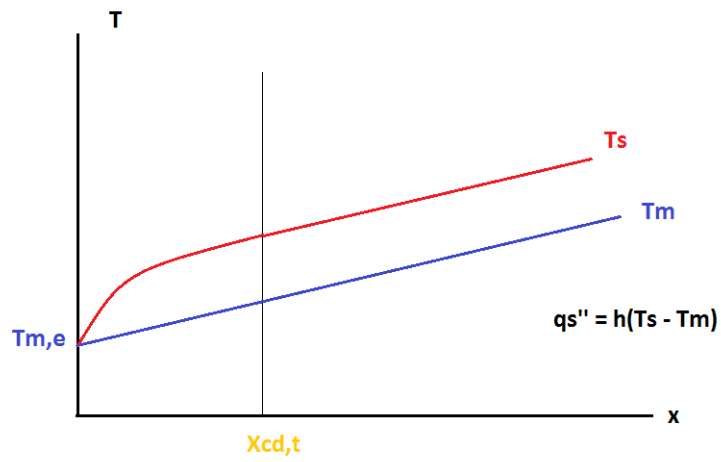


Figura 3: Grafico T x X

Temperatura superficial uniforme:

$$\frac{dT_m}{dx} = \frac{hP(T_s - T_m)}{\dot{m}c}$$

$$\theta = T_s - T_m$$

Logo $d\theta = -dT_m$

$$\frac{d\theta}{dx} = -\frac{hP}{\dot{m}c}\theta$$

$$\ln(\theta)|_{\theta_e}^{\theta} = -\frac{hPx}{\dot{m}c}$$

$$\frac{\theta}{\theta_e} = \exp\left(-\frac{hPx}{\dot{m}c}\right)$$

$$\frac{T_m - T_s}{T_{m,e} - T_s} = \exp\left(-\frac{hPx}{\dot{m}c}\right)$$

8.4 Escoamento laminar em tubos circulares

reg desenvolvida Para q_s'' cte:

$$N_{Ud} = 4.36$$

Para T_s cte:

$$N_{Ud} = 3.66$$

reg. de entrada T_s cte

$$\bar{N}_{UD} = 3.66 + \frac{0.668(D/L)Re_DPr}{1 + 0.04[(D/L)Re_DPr]^{\frac{2}{3}}}$$

Onde $[(D/L)Re_DPr]$ é o numero de Graetz (Gz_D) e com

$$\bar{N}_{UD} = \frac{h\bar{D}}{k}$$

Válida para comprimento de entrada e comprimento de entrada combinada se $Pr \geq 5$

Seidel e Tate (comp. de entrada comb.)

$$\bar{N}_{UD} = 1.86 \left(\frac{Re_D Pr}{L/D} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)$$

com $N_{Ud} > 3.66$

$$0.6 \leq Pr \leq 5$$

$$0.0044 \leq \frac{\mu}{\mu_s} \leq 9.75$$

8.5 Escoamento turbulento em tubos circulares

Dittus-Boelter:

$$N_{UD} = 0.023 Re_D^{\frac{4}{5}} (Pr)^n$$

Com $n = 0.4$, $T_s > T_m$ e $0.7 \leq Pr \leq 100$ E para $n = 0.3$, $T_s < T_m$ e $Re_D \geq 10000$, $L/D \geq 10$

Bibliografia Figuras retiradas de Incropera - Fundamentals of Heat and Mass Transfer-Incropera (6a edicao)