

Tobias Bleninger

# **MECÂNICA DOS FLUIDOS AMBIENTAL I**

## Balço de massa

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{V_c} \rho dV + \int_{S_c} \rho (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dS.$$

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0,$$

## Balço de massa de um soluto

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{V_c} C_A \rho dV + \int_{S_c} C_A \rho (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dS = - \int_{S_c} (\mathbf{j} \cdot \mathbf{n}) dS.$$

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) C_A = D_{AB} \nabla^2 C_A.$$

## Balço de quantidade de movimento

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{V_c} \mathbf{v} \rho dV + \int_{S_c} \mathbf{v} \rho (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dS = \int_{V_c} \rho \mathbf{g} dV + \int_{S_c} (\mathbf{T} \cdot \mathbf{n}) dS.$$

$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = -\nabla (p + \rho g h) + \mu \nabla^2 \mathbf{v}$$

## Balço de energia

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{V_c} e \rho dV + \int_{S_c} e \rho (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dS = - \int_{S_c} (\mathbf{q} \cdot \mathbf{n}) dS + \int_{S_c} [(\mathbf{T} \cdot \mathbf{v}) \cdot \mathbf{n}] dS$$

## Forma geral

$$\rho \frac{\partial e}{\partial t} + \rho (\mathbf{v} \cdot \nabla) e = \nabla \cdot (\mathbf{T} \cdot \mathbf{v}) + \nabla \cdot (\rho c_p \alpha \nabla T)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \eta - K \nabla^2 \eta = f(x, y, z, t)$$

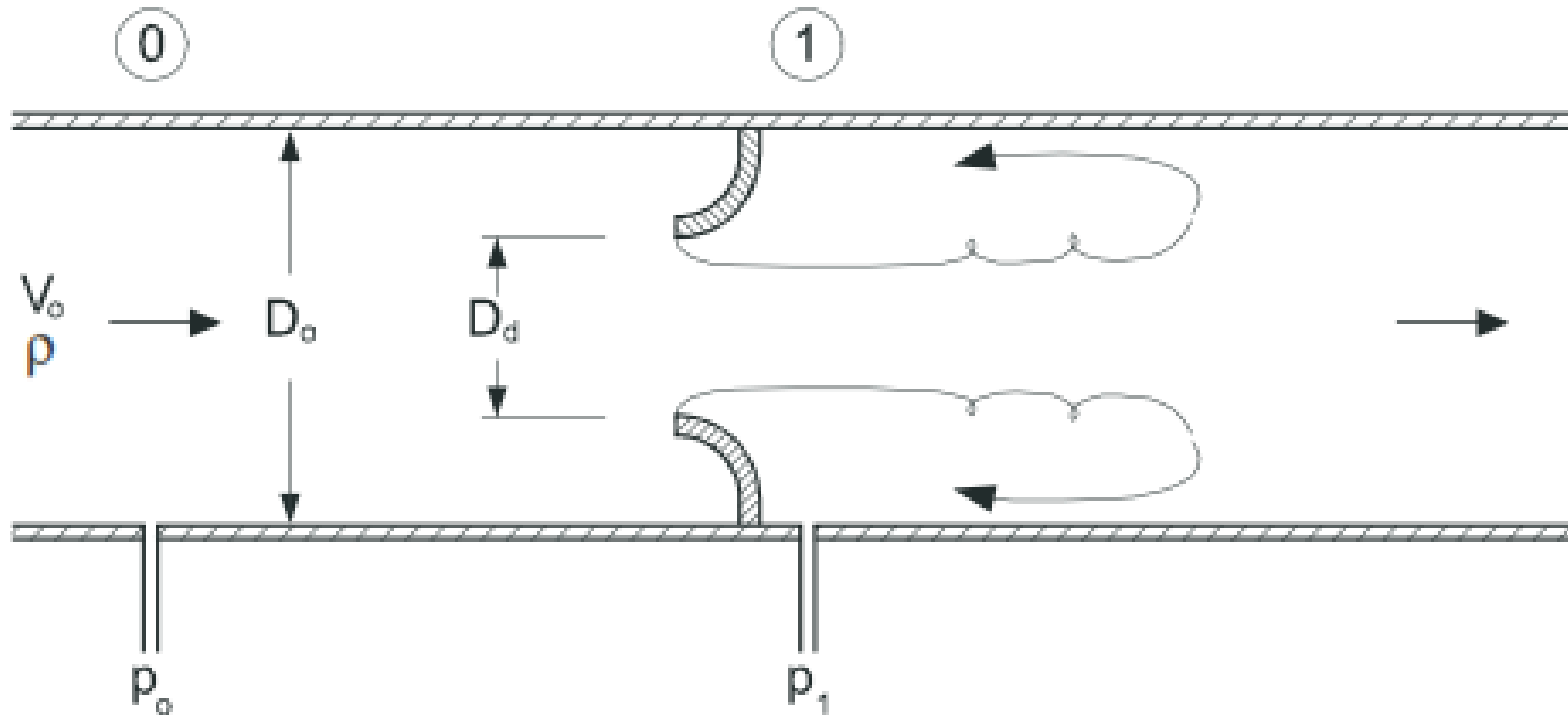
$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) T = \alpha \nabla^2 T;$$

# Métodos de solução

- **Soluções analíticas de problemas simples**
  - Por exemplo escoamento Couette e Poiseuille
  - Geralmente para sistemas laminares
- **Soluções numéricas de problemas complexos**
  - Geralmente para equações simplificadas (por exemplo, águas rasas)
  - E com processos específicos (modelo para bomba é diferente do modelo para previsão de tempo)
  - Não existe um modelo único e as cond. de contorno são complicados!
  - Será tratado na Matemática Aplicada (I e II)
- **Soluções utilizando experimentos físicos**
  - escala reduzida, controlável, mas com efeito escala
  - medições em campo, não controlável, sem efeito escala
- **Importante para todos**
  - Tem que conhecer o objetivo e os processos relacionados
  - Começa do simples para o complexo

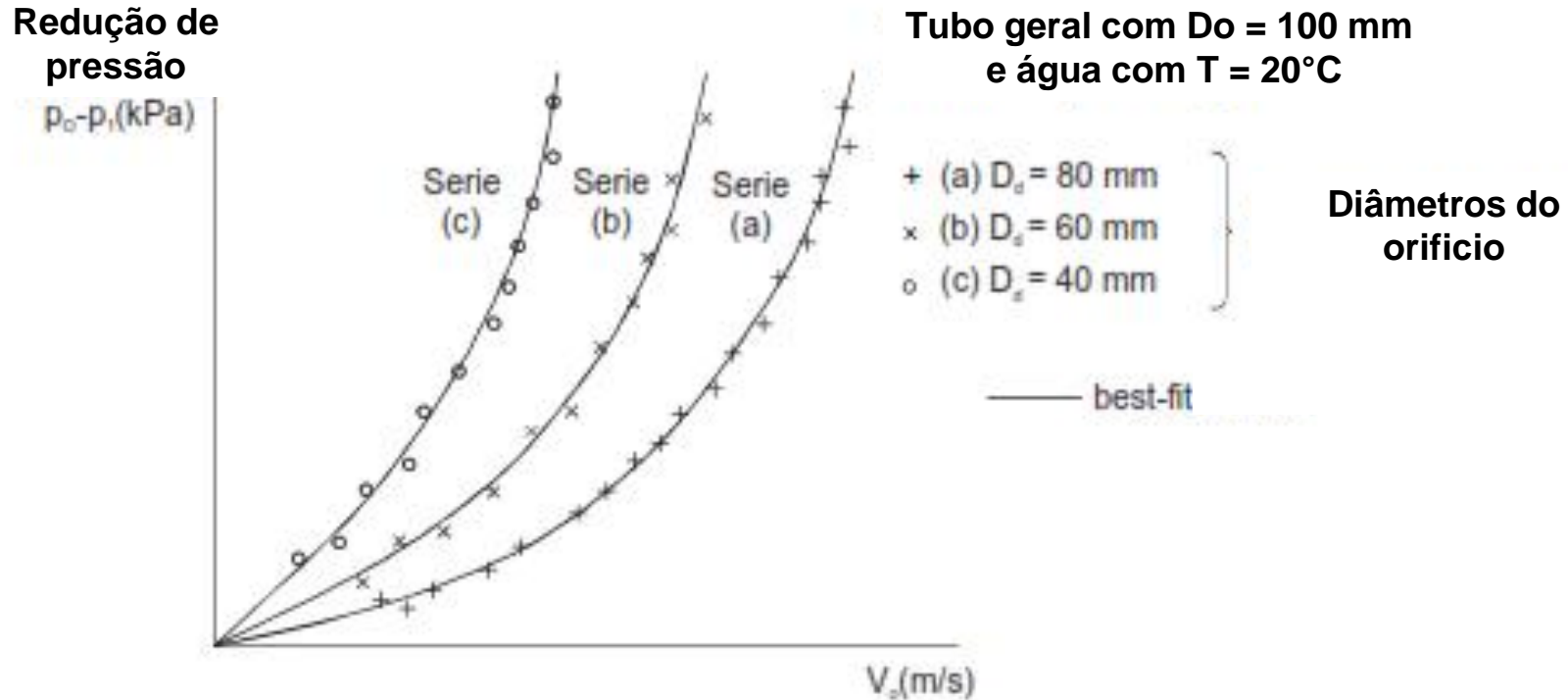
# Experimentos

- Orifício de medição numa tubulação



# Experimentos

- Tubo e fluido fixo, orifício e velocidade variada

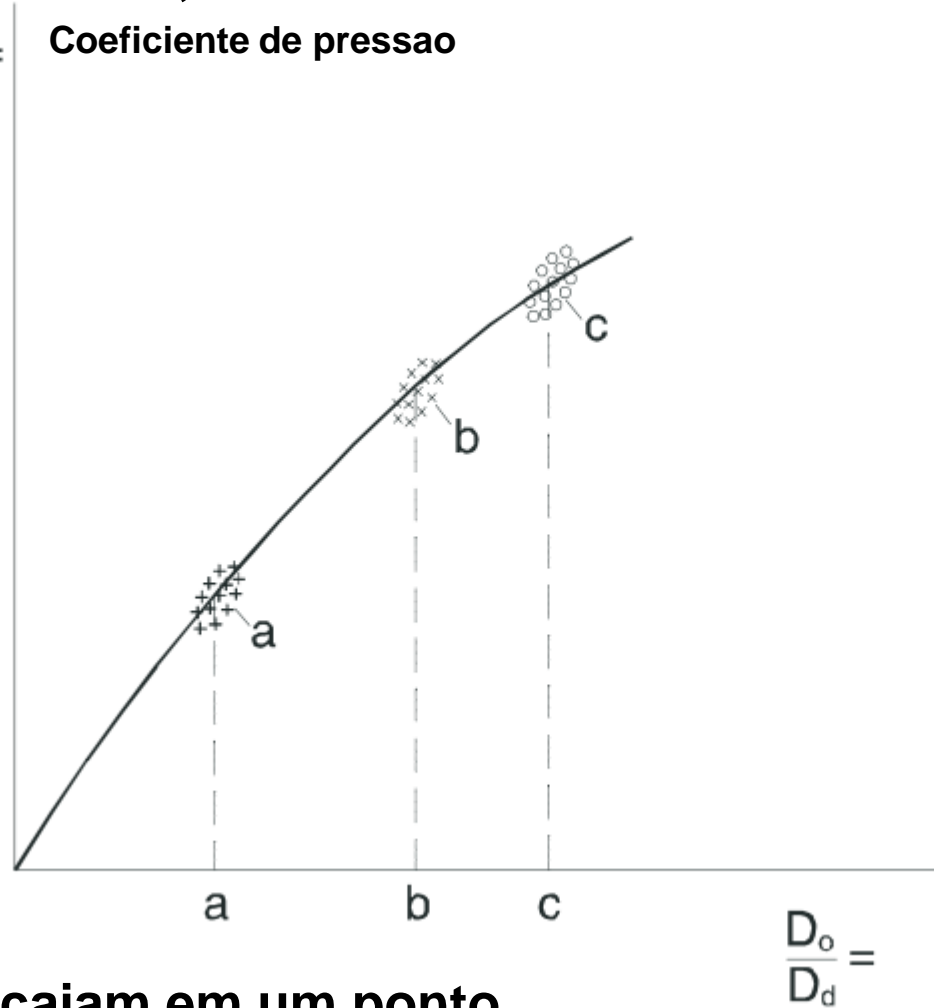


- $(p_o - p_1) \sim (V_o)^2$
- comportamento “similar”, como descrever similaridade?
- Visualizar dados em forma “adimensional”

# Experimentos

- **Tubo e fluido fixo, orifício e velocidade variada**

$$C_p = \frac{p_o - p_1}{\rho \frac{V_o^2}{2}} = \text{Coeficiente de pressão}$$



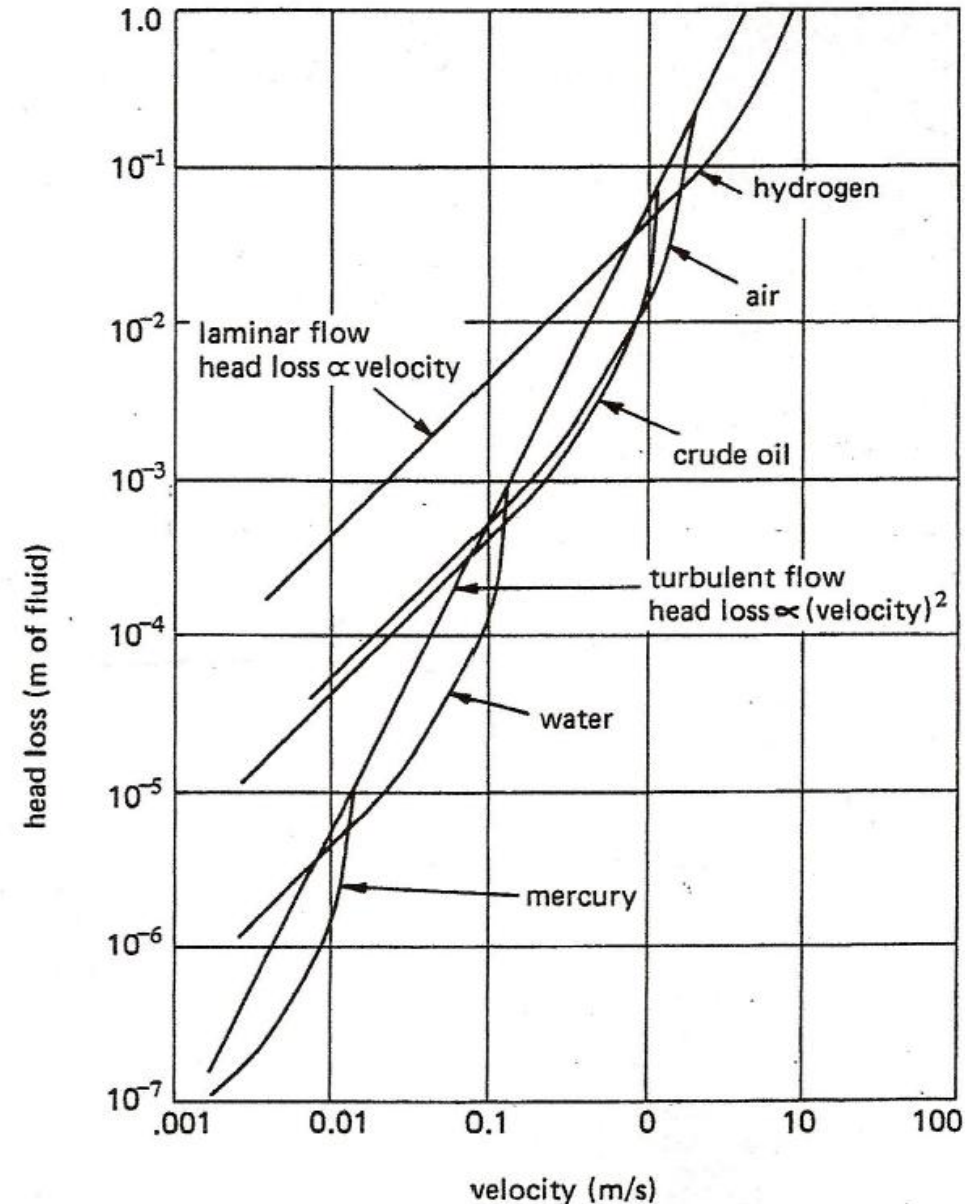
- **series caíam em um ponto**
- **Similaridade se mostra numa tendência única geral (curva característica)**

# Experimentos

- Fluido variado

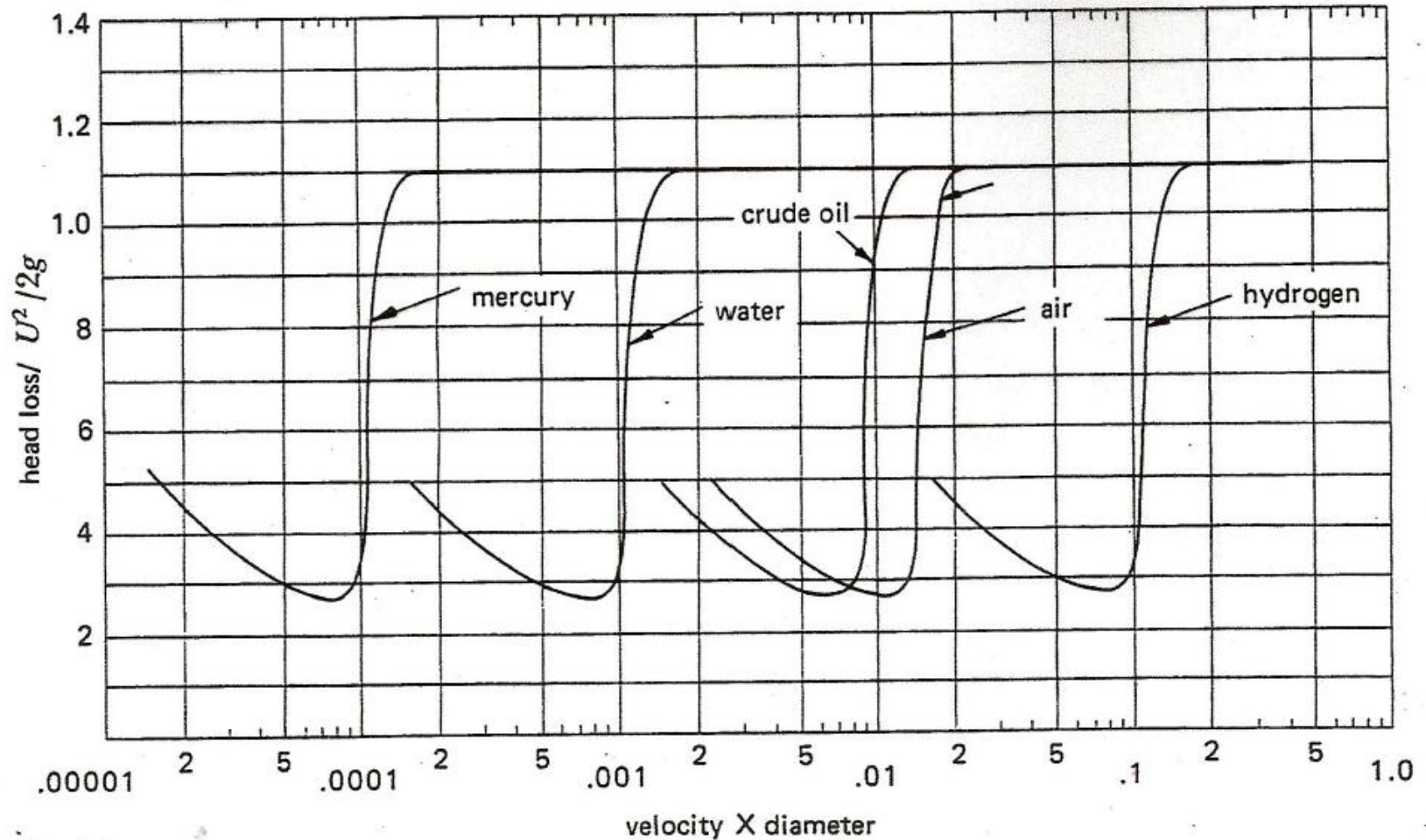
Fluid	Density	Kinematic viscosity
Hydrogen	0.09 kg/m <sup>3</sup>	1.1 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
Air	1.2 kg/m <sup>3</sup>	1.5 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s
Crude Oil	860 kg/m <sup>3</sup>	1.0 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s
Water	1000 kg/m <sup>3</sup>	1.1 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
Mercury	13600 kg/m <sup>3</sup>	1.1 × 10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /s

- (p<sub>o</sub> - p<sub>1</sub>) ~ (V<sub>o</sub>)<sup>2</sup>
- comportamento “similar”,  
como descrever  
similaridade?
- Visualizar dados em forma  
“adimensional”



# Experimentos

- Fluido variado

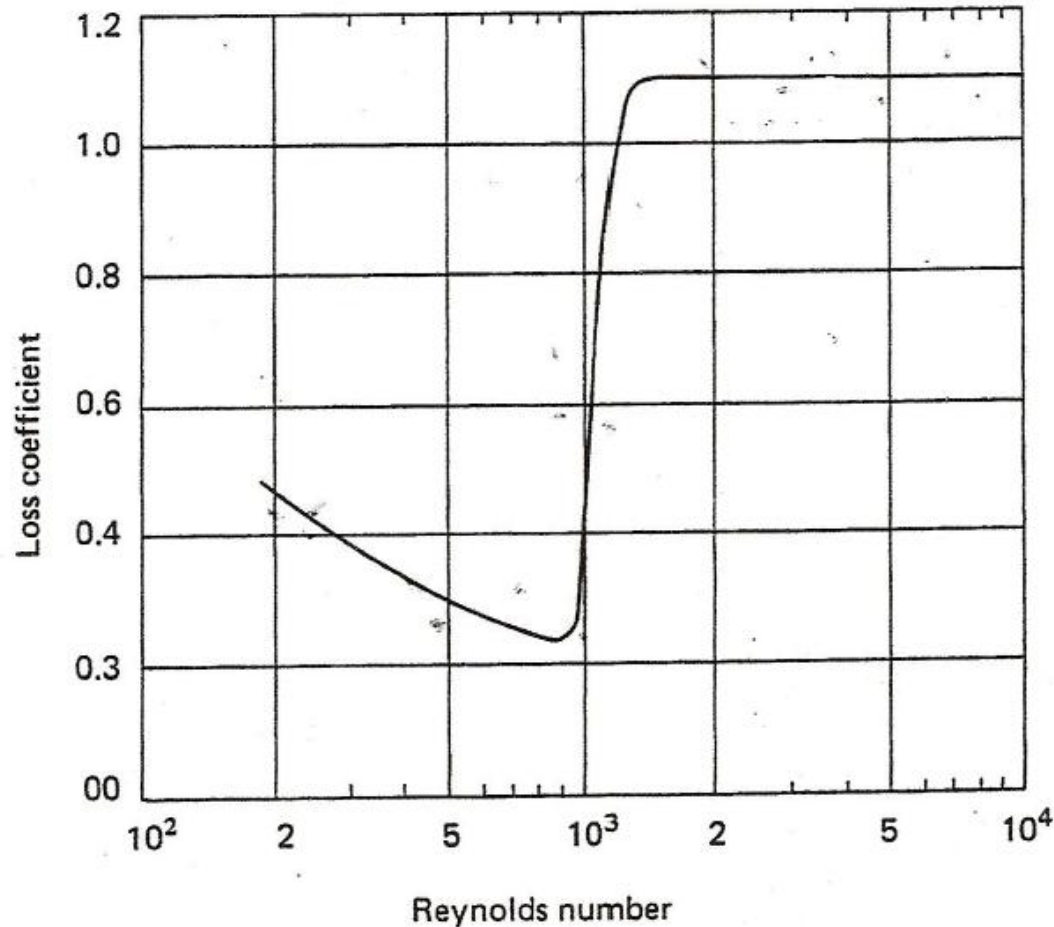


- series caíam em curvas similares para diferentes fluidos



# Experimentos

- Fluido variado



- series caíam em única curva quando utilizado parâmetros adimensionais