

* PHA3201
Hidráulica Ambiental
aula 04

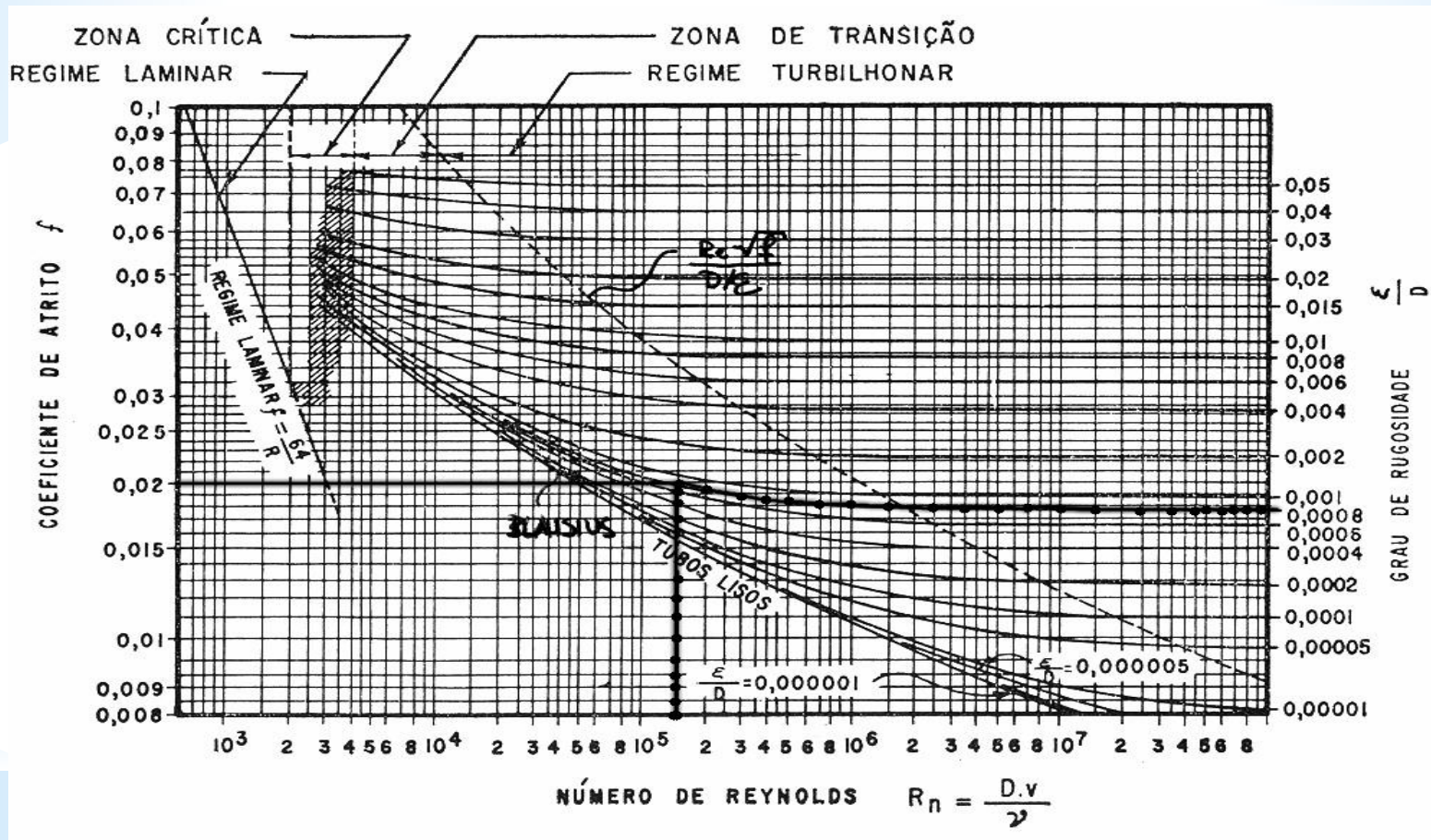
André Luiz Marguti (andre.marguti@usp.br)

Fábio Lofrano (fabio.lofrano@usp.br)

J Rodolfo S Martins (scarati@usp.br)

Luiz Cesar de Souza Pinto (lcesar@usp.br)

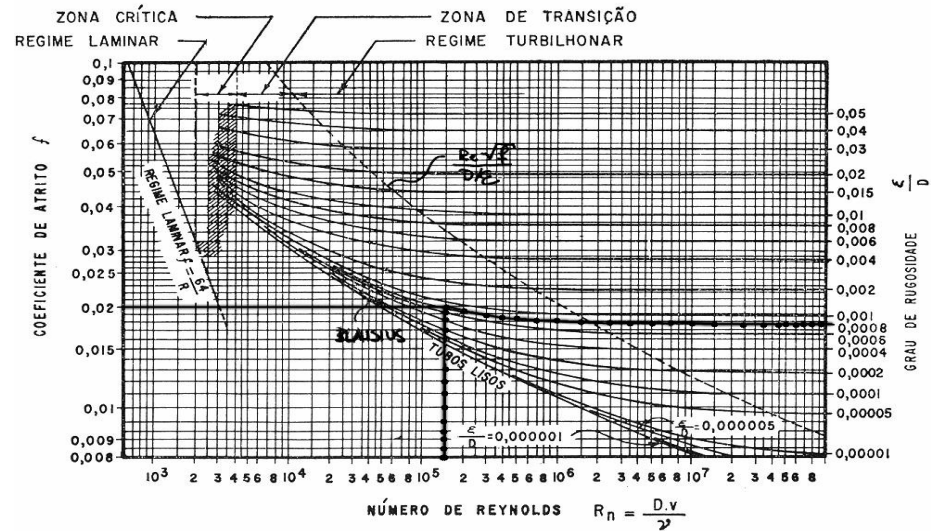
* Diagrama de Moody (1944)



* Expressões para cálculo de f

Regime Laminar ($Re < 2500$)

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



REGIME TURBULENTO ($Re > 4000$):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad \text{Regime Turbulento Liso} \quad \frac{Re\sqrt{f}}{D/\varepsilon} < 14$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re\sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} \right) \quad \text{Regime Turbulento Misto} \quad 14 < \frac{Re\sqrt{f}}{D/\varepsilon} < 200$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} \right) \quad \text{Regime Turbulento Rugoso} \quad \frac{Re\sqrt{f}}{D/\varepsilon} > 200$$



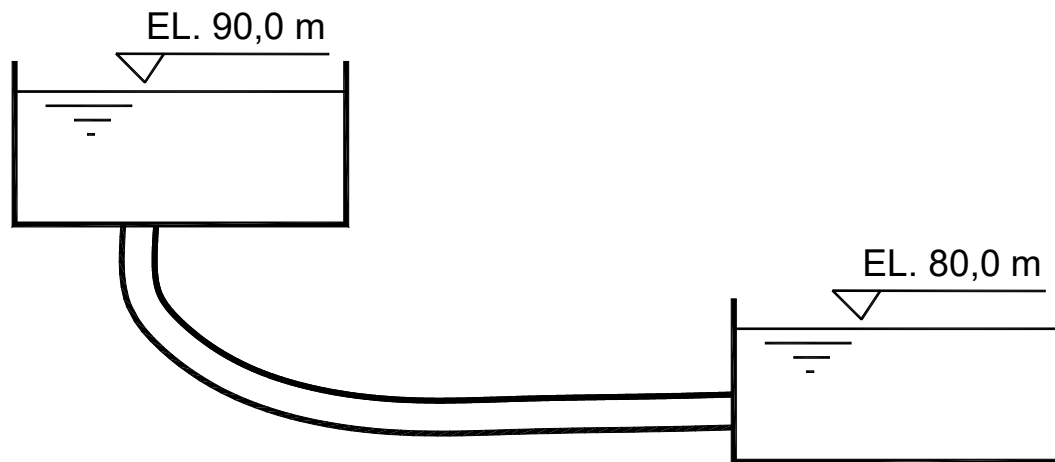
*Dados: ρ , ρ , D , ΔH e L

*Incógnita: Q

*Problemas do tipo I

* Exercício

- * Uma tubulação com 100 m de extensão e diâmetro de 200 mm liga dois reservatórios de grandes dimensões, conforme a figura abaixo. Sabendo-se que a rugosidade absoluta do tubo é de 0,2 mm, pede-se determinar a vazão.



* Problemas do tipo I

* Solução:

$$Re\sqrt{f} = \frac{D}{\nu} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta H \cdot D}{L}}$$

$$\frac{Re\sqrt{f}}{D/\varepsilon}$$

Definir o regime de escoamento

Calcular f e depois Q com a fórmula universal

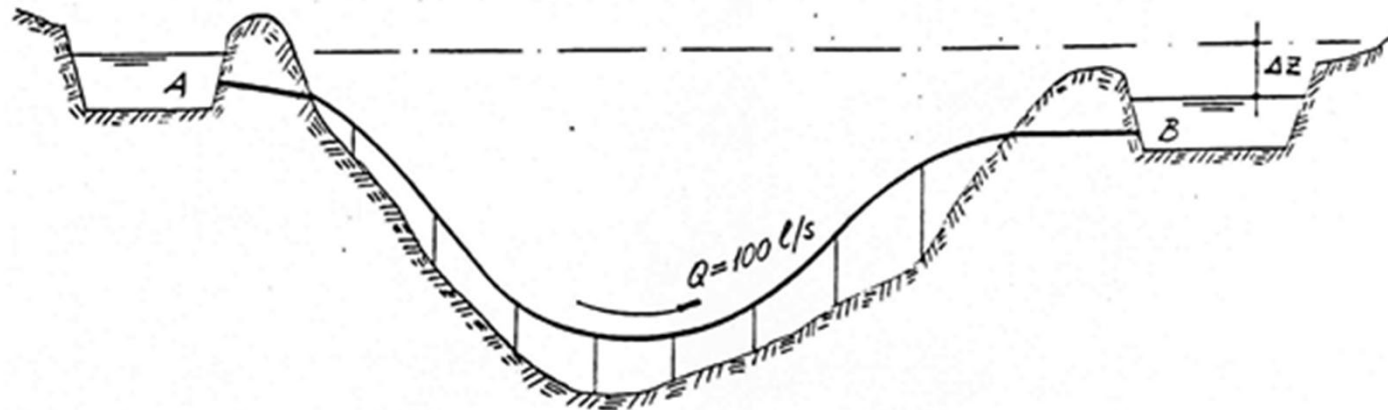
*Dados: ρ , ρ , D, Q e L

*Incógnita: ΔH

*Problemas do tipo II

* Exercício

- * Num sistema de irrigação constituído por canais, pretende-se construir uma tubulação em forma de sifão invertido para a travessia de um vale, de modo que seja transferida do canal A para o canal B uma vazão de 100 L/s. Determine a diferença de níveis que deverá ocorrer entre os dois canais, sabendo-se que o sifão invertido terá 1200 m de comprimento, diâmetro de 350 mm e será constituído por tubos de concreto de rugosidade $\varepsilon = 3$ mm. Despreze as perdas de carga singulares.



* Problemas do tipo II

* Solução:

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \nu}$$

Se $Re > 4000$, hipótese de turbulento rugoso

$$\frac{Re \sqrt{f}}{D/\varepsilon}$$

Verificar o regime de escoamento

Obtido f , determina-se ΔH com a fórmula universal

*Dados: ρ , ρ , Q , ΔH e L

*Incógnita: D

*Problemas do tipo III

* Exercício

- * Determine o diâmetro mínimo necessário para que uma tubulação com rugosidade absoluta de 10^{-4} m conduza um escoamento de água com vazão de $8,47 \text{ m}^3/\text{s}$, de tal forma que a perda de carga seja menor ou igual a $3,20$ m em 360 m de extensão da tubulação.

* Problemas do tipo III

* Solução:

Assumir valor de f (exemplo: $f = 0,020$)

Calcular D usando a fórmula universal e Re

$$\frac{Re\sqrt{f}}{D/\varepsilon}$$

Verificar o regime de escoamento

Calcular f de acordo com o regime do escoamento
Comparar com o valor inicial e repetir todo o processo até convergir