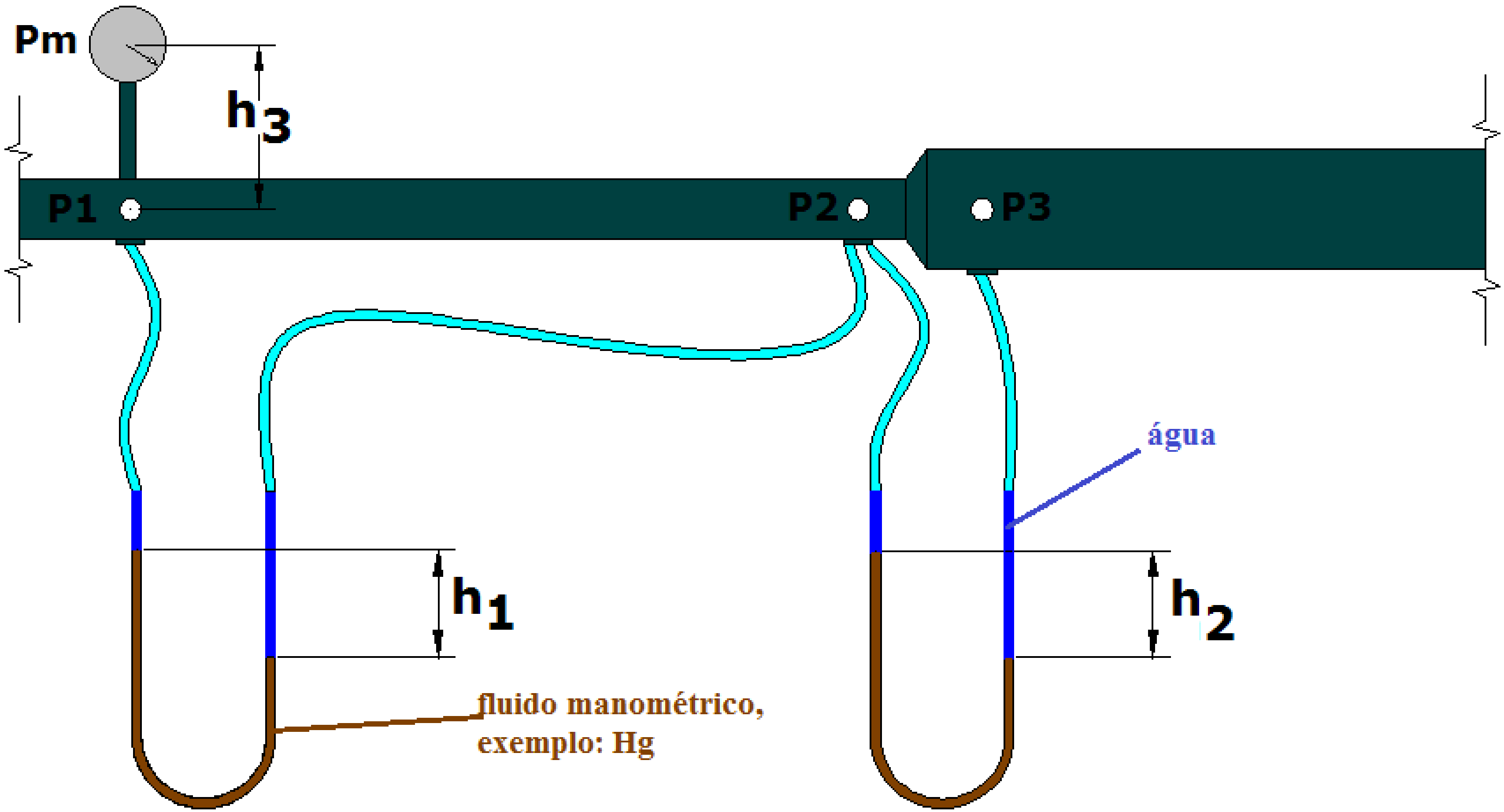
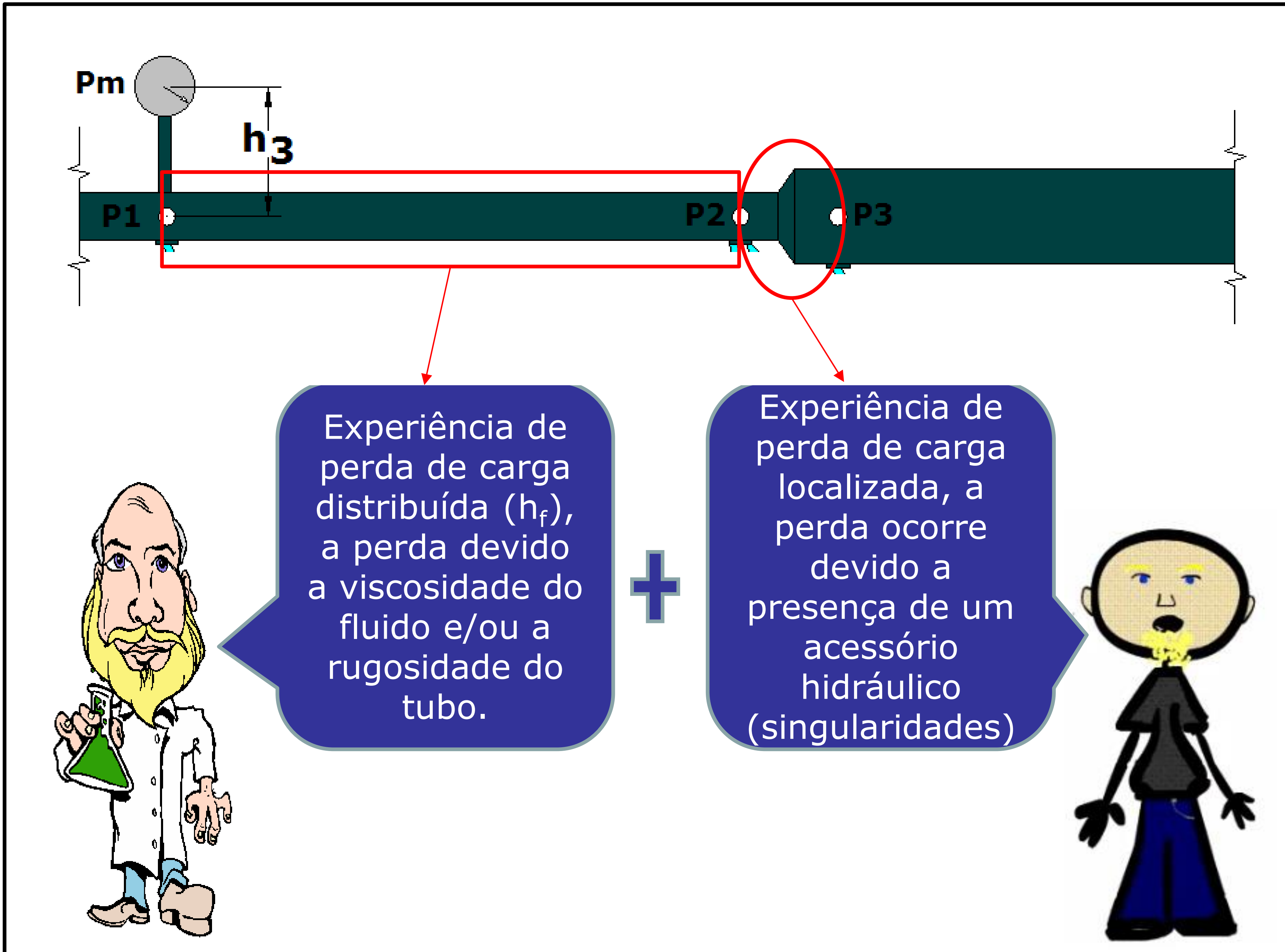
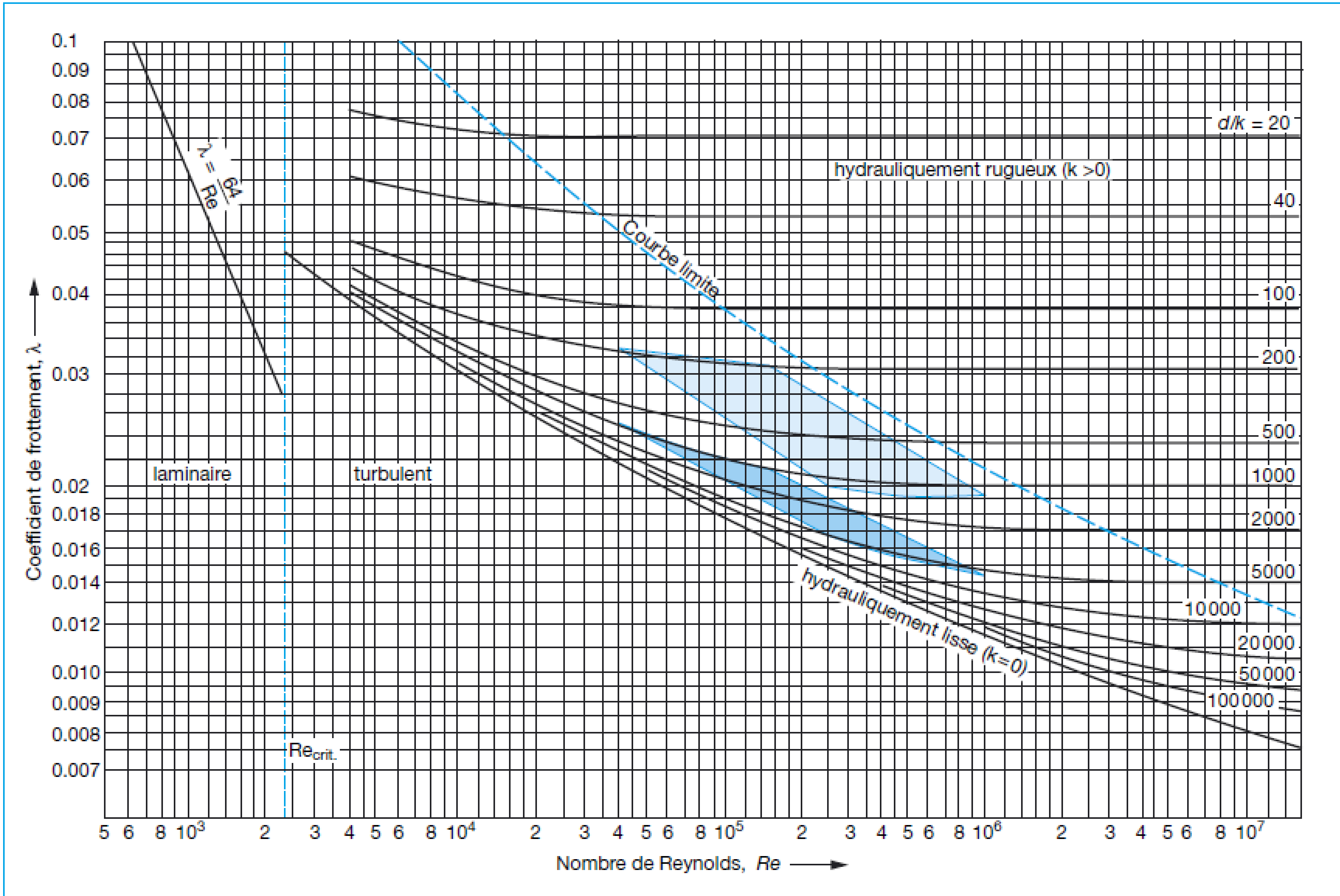
Experiência de perda de carga

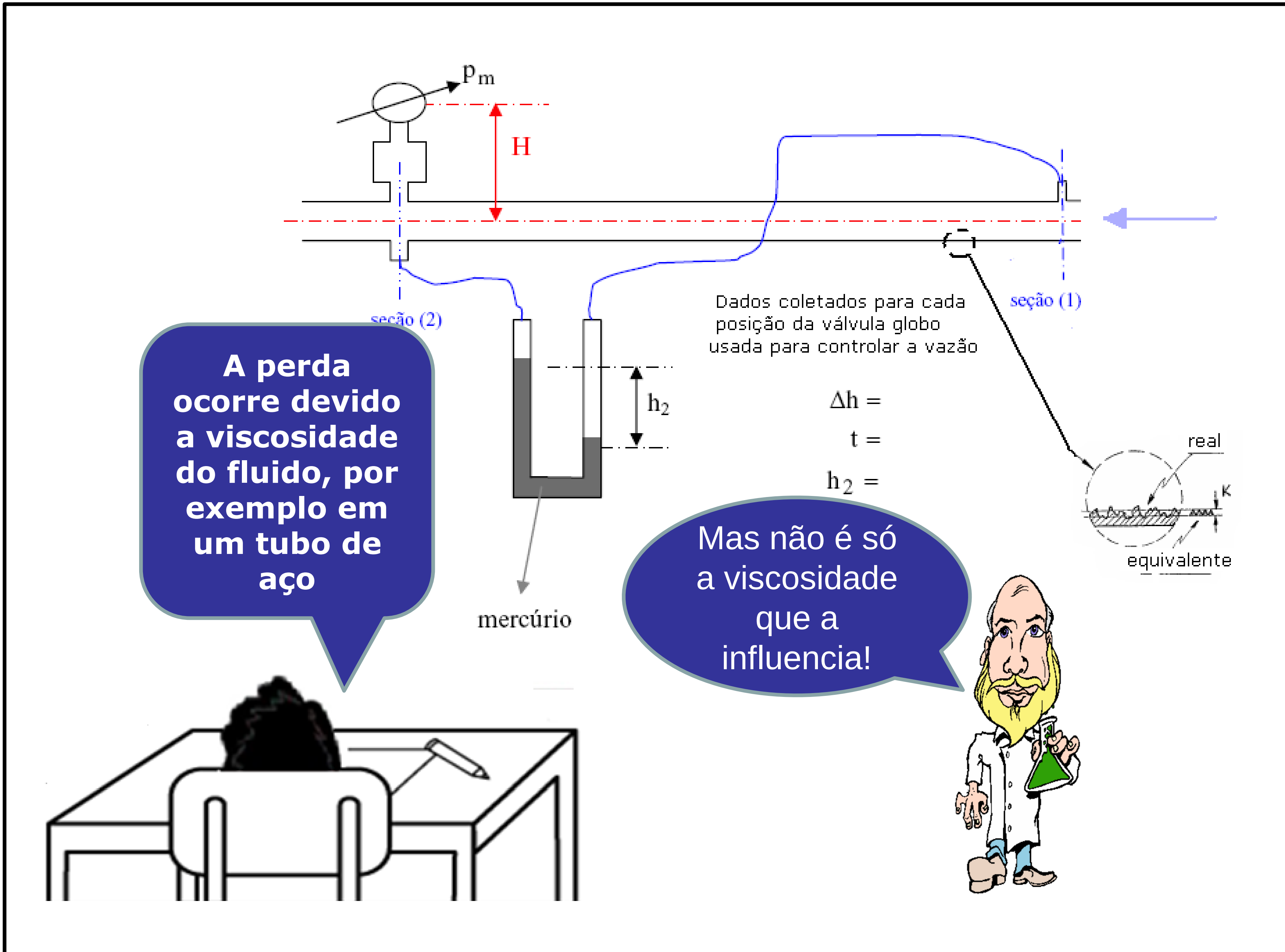



Pm
h3
P1
P2
P3
Experiência de perda de carga distribuída (h_f), a perda devido a viscosidade do fluido e/ou a rugosidade do tubo.
+
Experiência de perda de carga localizada, a perda ocorre devido a presença de um acessório hidráulico (singularidades)

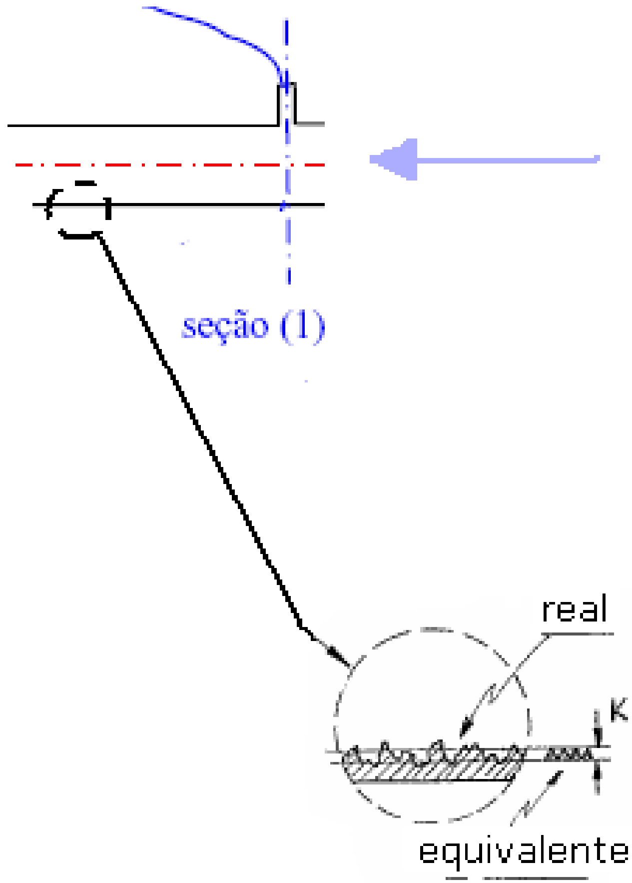
A perda h_f devido a viscosidade do fluido e/ou a rugosidade do tubo



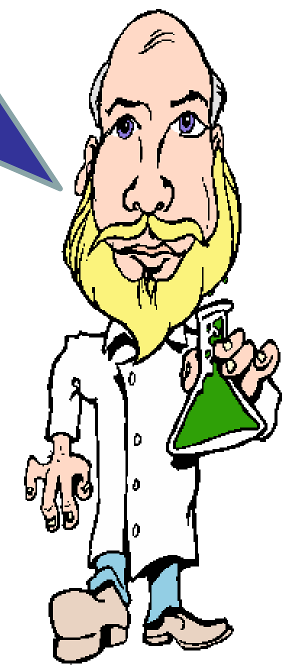
$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$



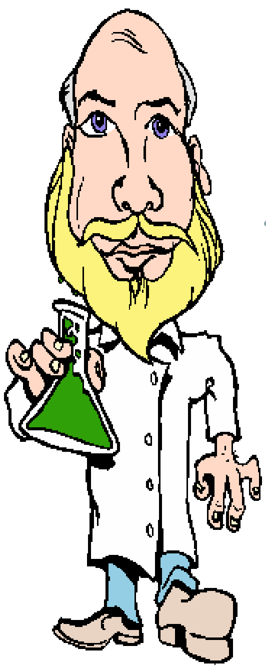
p_m
H
seção (2)
seção (1)
h_2
mercúrio
Dados coletados para cada posição da válvula globo usada para controlar a vazão
$\Delta h =$
$t =$
$h_2 =$
real
K
equivalente
A perda ocorre devido a viscosidade do fluido, por exemplo em um tubo de aço
Mas não é só a viscosidade que a influencia!



A rugosidade equivalente K, também pode ser uma das responsáveis pela perda distribuída, que aumenta com o passar do tempo. No caso da tubulação de aço nova , temos $k=4,6 \times 10^{-5}$.

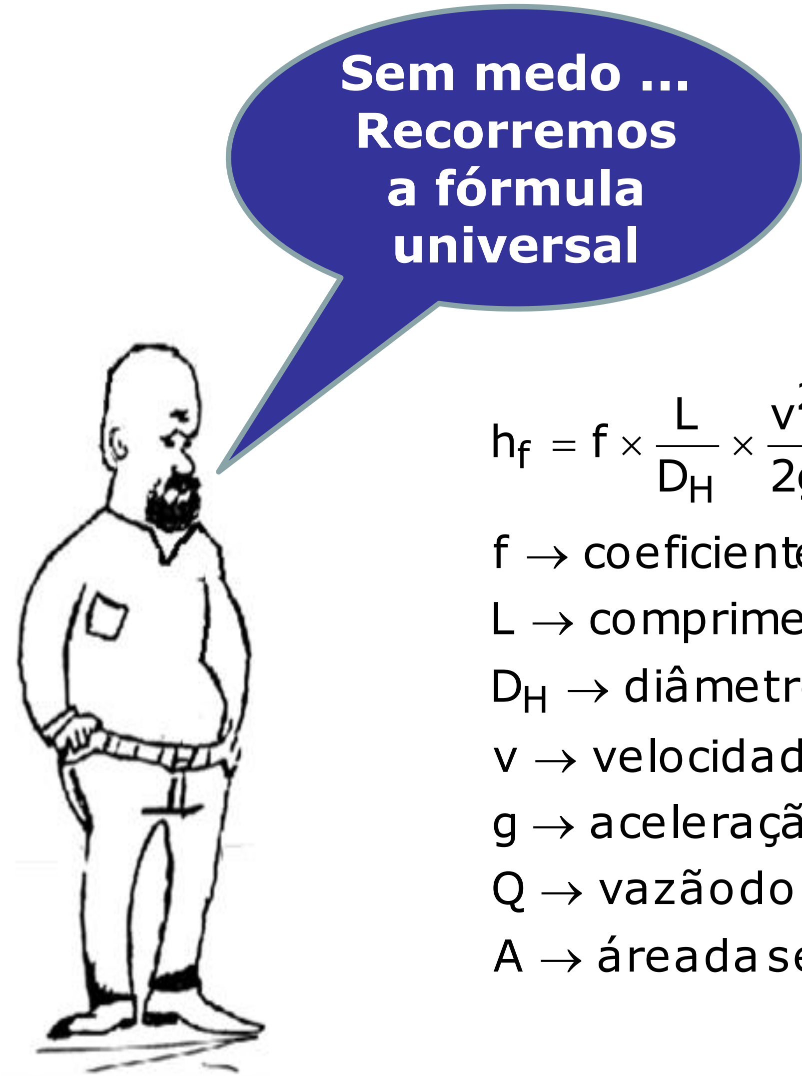



E no tubo liso não ocorrem as perdas distribuídas?
?



Também ocorrem!

Como calcular as perdas devido a viscosidade dos fluidos, ou seja, as distribuídas?



$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$f \rightarrow$ coeficiente de perda de carga distribuída

$L \rightarrow$ comprimento da tubulação

$D_H \rightarrow$ diâmetro hidráulico que em conduto forçado $= D_{int}$

$v \rightarrow$ velocidade média do escoamento

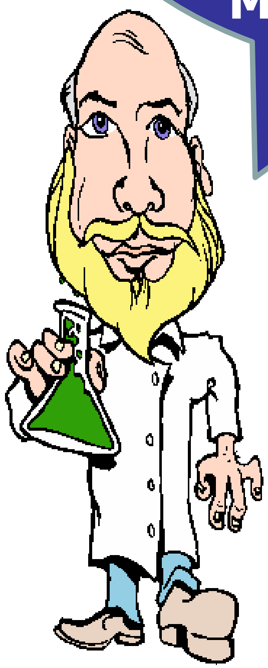
$g \rightarrow$ aceleração da gravidade

$Q \rightarrow$ vazão do escoamento

$A \rightarrow$ área da seção formada pelo fluido


Como achar o f?
Existem duas maneiras:

Para projetos: calculando-se número de Reynolds e se precisar através do diagrama de Moody ou Rouse.



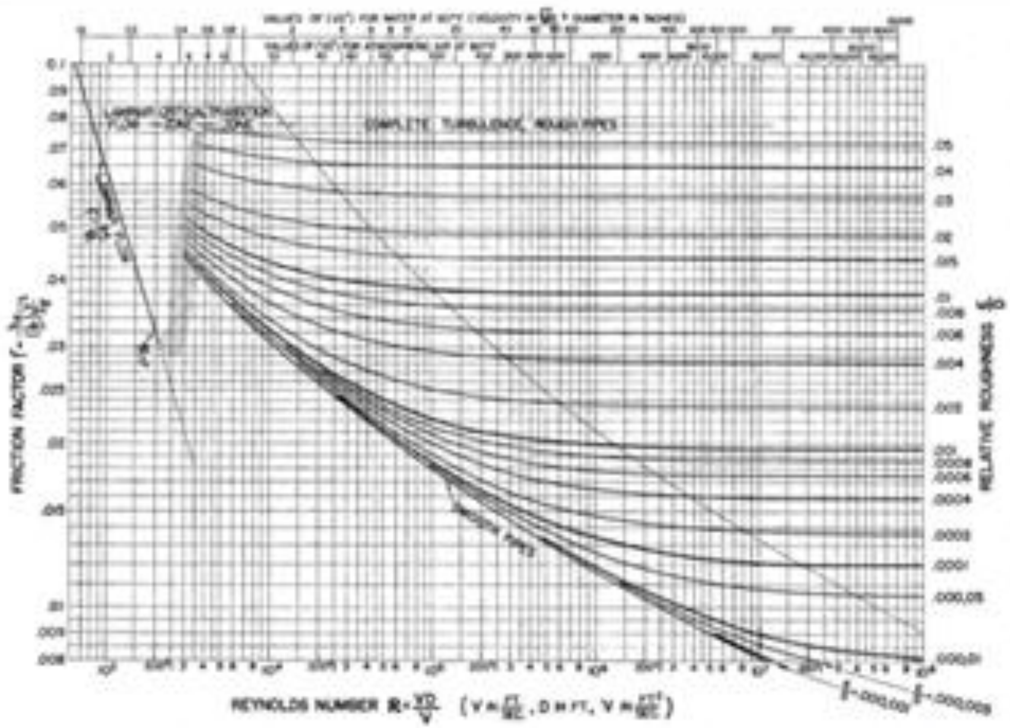
$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

Se $\mathrm{Re} \leq 2000 \rightarrow$ escoamento laminar

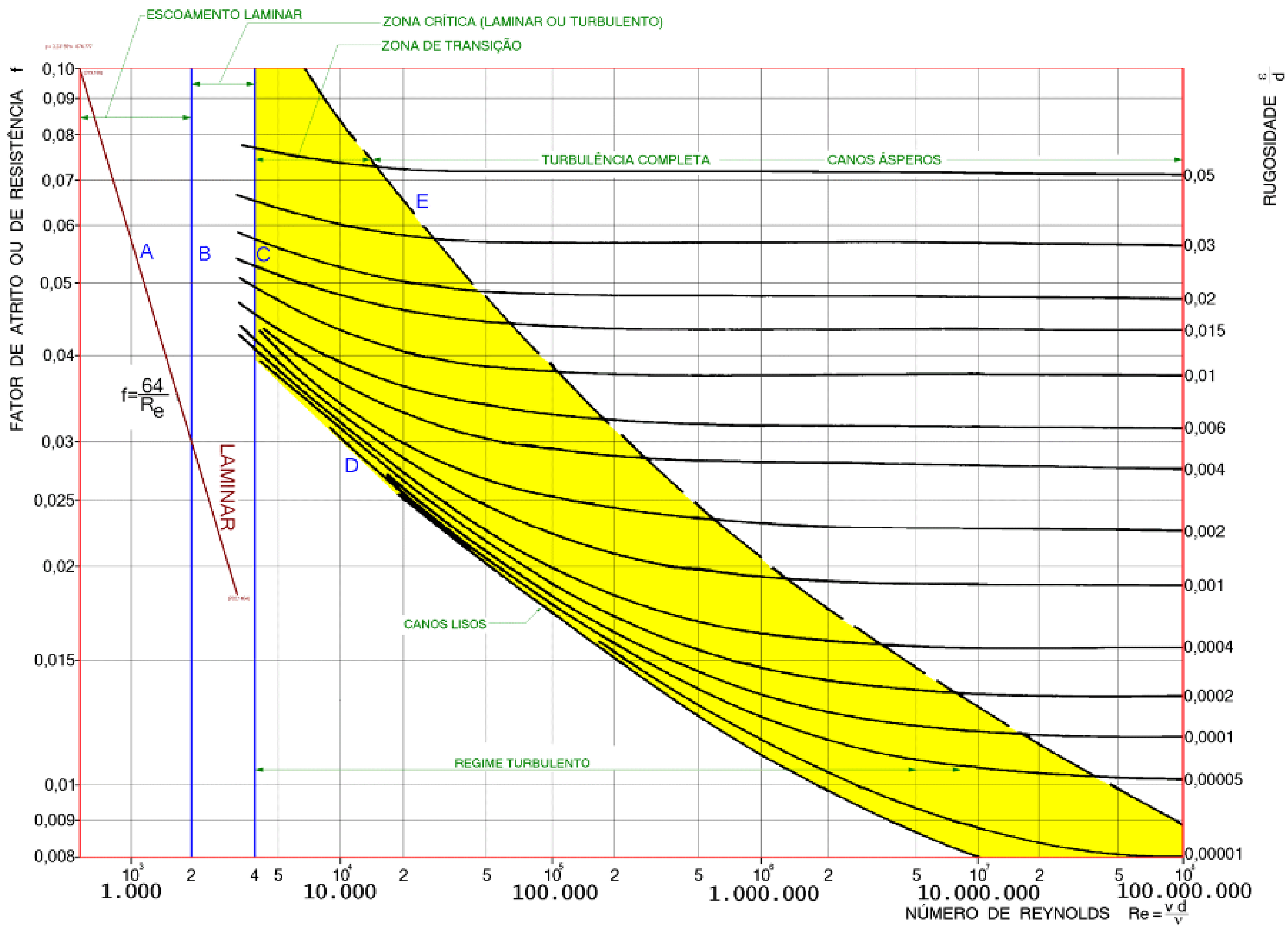
$$\therefore f = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

Para o escoamento turbulento recorre - se aos diagramas :

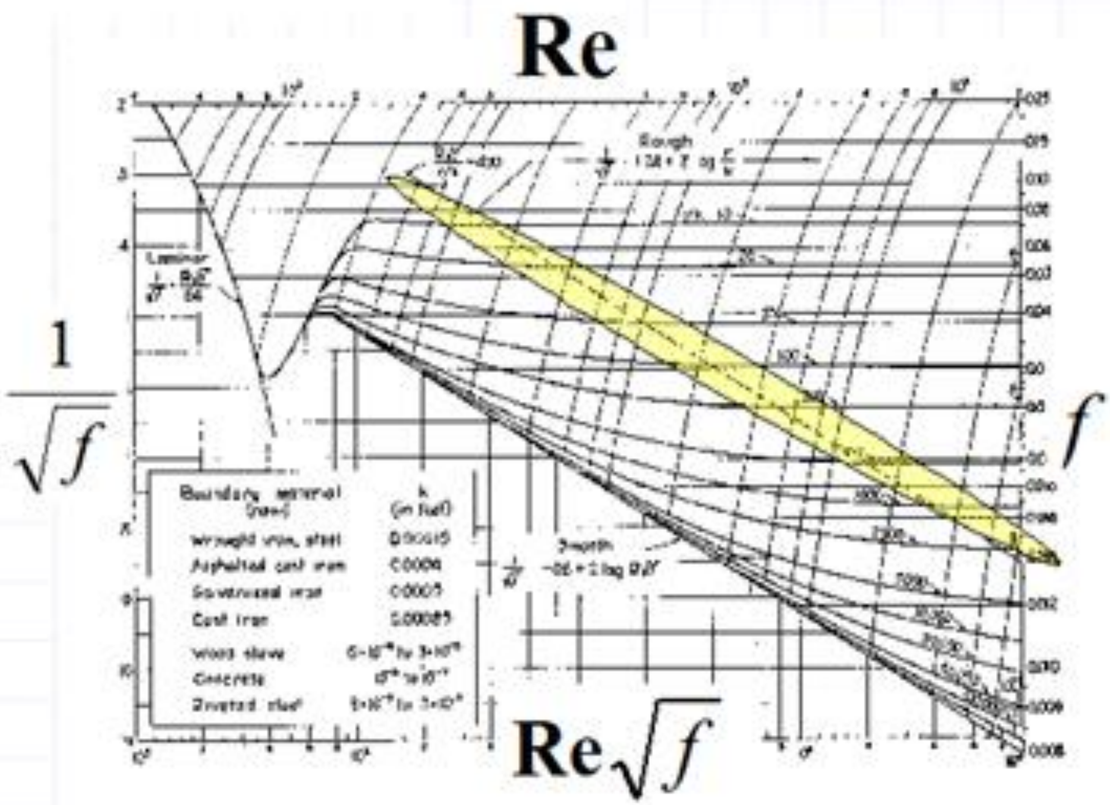
Lewis Moody, 1944



Detalhes do Moody



Hunter Rouse, 1942



Rouse

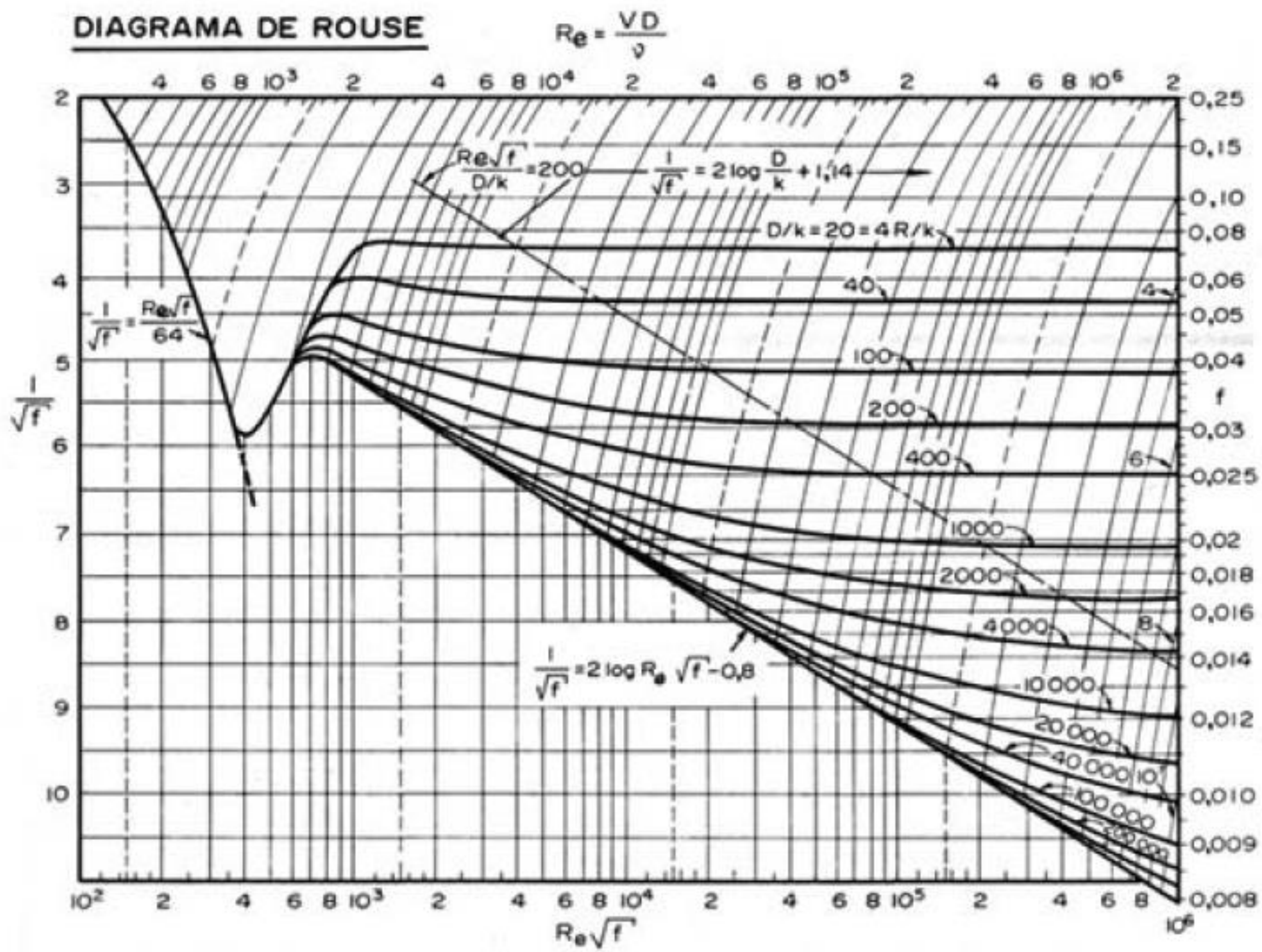
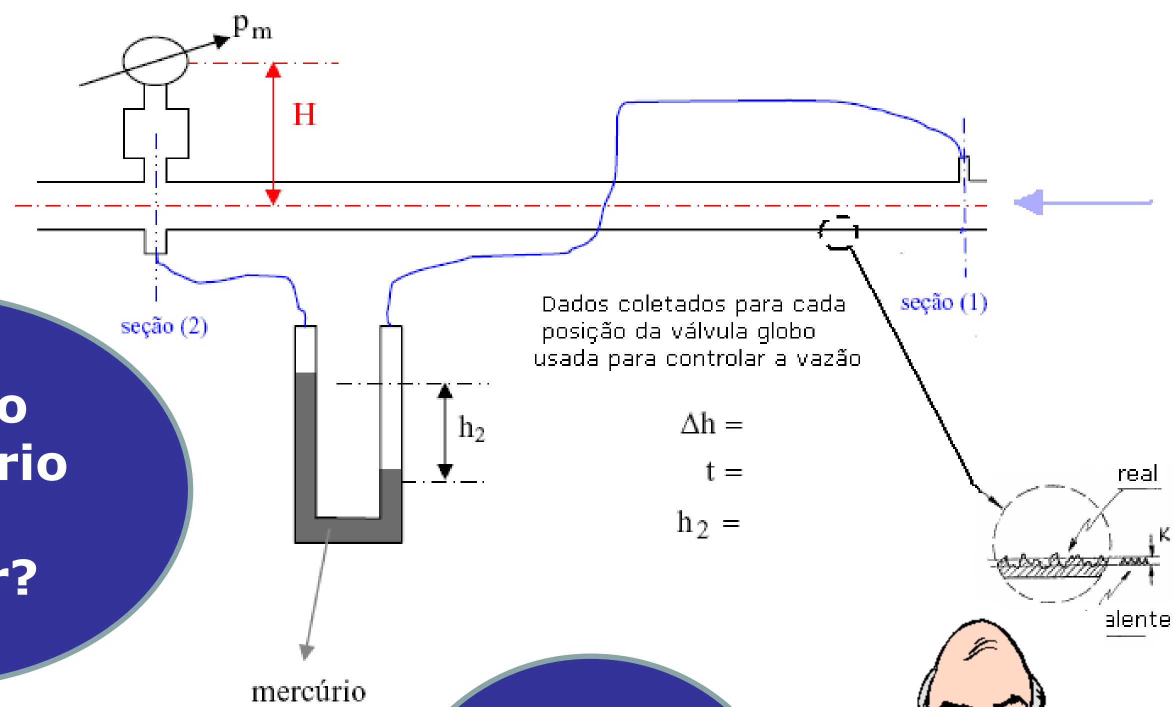


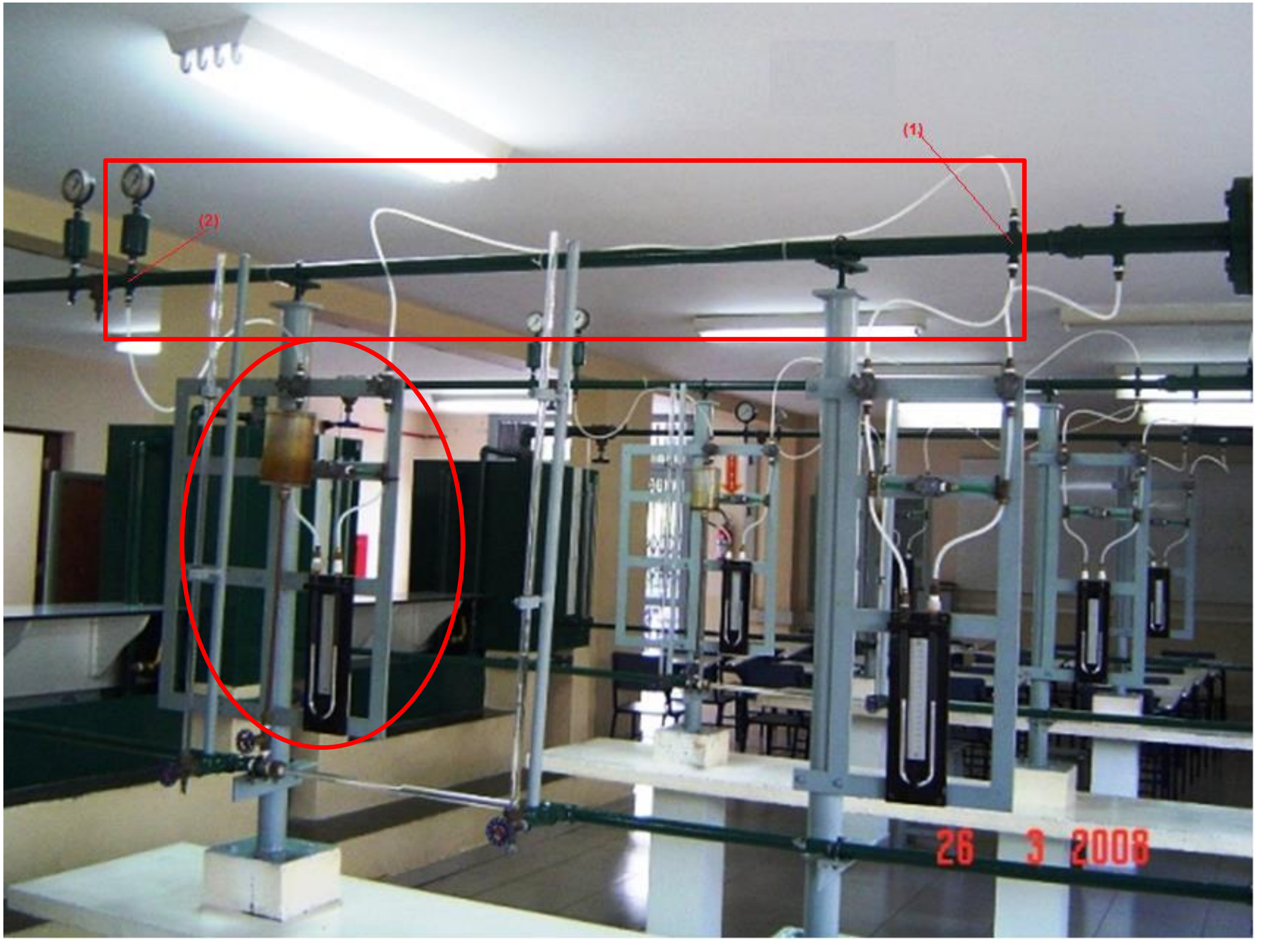
DIAGRAMA DE ROUSE
$R_e = \frac{VD}{\nu}$
$\frac{Re\sqrt{f}}{D/k} = 200$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log\frac{D}{k} + 1,14$
D/k = 20 = 4 R/k
$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{Re\sqrt{f}}{64}$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log R_e\sqrt{f} - 0,8$
40
100
200
400
1000
2000
4000
10000
20000
40000
100000
200000
$\frac{1}{\sqrt{f}}$
f
$R_e\sqrt{f}$

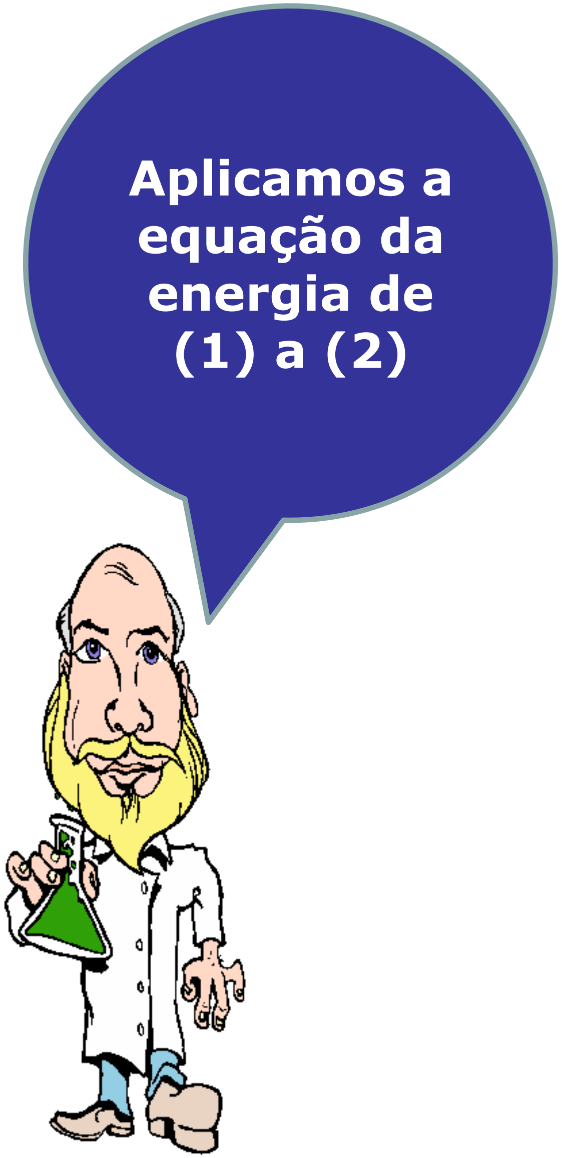
E para o laboratório como calcular?



Vamos localizar o esquema acima na bancada.

Trecho da bancada do laboratório





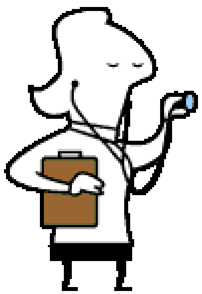
$$H_1 = H_2 + H_{p_{1-2}}$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f_{1-2}}$$

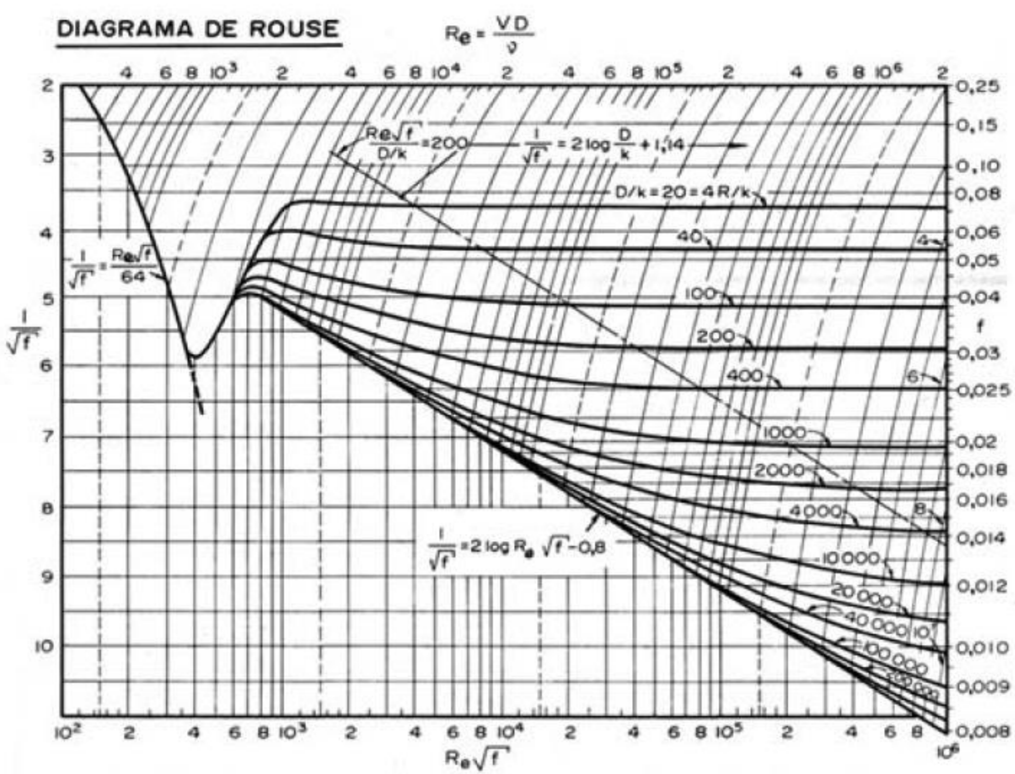
$$h_{f_{1-2}} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right) = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

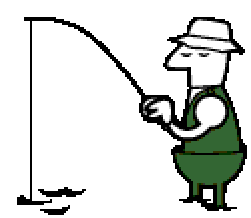
$$f = \frac{h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right) \times D_H \times 2g}{L \times v^2}$$

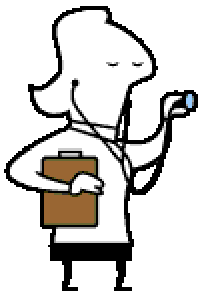
$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \rightarrow Q = \frac{A_{tanque} \times \Delta h}{t}$$



Nesta experiência, com o f e o Re, estime o valor da rugosidade K





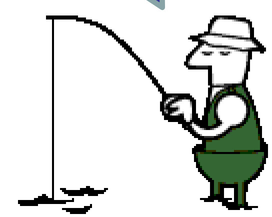


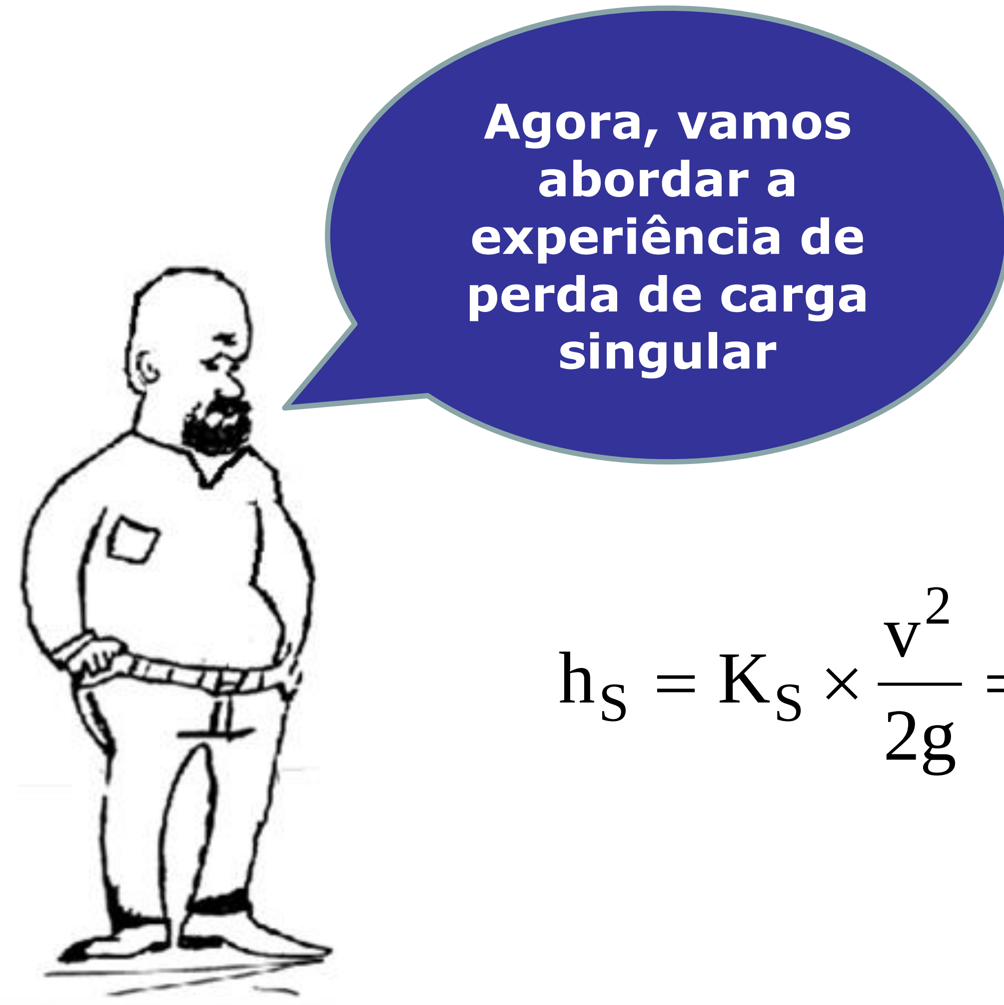
Vamos também obter a representação gráfica da perda distribuída em função da vazão

$$h_f = f(Q)$$

Onde a vazão novamente será determinada de forma direta.

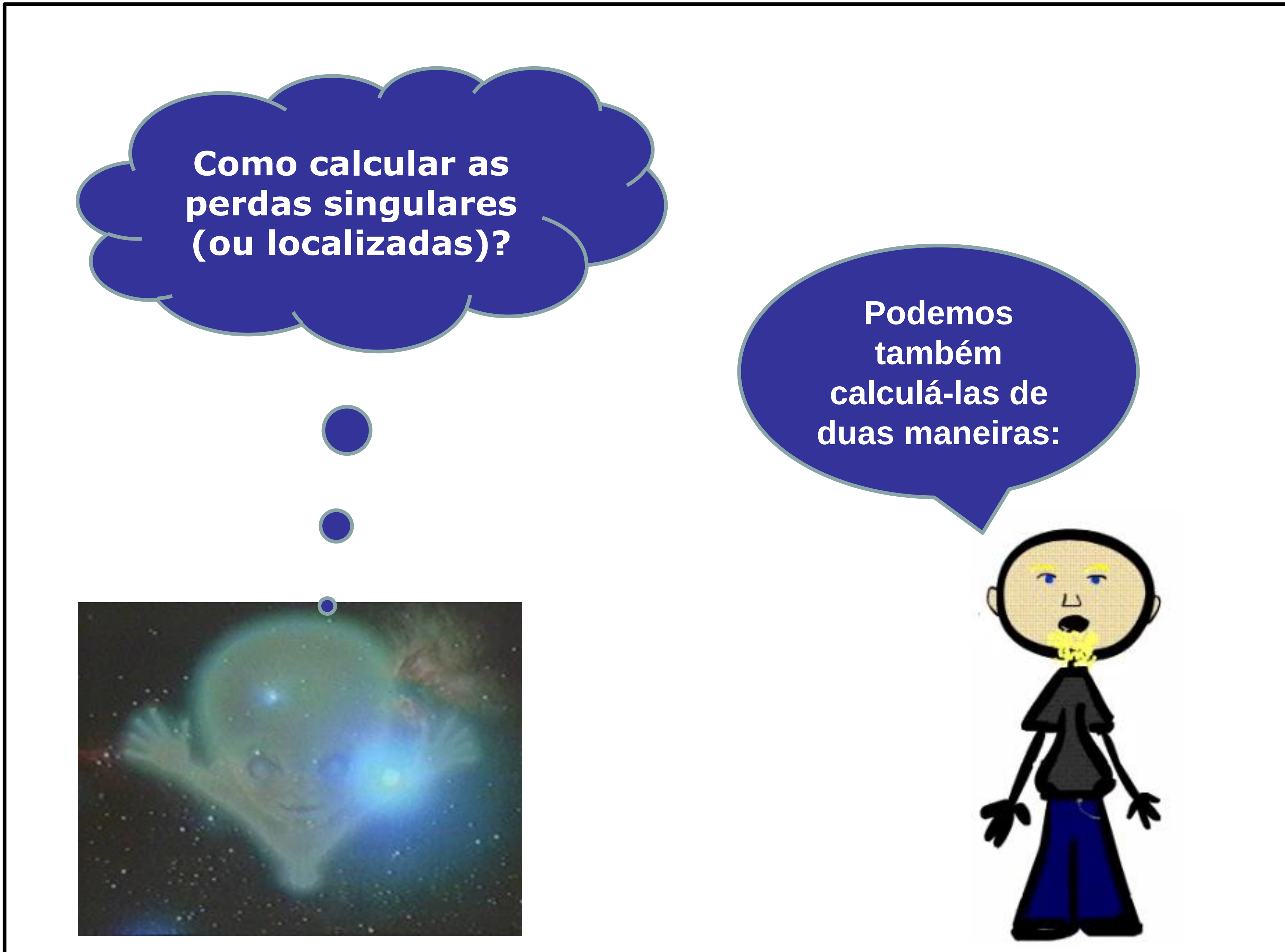
$$Q = \frac{V}{t}$$





$$h_S = K_S \times \frac{v^2}{2g} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

Exemplos de singularidades


Como calcular as perdas singulares (ou localizadas)?
Podemos também calculá-las de duas maneiras:

$$h_S = K_S \times \frac{v^2}{2g} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$K_S \rightarrow$ coeficiente de perda singular ou localizada

$v \rightarrow$ velocidade média do escoamento

$g \rightarrow$ aceleração da gravidade

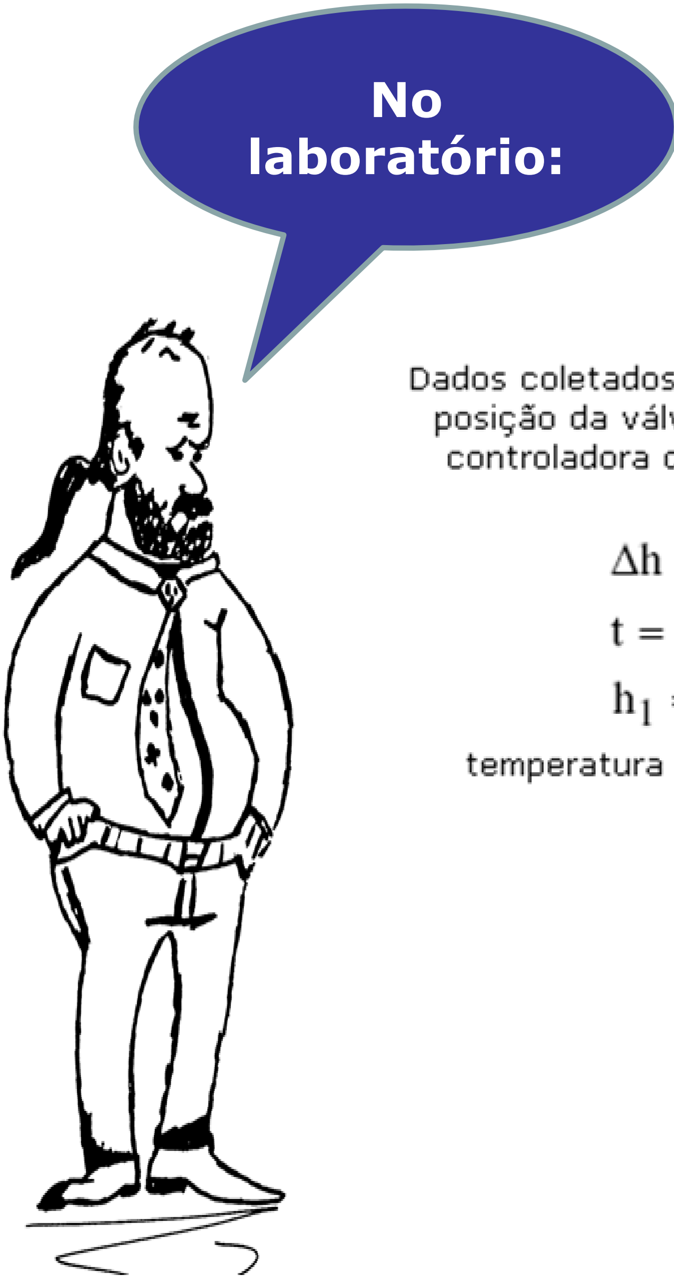
$Q \rightarrow$ vazão do escoamento

$A \rightarrow$ área da seção formada pelo fluido

Existe outra maneira:

$$h_S = f \times \frac{Leq}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

$L_{eq} \rightarrow$ comprimento equivalente $\rightarrow L_{eq} = \dfrac{K_S \times D_H}{f}$



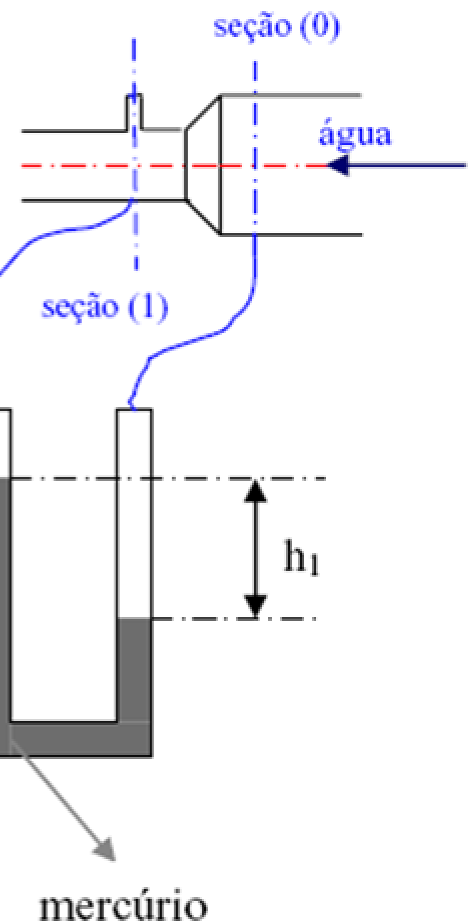
Dados coletados para cada posição da válvula globo controladora de vazão

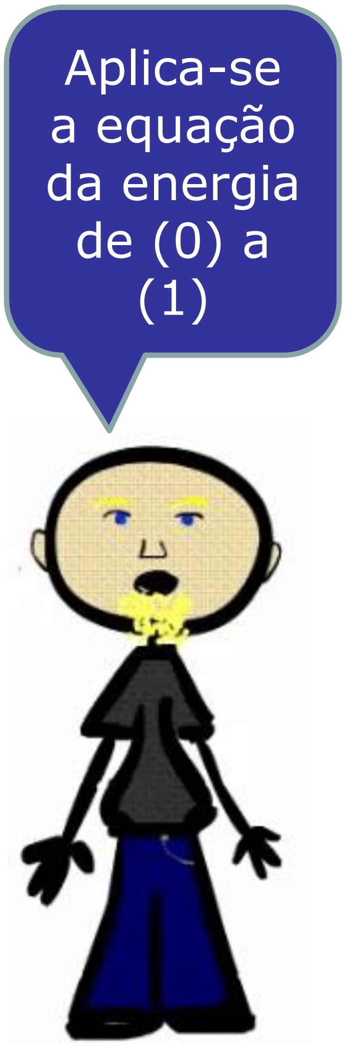
$\Delta h =$

$t =$

$h_1 =$

temperatura =





$$H_o = H_1 + H_{p_{0-1}}$$

$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{s_{0-1}}$$

$$h_{s_{0-1}} = \frac{p_0 - p_1}{\gamma} + \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = K_S \times \frac{v_1^2}{2g}$$

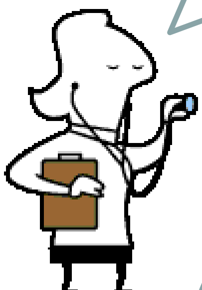
$$\therefore K_S = \frac{\dfrac{p_0 - p_1}{\gamma} + \dfrac{v_0^2 - v_1^2}{2g}}{\dfrac{v_1^2}{2g}}$$

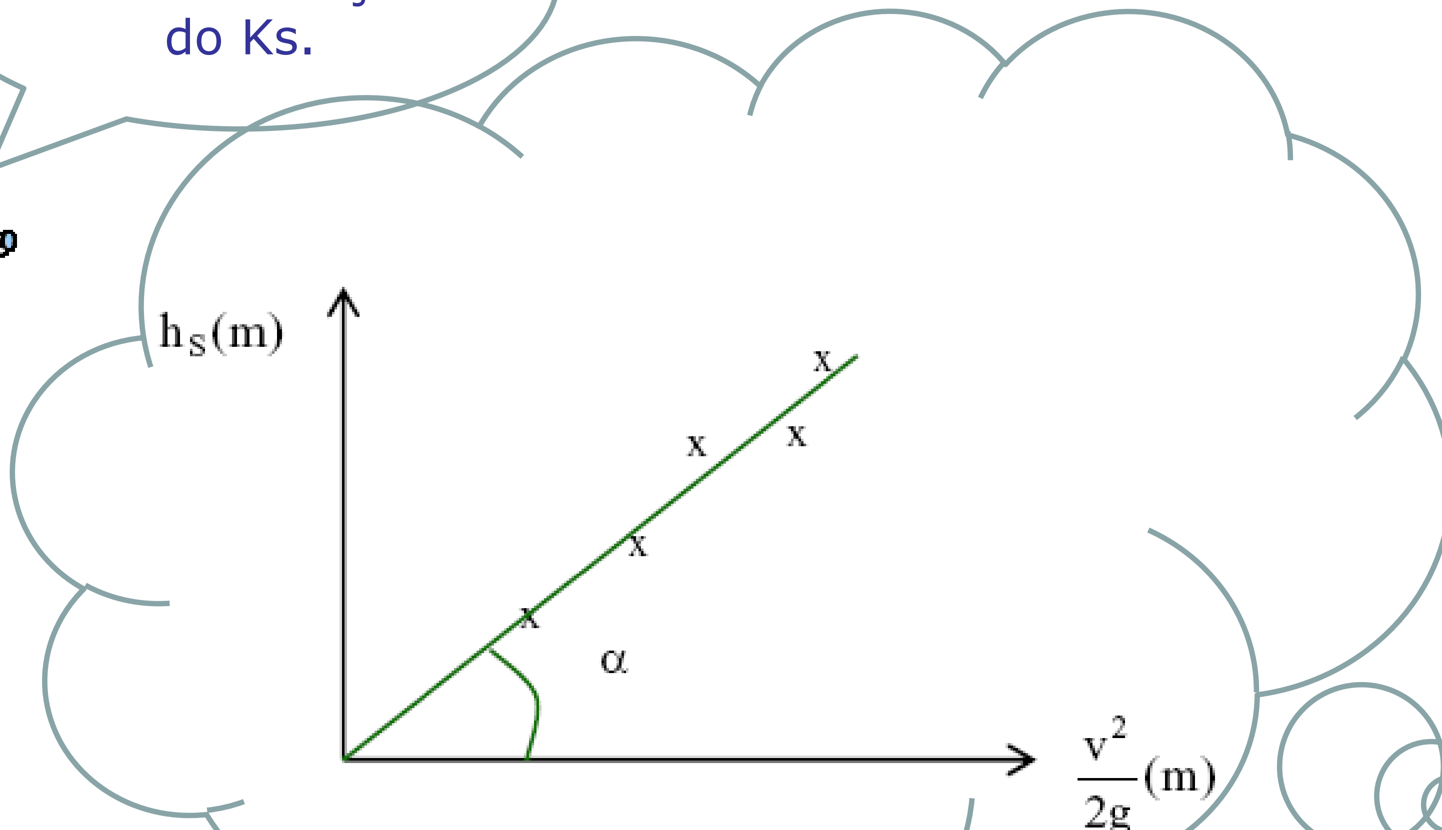
$$tg\alpha = K_S$$

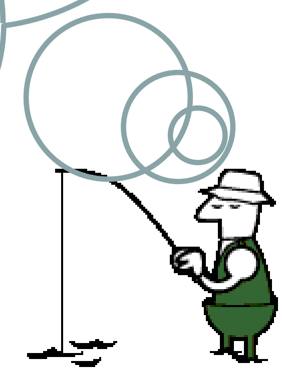
$$y = \text{número} \times x \Rightarrow y = h_S \rightarrow x = \frac{v^2}{2g}$$

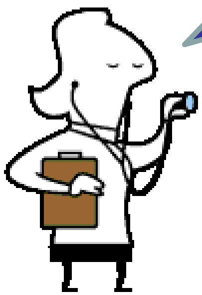
$$\text{número} = K_S$$

Pede-se também a determinação do Ks.



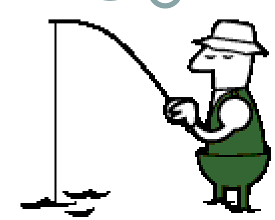


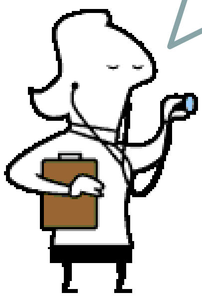




Com K_S e o f, podemos calcular o L_{eq}

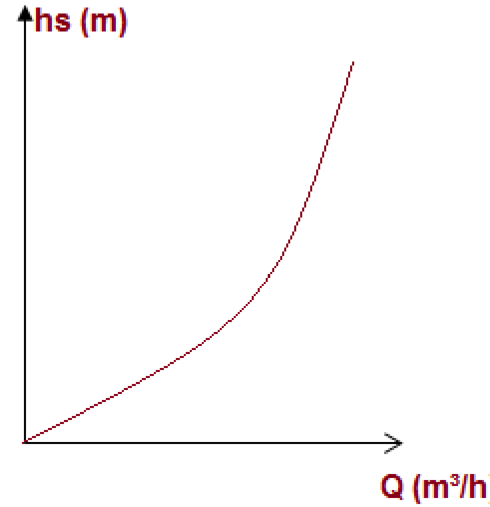
$$L_{eq} = \frac{K_S \times D_H}{f}$$

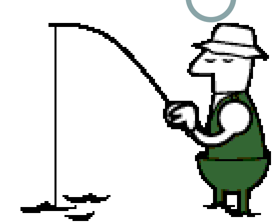




Pede-se também:

$$h_S = f(Q)$$





Trecho para determinação da perda singular

Tabela de dados

Ensaio	h_1 (cm) da perda distribuída	h_2 (cm) da perda singular	Δh (cm)	t(s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Exercícios

1

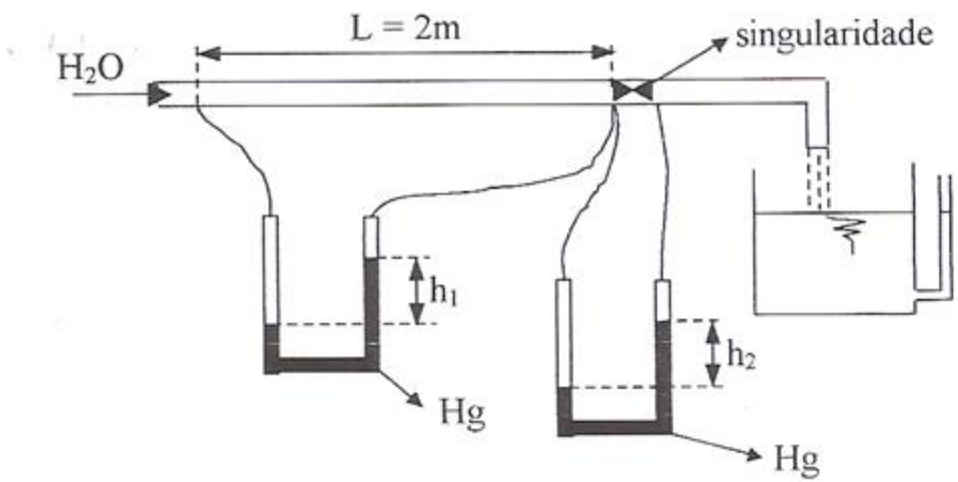
Na experiência de perda de carga distribuída, um aluno preencheu a primeira linha da tabela abaixo, mas posteriormente verificou que o diâmetro do tubo utilizado para os cálculos estava errado, sendo que o verdadeiro tinha 2 mm a menos.

1. Qual o verdadeiro valor do coeficiente de perda de carga distribuída?
2. Qual o comprimento da tubulação?

Δh (m)	t (s)	Q (L/s)	v (m/s)	h (m)	h_f (m)	f
0,2	24	2,27	2,23	0,033	0,395	0,023

2

As experiências de perda de carga distribuída e singular foram realizadas simultaneamente no laboratório. Baseado na figura e nos dados, preencher as lacunas na tabela mostrando os cálculos abaixo.



Dados:

$\nu = 10^{-6} m^2/s$

$A_{tanque} = 0{,}5 m^2$

$D_{tubo} = 5cm$ (constante)

$\gamma_{H2O} = 1000 kgf/m^3$

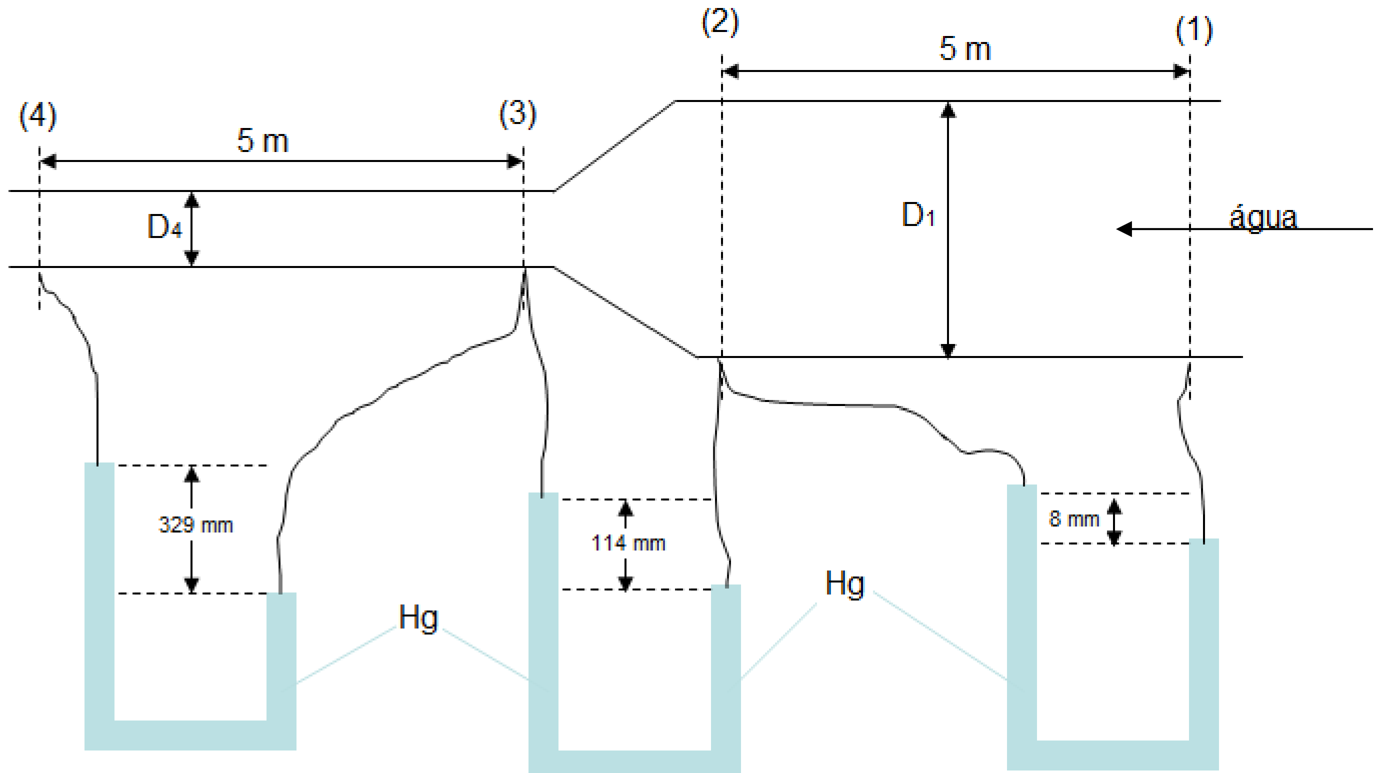
$\gamma_{Hg} = 13600 kgf/m^3$

Δh	t	h_1	h_2	Q	v	h_f	f	Re	h_s	k_s	L_{eq}
cm	s	cm	cm	L/s	m/s	m	-	-	m	-	m
5		1,3						10^5		8	

3

Na experiência de perda de carga singular utilizou-se trecho da bancada esquematizada a seguir. O tanque superior tem uma área de seção transversal igual a 0,5 m² e no piezômetro utilizado como medidor de nível observou-se uma subida d'água de 10 cm em um tempo de 25 s. Os tubos tem diâmetro respectivamente D_1 = 50 mm e D_4 = 25 mm, sabendo que o peso específico da água e do mercúrio são respectivamente 9800 N/m³ e 136000 N/m³, pergunta-se:

1. quanto vale o coeficiente de perda de carga singular?
2. qual o seu comprimento equivalente?

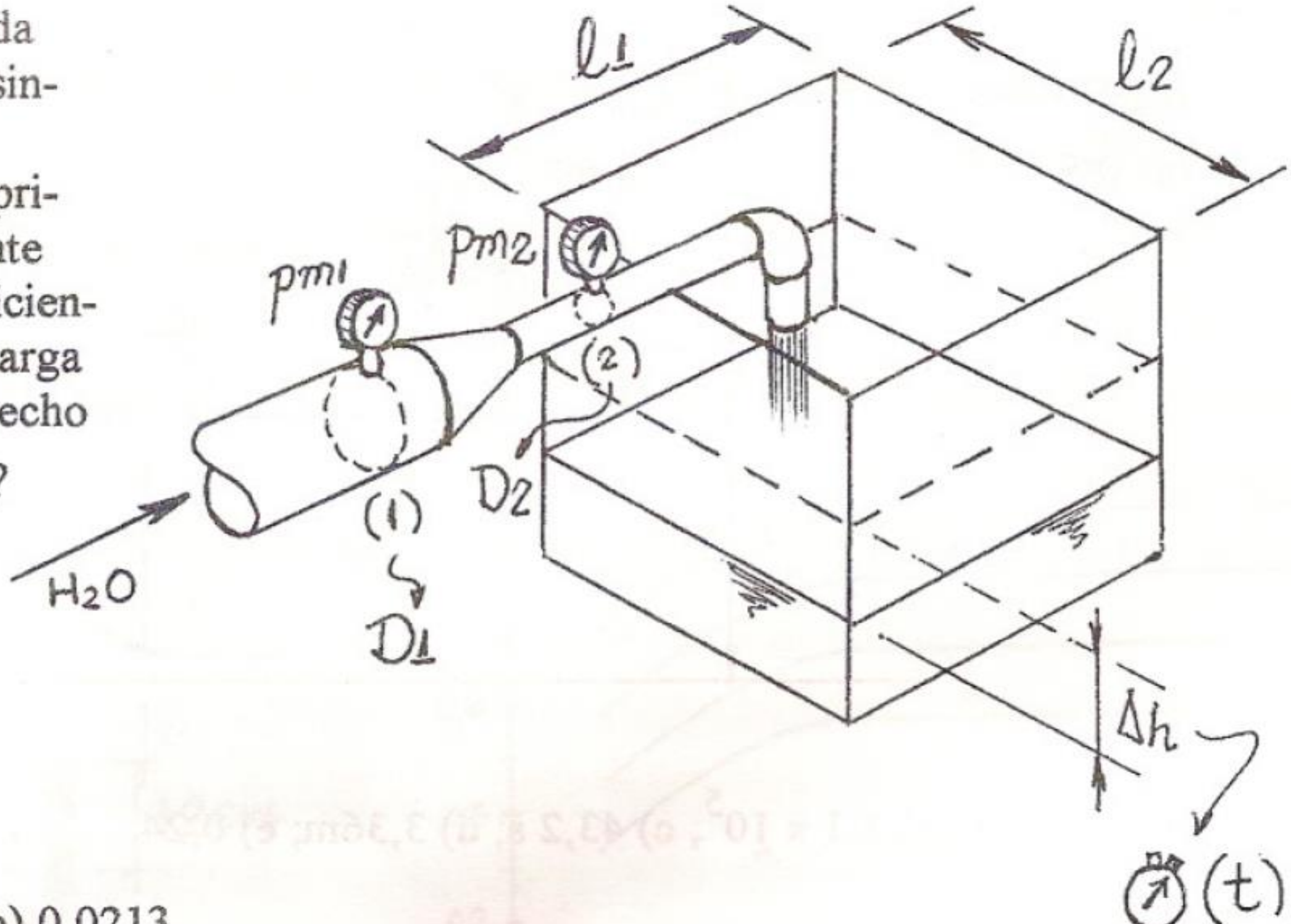


4 (Ref.:Exp.7)

Na Experiência de Perda de Carga Singular, foram obtidos os seguintes dados: p_{m1}= 0,82kgf/cm^2; p_{m2}= 0,70kgf/cm^2; ℓ_1= 60cm; ℓ_2=50cm; t= 30s para Δh=50cm; D_1= 80mm; D_2= 48mm; γ_{H_2O}= 1000kgf/m^3; g= 9,8m/s^2. Pede-se:

a) o coeficiente da perda de carga singular.

b) sendo o comprimento equivalente 5m, qual o coeficiente da perda de carga distribuída no trecho de diâmetro D_2?



Resp.: a) 2,22; b) 0,0213

5

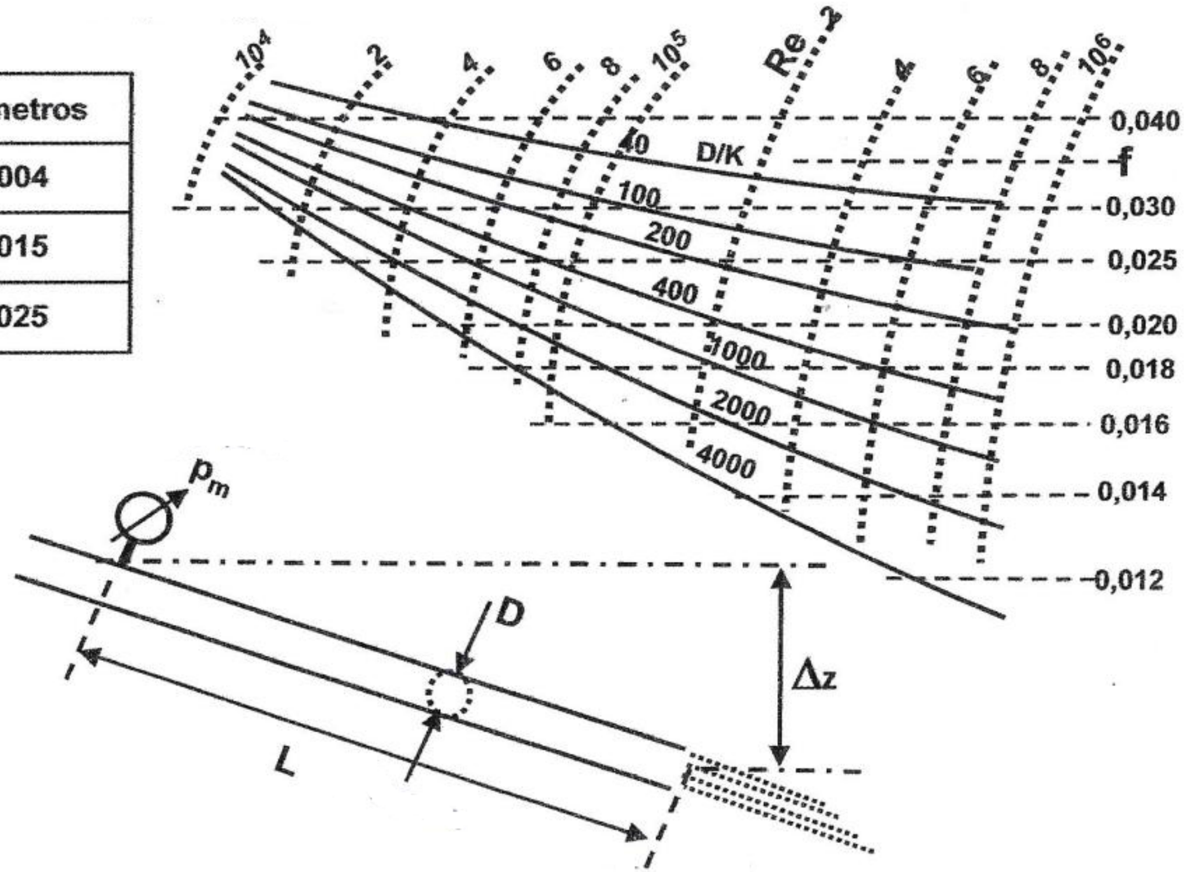
Para a tubulação esquematizada abaixo são dados:

Peso específico do fluido: 8 N/L; viscosidade do fluido: 0,0025 N.s/m^2 ; g = 10 m/s^2 ;
o comprimento da tubulação: L = 95 m; o diâmetro da tubulação: D = 10 cm;
o desnível entre as seções do manômetro e a saída do fluido para a atmosfera: Δz = 2 m;
a leitura do manômetro: p_m = 80 KPa; a vazão em volume de fluido: Q = 25 L/s;
além do diagrama de Moody-Rouse que segue.

material	K em metros
Aço	0,00004
Ferro galvanizado	0,00015
Ferro fundido	0,00025

Pede-se:

a) A perda de carga entre o manômetro e a saída para a atmosfera;
b) O coeficiente de perda de carga distribuida;
c) Identificar o material da tubulação.

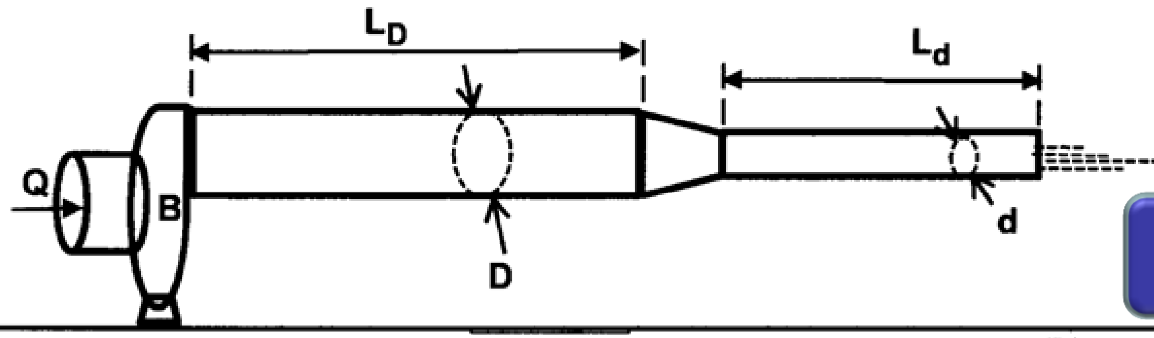


6

No processo industrial de um fluido viscoso ($\nu = 30\ mm^2/s$), ficou estabelecida a necessidade de promover um jato deste fluido à pressão ambiente. Foi proposto o dispositivo da figura. A vazão exigida pelo processo é de 3 L/s ; os diâmetros são respectivamente $D = 7$ cm e $d = 2$ cm ; os comprimentos $L_D = 20$ m e $L_d = 0,5$ m . O comprimento equivalente da redução, segundo o catálogo é de 0,5 m . O peso específico do fluido é de 8 N/L e $g = 10\ m/s^2$.

Face ao processo produtivo e material dos condutos, a rugosidade equivalente é de 0,2 mm.

Pede-se determinar qual deve ser a pressão de saída da bomba em KPa. Indicar como utilizou o diagrama fornecido.



Resp: 162 kPa