

### Objetivos da quarta aula da unidade 6

Utilizar o diagrama de Rouse para determinação do “f”

Determinar a viscosidade do fluido em função da sua temperatura

Estimar a rugosidade relativa experimentalmente

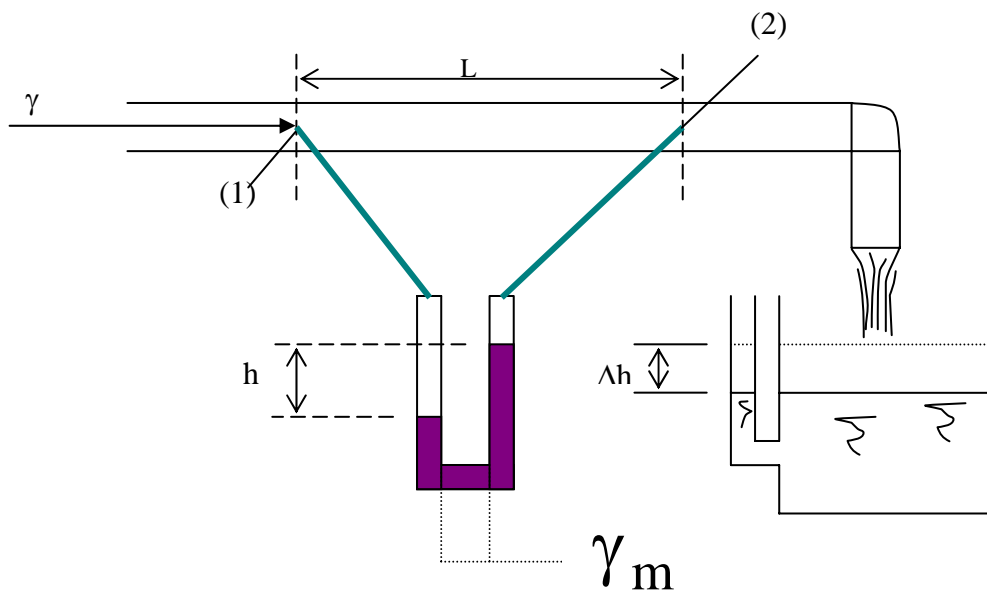
Estimar a vazão pelo diagrama de Rouse

Determinação experimental do coeficiente de perda de carga localizada ( $K_S$ )

Exercícios: 6.12; 6.13; 6.15 e 6.17 a 6.20

Vamos retornar ao trecho da instalação hidráulica usada na explicação da determinação do “f” no laboratório, onde conhecemos os seguintes dados:

- $L = 20 \text{ m}$ ;
- $A_{\text{tanque}} = 1 \text{ m}^2$ ;
- $D = 152 \text{ mm}$ ;
- os pesos específicos  $\gamma = 1000 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$  e  $\gamma_m = 13600 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$
- o desnível do fluido manométrico  $h = 20 \text{ mm}$ ;
- a viscosidade d'água  $\nu = 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ ;
- $\Delta h = 48 \text{ cm}$  ;  $\Delta t = 20 \text{ s}$  e  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



Pede-se:

- Calcular a vazão real do escoamento.
- Calcular a perda de carga distribuída no trecho considerado ( $L = 20$  m).
- Calcular para a situação descrita o coeficiente de perda de carga distribuída “ $f$ ”.
- Estimar a rugosidade equivalente do material ( $K$ ).
- Estimar a vazão do escoamento pelo diagrama de Rouse.
- Calcular o erro cometido ao estimar a vazão do escoamento pelo diagrama Rouse.

Solução do problema proposto:

$$\text{a. } Q = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{\Delta t} = \frac{0,48 \times 1}{20} = 24 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

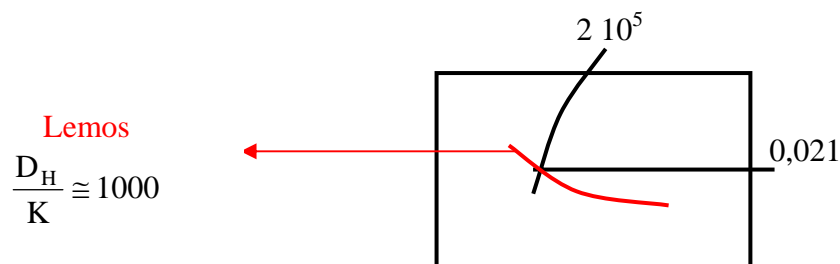
$$\text{b. } h_f = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \frac{(\gamma_m - \gamma)}{\gamma} = 0,02 \times 12,6 = 0,252 \text{ m}$$

$$\text{c. } v = \frac{4 \times Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 24 \times 10^{-3}}{\pi \times 0,152^2} = 1,323 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = \frac{h_f \times D_H \times 2g}{L \times v^2} = \frac{0,252 \times 0,152 \times 2 \times 9,8}{20 \times 1,323^2} = 0,021$$

$$\text{d. } Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{1,323 \times 0,152}{10^{-6}} \cong 2 \times 10^5 .$$

Com o número de Reynolds e o coeficiente de perda de carga distribuída no diagrama de Rouse, podemos determinar a rugosidade relativa equivalente ( $\frac{D_H}{K}$ ), como mostra o esquema a seguir:



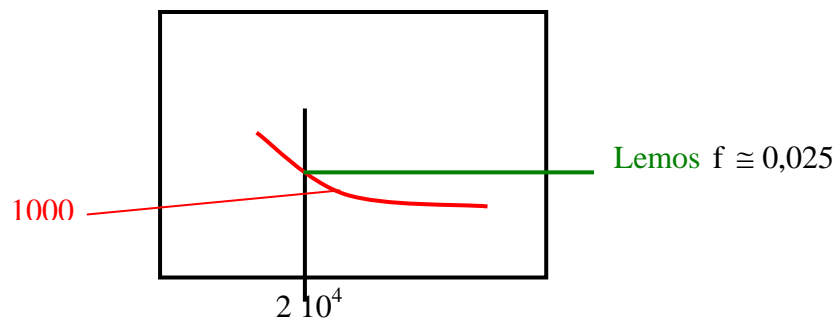
$\therefore K = \frac{D_H}{1000} = \frac{0,152}{1000} = 0,000152 \text{ m}$  o que equivale à tubulação de ferro galvanizado.

- e. Para estimar a vazão pelo diagrama de Rouse, necessitamos conhecer a perda de carga (no caso a perda de carga distribuída) e o comprimento total (no caso o  $L = 20$  m), a partir daí temos que calcular o número adimensional  $Re\sqrt{f}$ , já que ele não depende da velocidade do escoamento.

No nosso caso, temos:

$$Re\sqrt{f} = \frac{D_H}{v} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}} = \frac{0,152}{10^{-6}} \times \sqrt{\frac{0,252 \times 0,152 \times 2 \times 9,8}{20}} \cong 2,9 \times 10^4$$

Com  $Re\sqrt{f}$  e o  $\frac{D_H}{K}$  (rugosidade relativa equivalente) no diagrama de Rouse, podemos determinar o coeficiente de perda de carga distribuída como mostra a figura a seguir:



$$\therefore 0,252 = 0,025 \times \frac{20}{0,152} \times \frac{v^2}{2 \times 9,8} \quad \therefore v = \sqrt{\frac{0,252 \times 0,152 \times 2 \times 9,8}{0,025 \times 20}} \cong 1,225 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{Rouse}} = 1,225 \times \frac{\pi \times 0,152^2}{4} \cong 22,2 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 22,2 \frac{\text{litro}}{\text{s}}$$

- f. %Erro =  $\frac{24 - 22}{24} \times 100 = 7,4\%$ , se evocarmos os coeficientes de vazão que foram obtidos para os aparelhos medidores de vazão no laboratório, concluiremos se tratar que uma estimativa de vazão razoavelmente boa.

**Nota:** É comum em alguns catálogos encontrar-se tabelado o parâmetro denominado grau de rugosidade, que é o inverso da rugosidade relativa equivalente em

função do diâmetro do tubo, alguns dos seus valores encontram-se na minha página da Internet <http://www.escoladavida.eng.br> . Para chegar a ela, siga o seguinte procedimento:

- Entre na página <http://www.escoladavida.eng.br>
- Clique em “Bibliografia básica”
- Clique em “Mecânica dos Fluidos”
- Clique em “Unidade 6” e você verá além destes valores o Diagrama Rouse e o diagrama para determinação da viscosidade cinemática dos fluidos em função de sua temperatura de escoamento ...

## 6.7 Determinação do Coeficiente de Perda de Carga Singular ( $K_S$ )

Os valores dos coeficientes de perda de carga singular são obtidos experimentalmente.

Uma forma comum para obtenção destes valores é representada pelo diagrama 6.5, onde o  $h_S$  é obtido experimentalmente como foi mostrado pelas equações 6.3 e 6.4 para cada carga cinética ( $v^2/2g$ ).

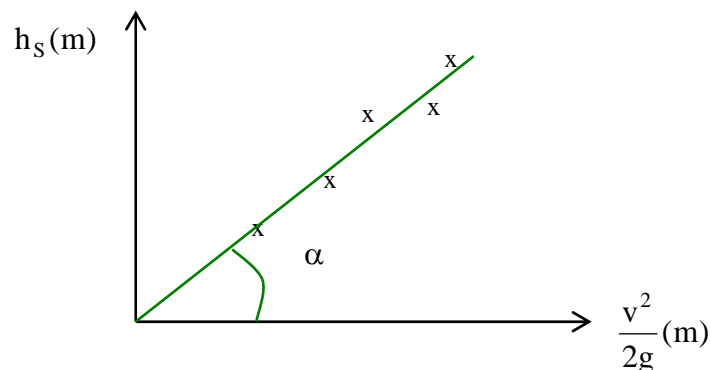


Diagrama 6.5

Através do diagrama 6.5, podemos concluir que:

$$\operatorname{tg} \alpha = K_S$$

equação 6.17

Devemos salientar, que pelo fato de ser um coeficiente obtido experimentalmente haverá uma certa variação em relação ao seu valor dependendo da fonte de consulta.

Optei neste trabalho em apresentar os valores de  $K_S$  apresentados pelo projeto de norma da ABNT P - NB - 591, valores apresentados na minha página da Internet <http://www.escoladavida.eng.br> .

A vida não se define  
Vive-se.  
E para bem vivê-la,  
precisamos de compreensão,  
tranqüilidade e amor.

Pegue um sorriso  
e doe-o  
a quem jamais o teve...

Pegue um raio de sol  
e faça-o voar lá  
onde reina a noite...

Pegue uma lágrima  
e ponha no rosto  
de quem jamais chorou...

Pegue a coragem  
e ponha-a no ânimo  
de quem não sabe lutar...

Descubra a vida  
e narre-a a quem  
não sabe entendê-la...

Pegue a esperança  
e viva na sua luz...

Pegue a bondade  
e doe-a a quem  
não sabe doar...

Descubra o amor  
e faça-o  
conhecer o mundo... (Gandhi)