

**Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Mecânica**



TRANSMISSÃO DO CALOR II

CONVECÇÃO FORÇADA: ESCOAMENTO EM TUBOS

Prof. Júlio César Passos

jpassos@emc.ufsc.br



**Fotografias de alguns ilustres personagens
da história da Mecânica dos Fluidos.**



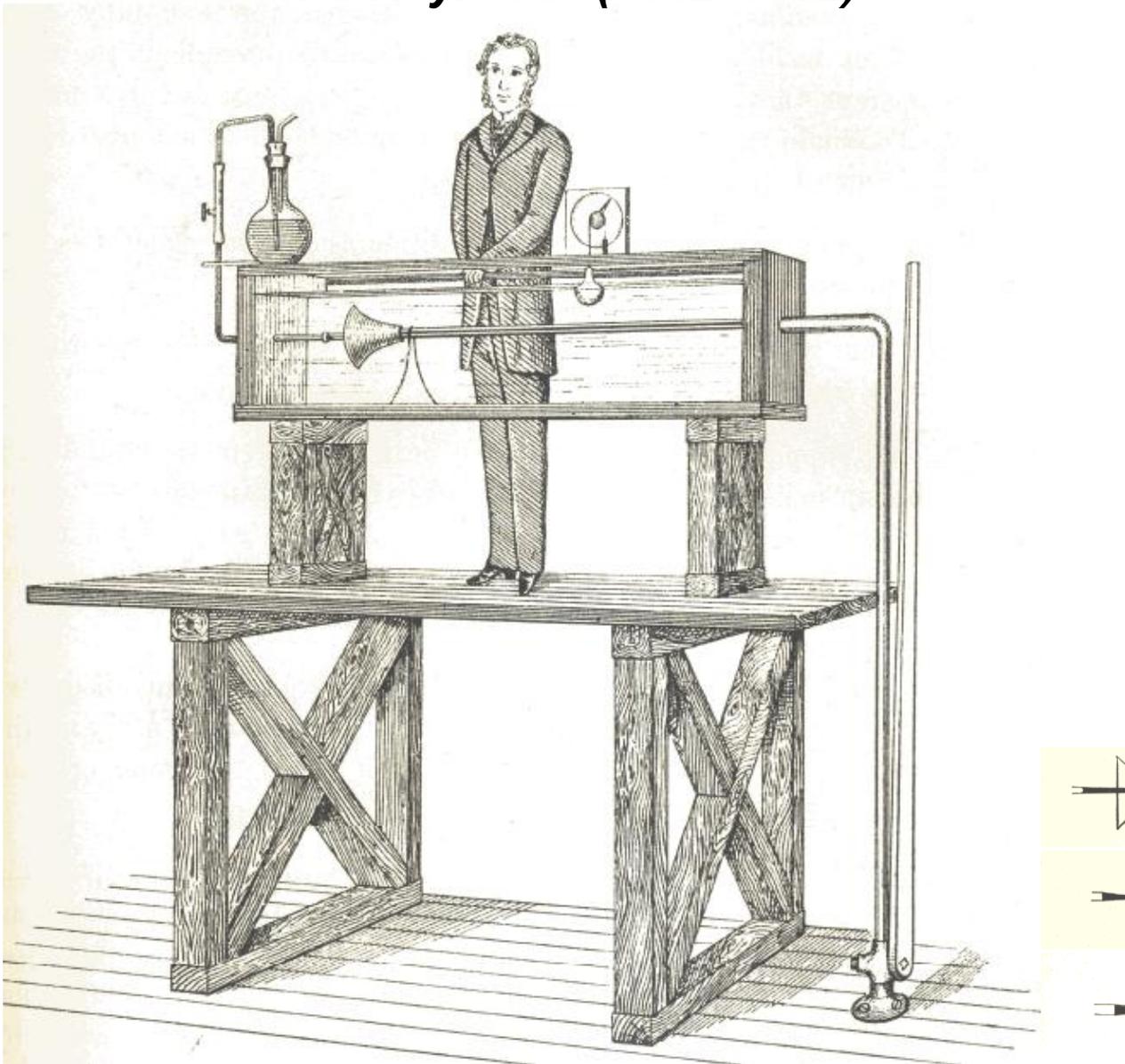
Lewis F. Moody
(1880-1953)



Jean Poiseuille
(1799-1869)

O experimento de Reynolds (1880)

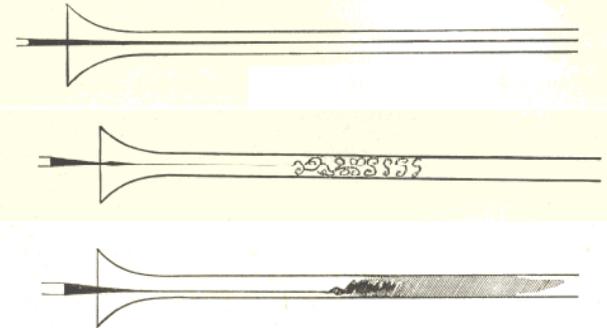
Osborne Reynolds (1842-1912)



Visualização da
transição de um
Escoamento LAMINAR
para um
Escoamento
TURBULENTO.

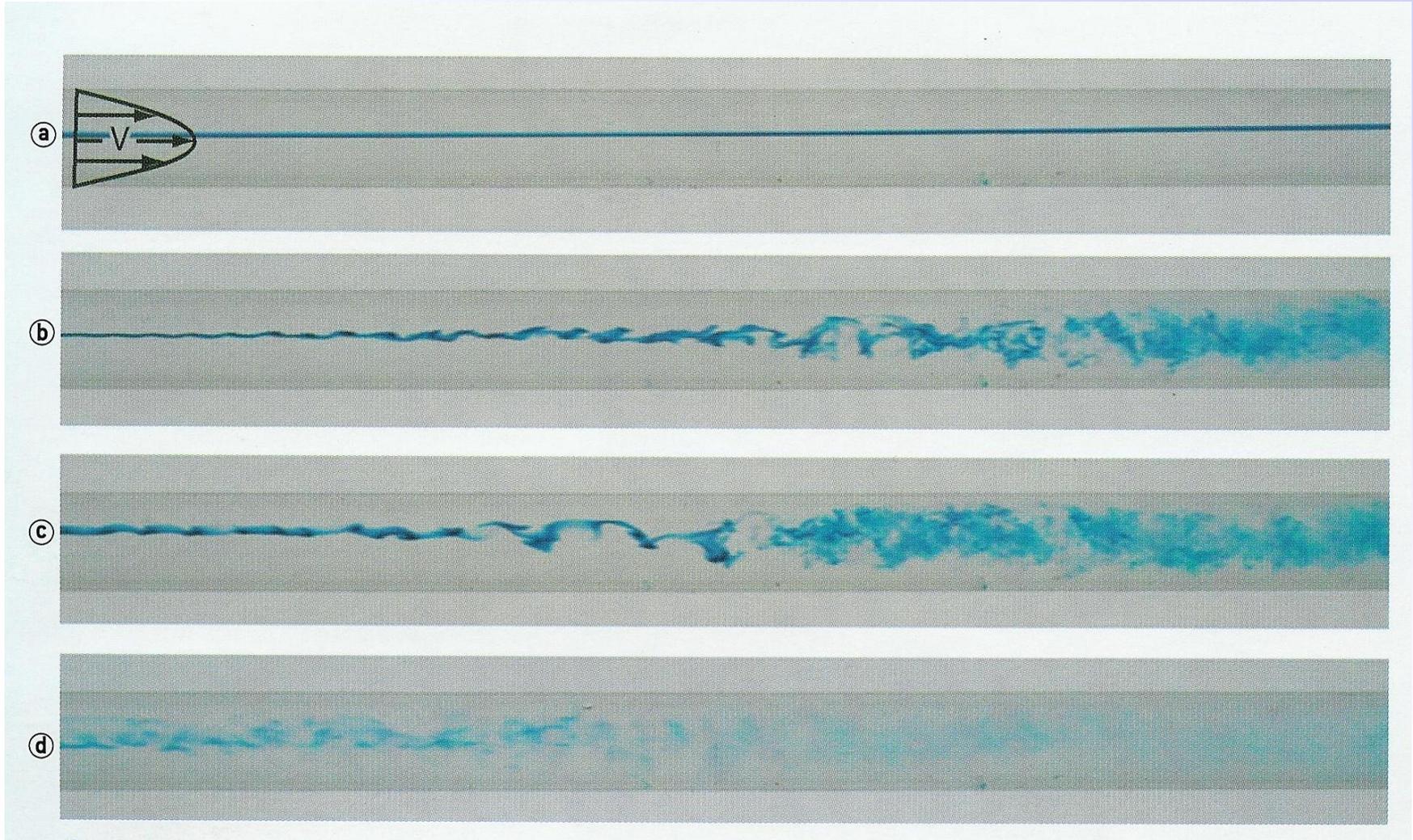
Número de
Reynolds

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}$$



Transição de um escoamento laminar (a) para turbulento (d)

A vazão aumenta de (a) até (d)

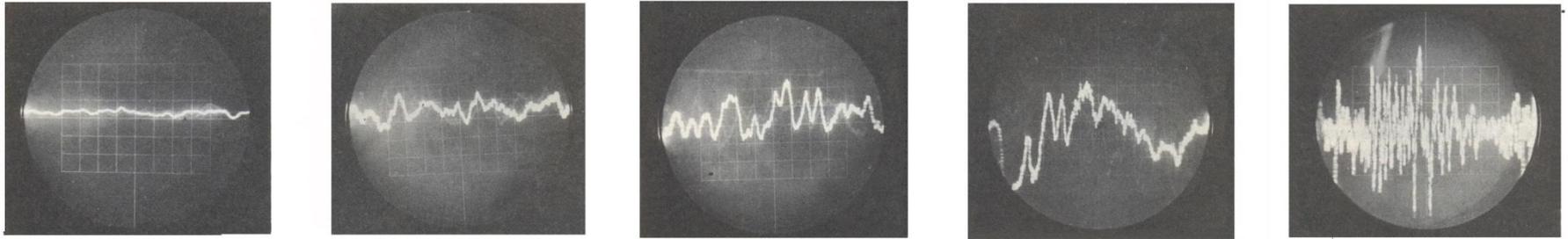


“Ce que disent les fluides”

“O que dizem os fluidos”, Autores: E. Guyon, J.P. Hulin, L. Petit, Ed. Belin, Paris, 2005

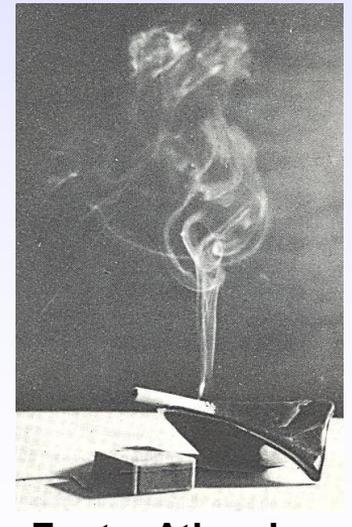
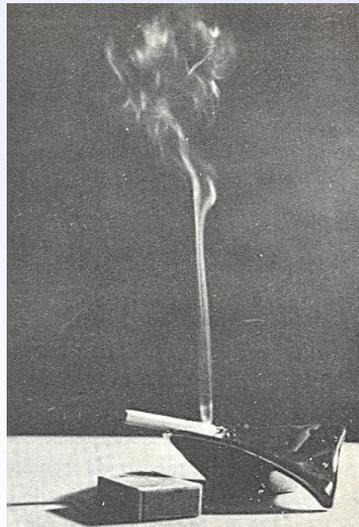
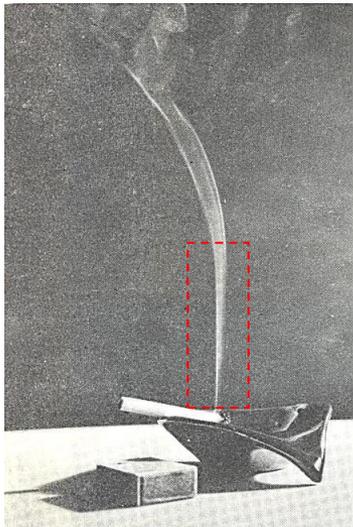
Turbulência

Sinal da velocidade (na tela de um osciloscópio)



Laminar

Aumento da intensidade de turbulência →



→ Aumento da velocidade do ar

Fonte: Atlas de Mec. dos Fluidos: Camargo Vieira

Revisão da solução de Poiseuille

Perfil de velocidades

$$-\frac{d}{dr}(r\tau_r) = r \frac{dp}{dx}$$

$$\tau_r = -\mu \frac{du}{dr}$$

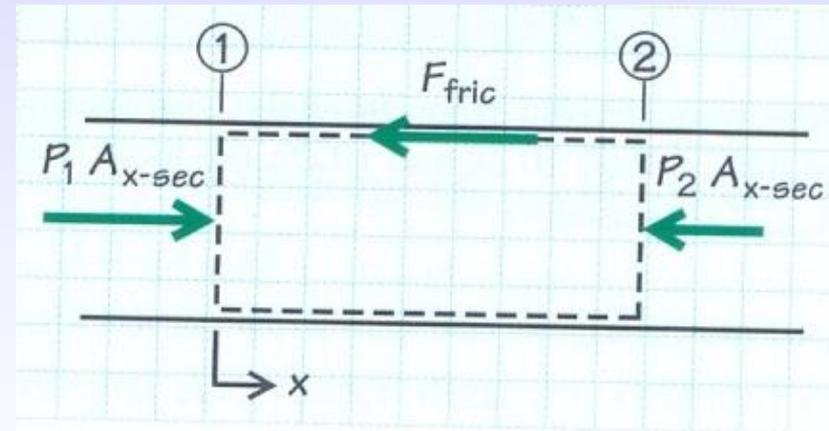
$$\frac{\mu}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right) = \frac{dp}{dx}$$

$$u(r) = \frac{1}{\mu} \left(\frac{dp}{dx} \right) \frac{r^2}{4} + C_1 \ln r + C_2$$

Condições de contorno

$$u(R) = 0$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial r} \right|_{r=0} = 0$$

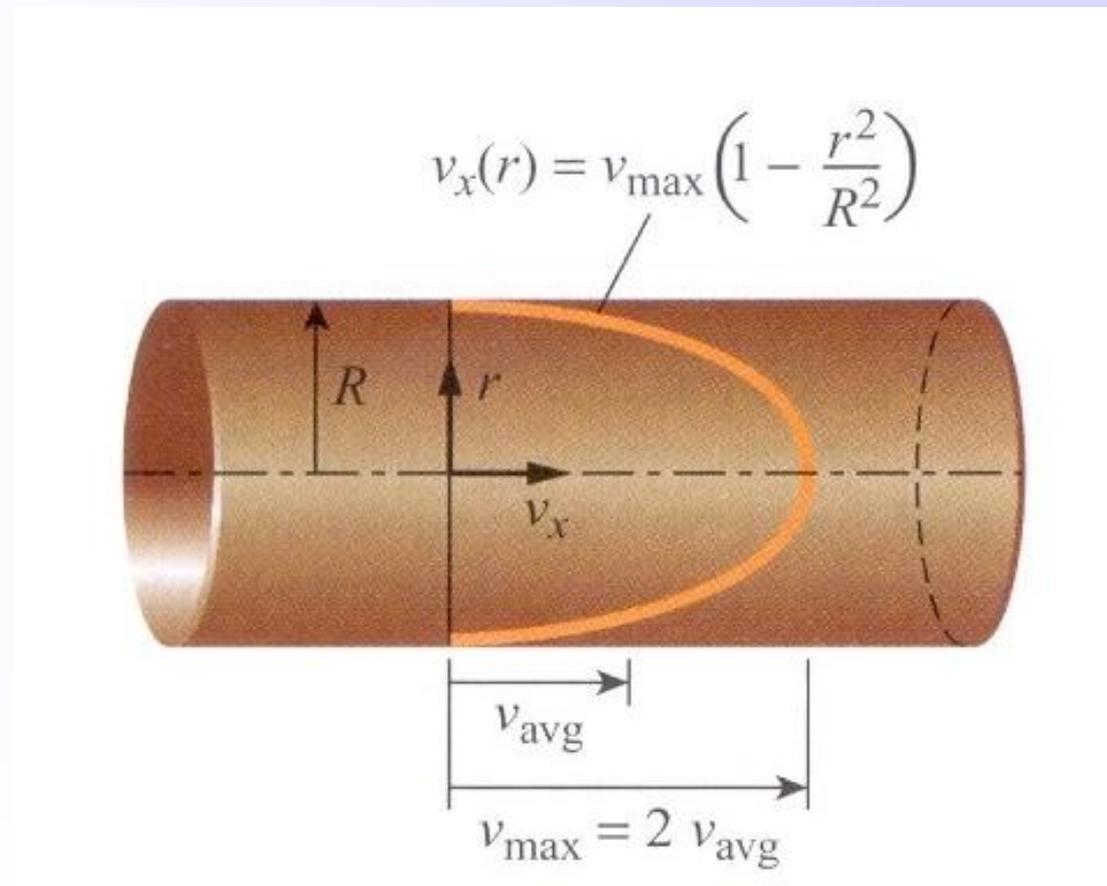


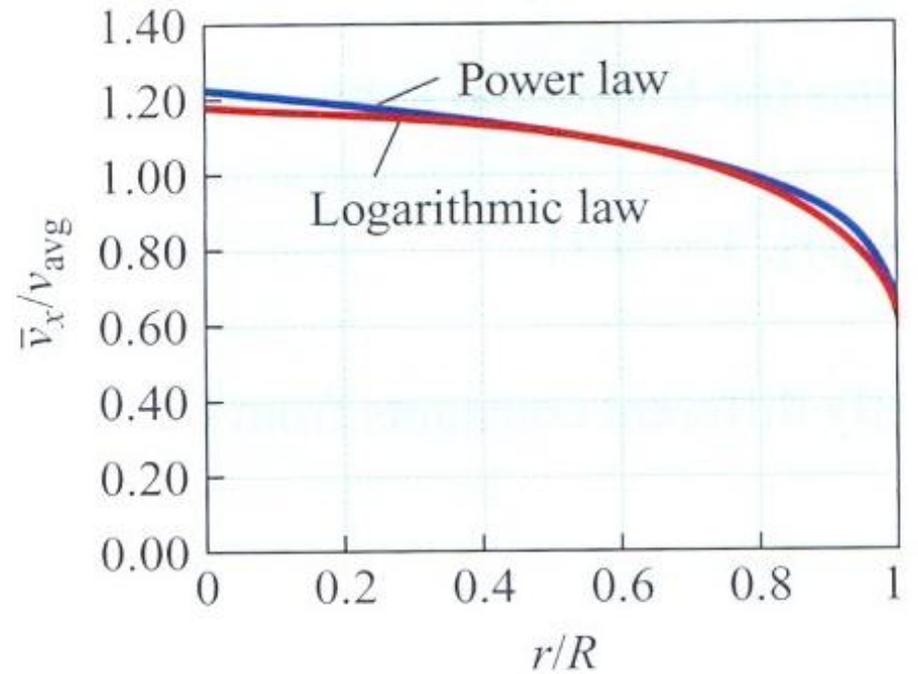
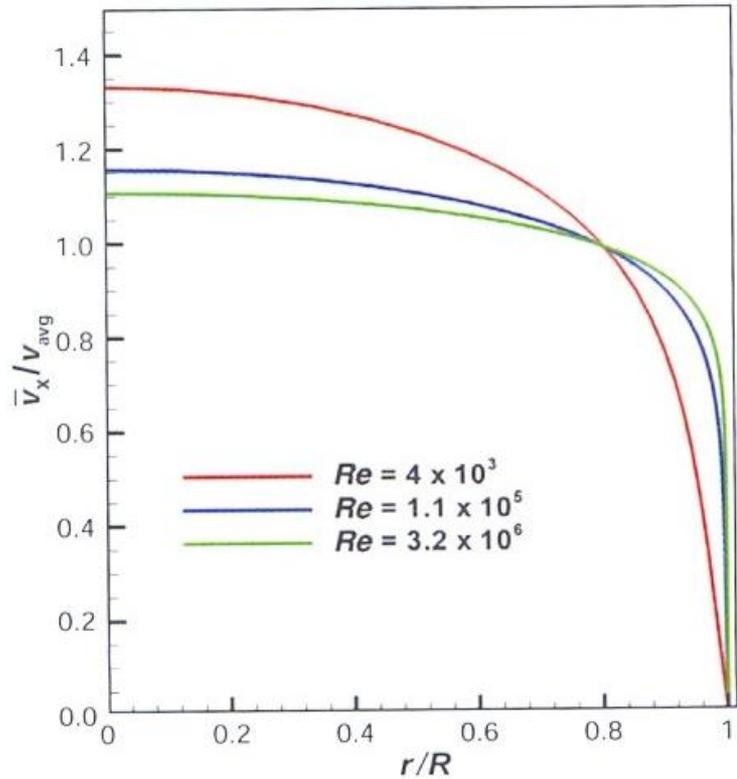
Simplificações que foram feitas:

Regime permanente; escoamento completamente desenvolvido, escoamento laminar.

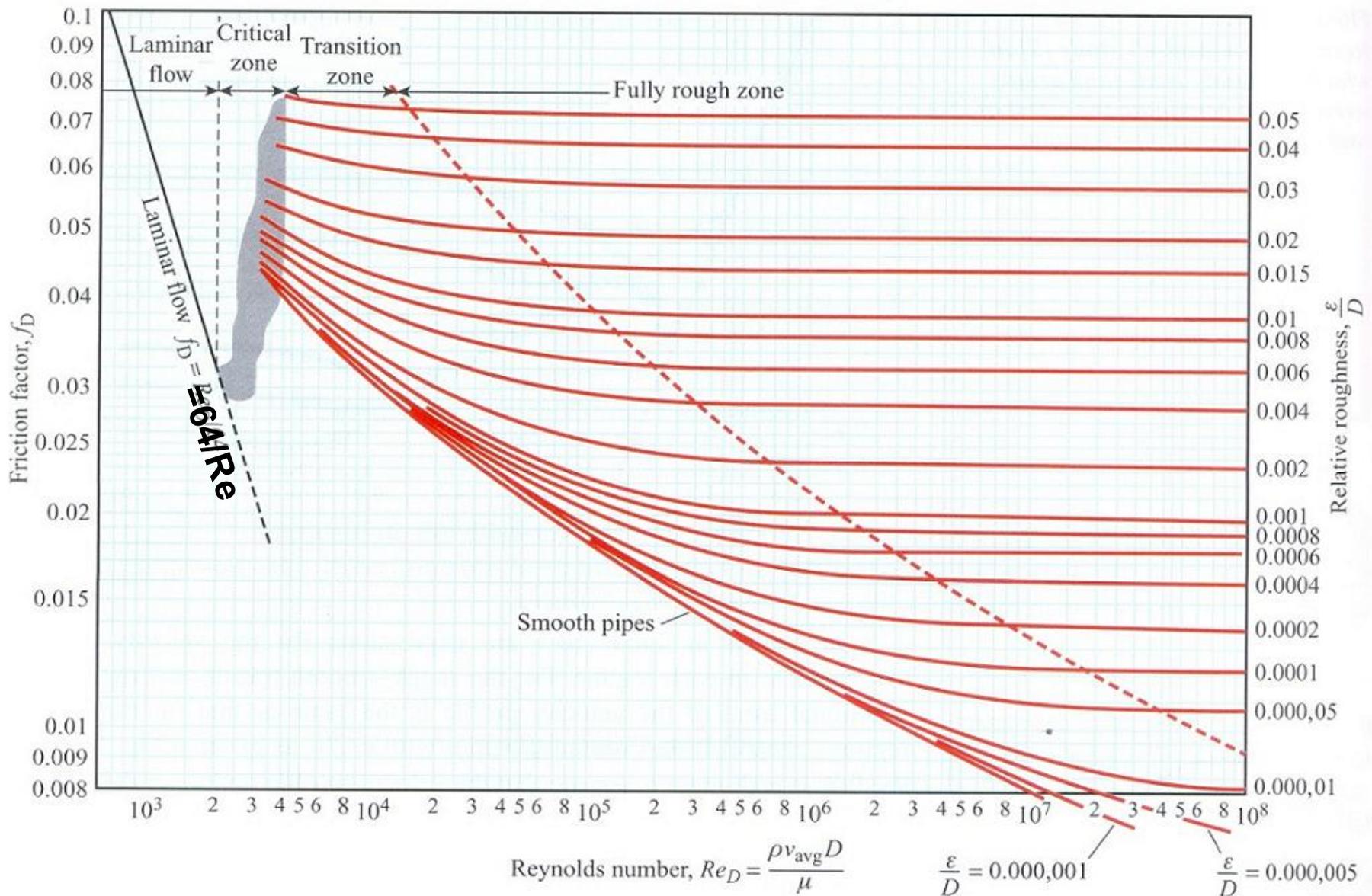
Esc. Laminar: perfil de velocidades parabólico

$$u(r) = -\frac{1}{4\mu} \left(\frac{dp}{dx} \right) R^2 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$





Fator de atrito: diagrama de Moody



Nusselt para um escoamento laminar

