

# Primeira aula de mecânica dos fluidos para engenharia química (ME5330)

09/02/2010

ASSIM COMO A MAÇÃ  
DO NEWTON, VOCÊ TAMBÉM  
NÃO CAIU AQUI POR ACASO.



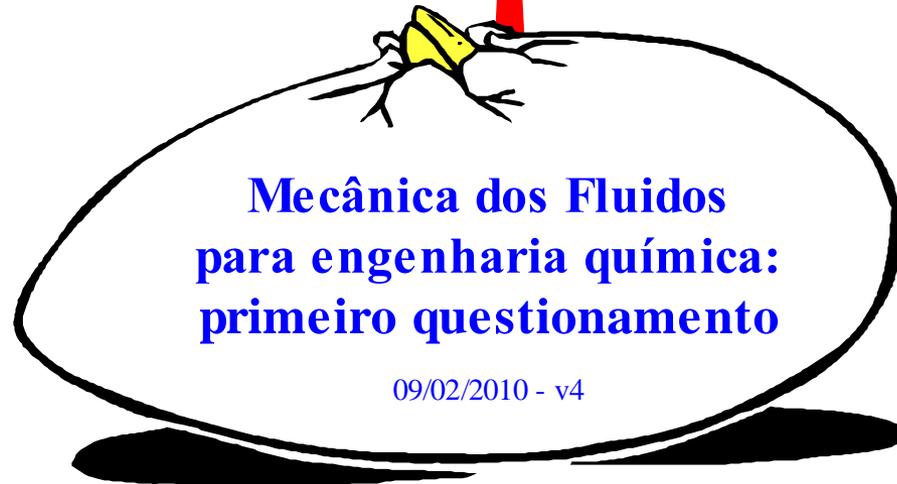
Eu como educador não posso construir  
o seu caminho, mas tenho a obrigação  
de ajudá-lo a construir o seu próprio  
caminho.

**FEI 2010**

**Quem  
questiona,  
evolui.  
FEI**

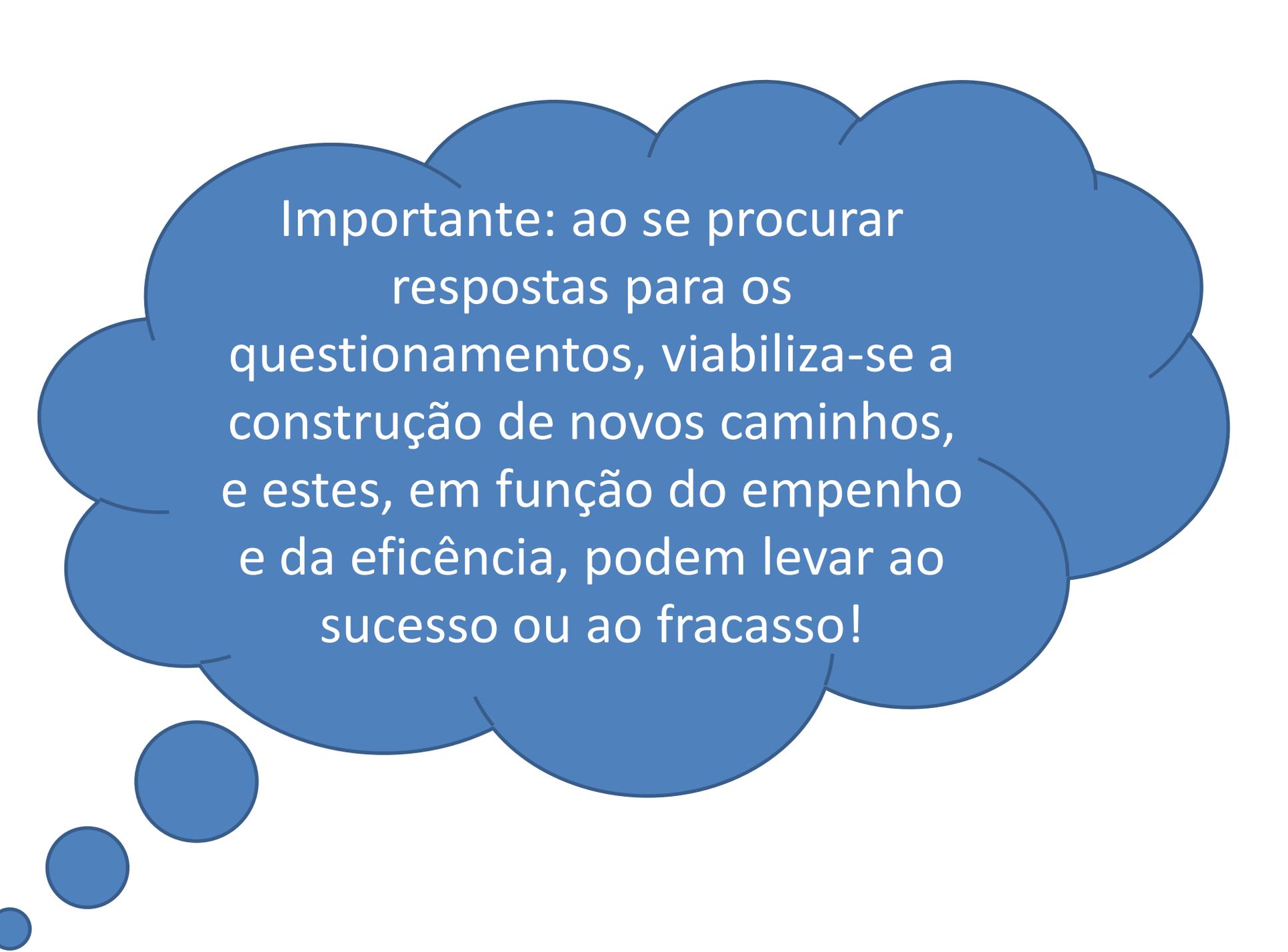
# Questionamento esperado:

após mecflu (ME4310)  
existe mais assuntos  
a serem estudados?

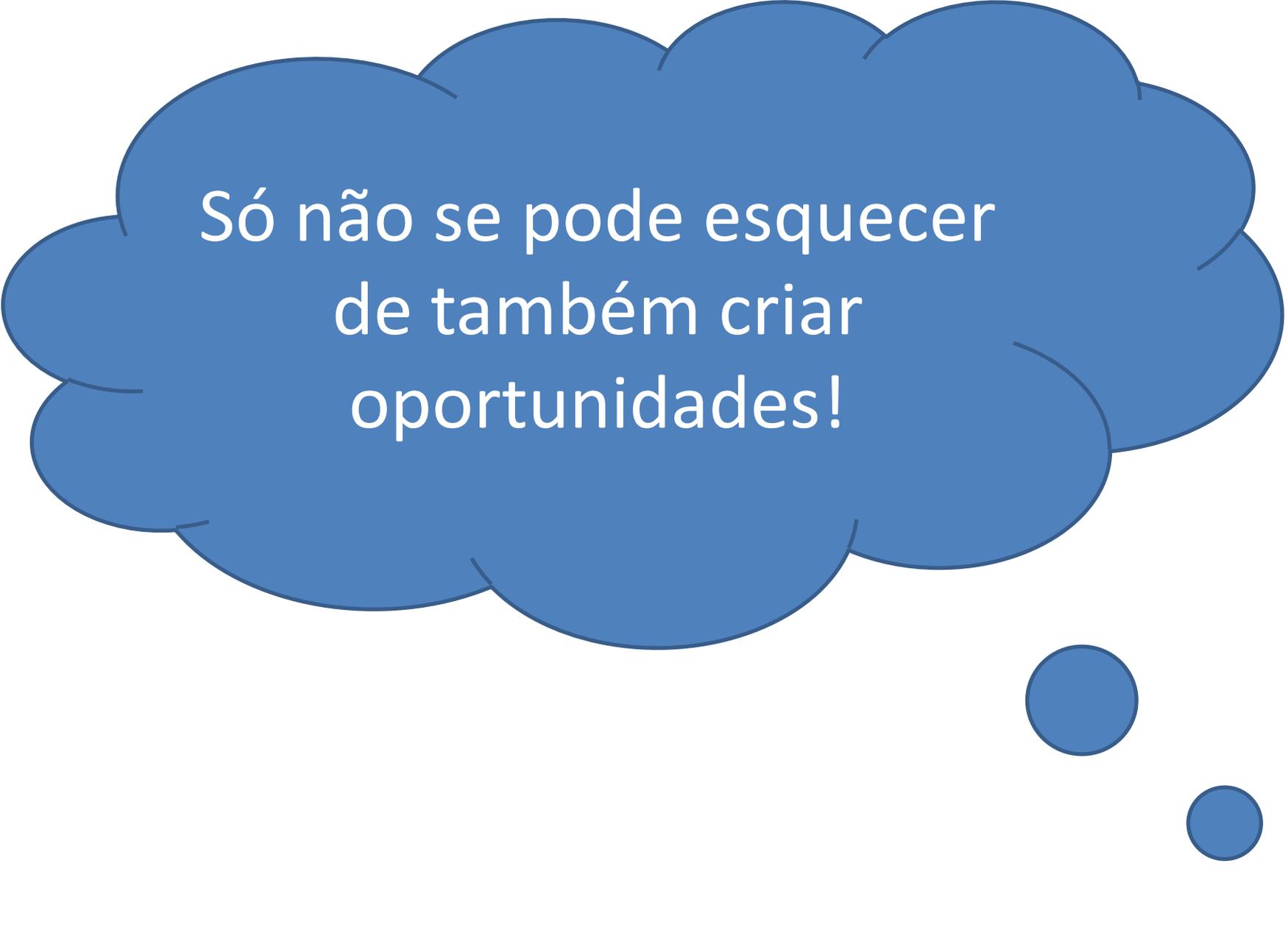


**Mecânica dos Fluidos  
para engenharia química:  
primeiro questionamento**

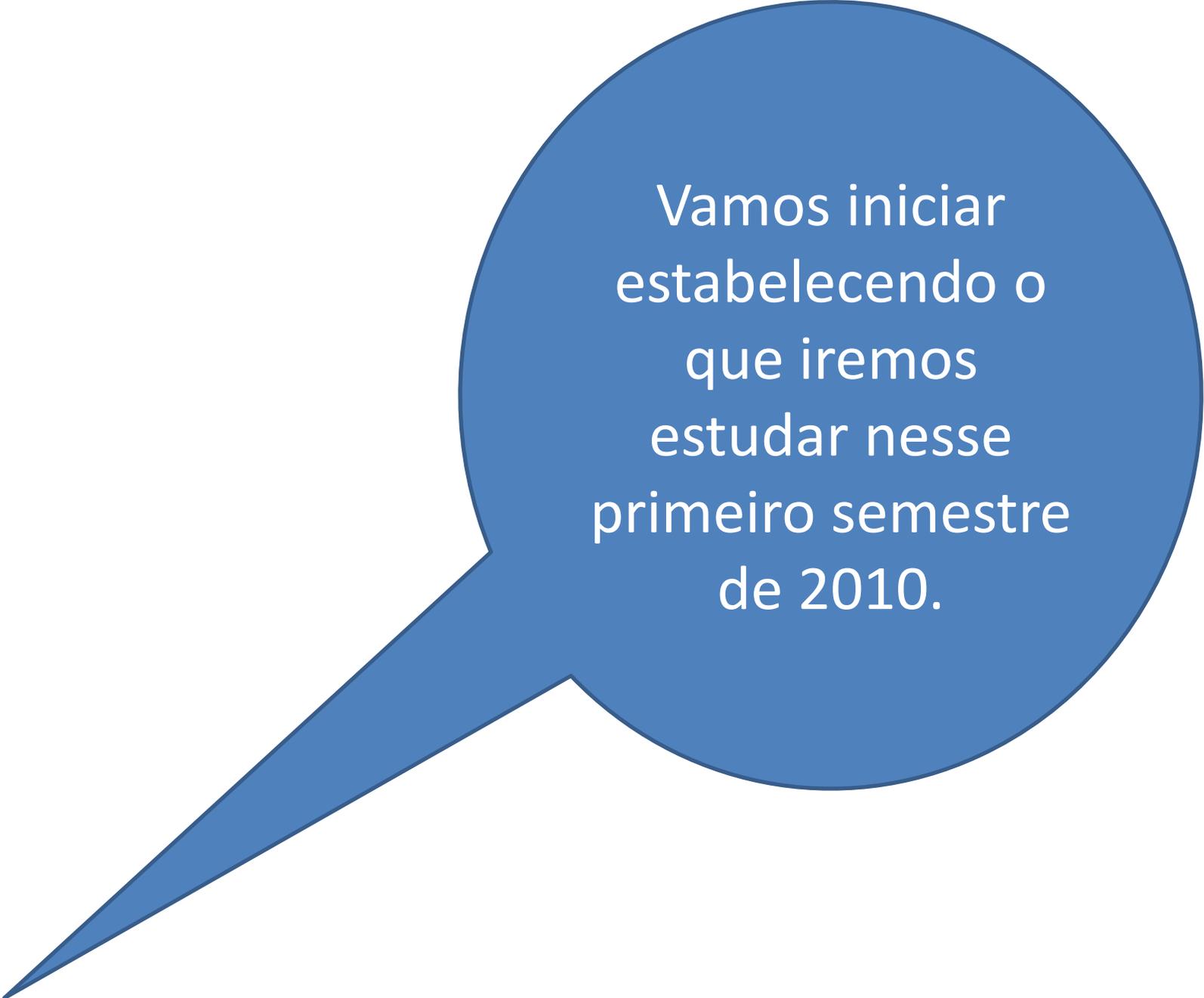
09/02/2010 - v4



Importante: ao se procurar respostas para os questionamentos, viabiliza-se a construção de novos caminhos, e estes, em função do empenho e da eficácia, podem levar ao sucesso ou ao fracasso!



Só não se pode esquecer  
de também criar  
oportunidades!



Vamos iniciar  
estabelecendo o  
que iremos  
estudar nesse  
primeiro semestre  
de 2010.



determinação da CCB  
perdas  
associação de bombas  
inversor de frequência

### experiências

### complementação de ME4310

obtenção de  $HB = f(Q)$   
experiência dos medidores de vazão  
determinação do coeficiente de perda de carga distribuída  
determinação do  $K_s$  e do  $Leq$

### projeto de uma instalação básica de bombeamento

#### dados iniciais

fluido e sua temperatura  
condições  
captação  
distribuição  
vazão desejada

#### etapas

dimensionamento da tubulação  
esboço da instalação determina  
 $L$   
 $Leq$   
variação de  $z$   
equação da CCI  
vazão de projeto  
escolha preliminar da bomba  
fabricante  
aplicação  
determinação  
diâmetro do rotor  
ponto de trabalho  
verificação da cavitação  
custo de operação

### estuda-se

série  
paralelo  
associação de bombas  
inversor de frequência  
utilização  
escoamentos viscosos  
correções das CCBs

# Obtenção da nota de aproveitamento

$$A_{\text{final}} = \text{fator} \times M_{\text{provas}}$$

$$M_{\text{provas}} = \frac{P_1 + 2 \times P_2}{3}$$

$$0,8 \leq \text{fator} \leq 1,2$$

$$\text{fator} = 0,8 \Rightarrow M_{\text{TP}} \leq 4,0$$

$$\text{fator} = 1,2 \Rightarrow M_{\text{TP}} \geq 8,0$$

$$4 < M_{\text{TP}} < 8 \Rightarrow \text{fator} = 0,1 \times M_{\text{TP}} + 0,4$$

TP  $\Rightarrow$  praticamente toda semana e entrega :

me5330@escoladavida.eng.br e sempre até o domingo (até as 20 horas) que antecede a aula.

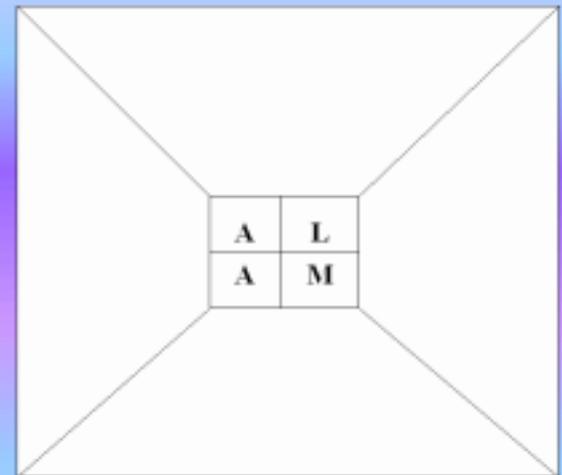
# Primeira atividade

1. Criação de um vídeo de cerca de 3 minutos sobre essa primeira aula
2. Criação de um mp3 (podcast) de cerca de 5 minutos também sobre essa aula.
3. Importante: será exibido na página, portanto se não desejar aparecer deve-se participar com “boneco”, ou ...
4. Devo ver a participação de todos!

# Não esqueçam o engenheiro sem A.L.M.A não é engenheiro



NÃO ESQUEÇAM  
DE EXAMINAR SUA  
ALMA!

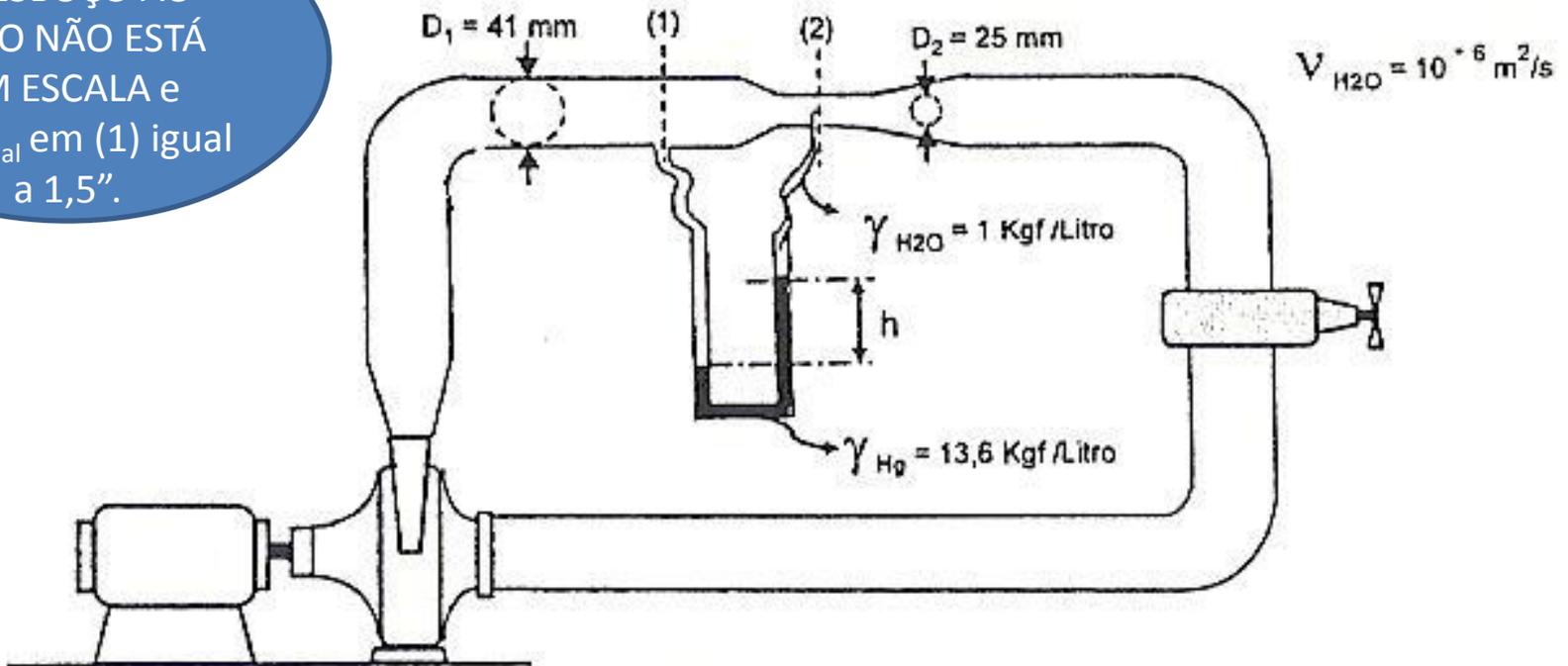


A primeira atividade a ser desenvolvida em sala está alicerçada na primeira questão da P3 de ME5330 do segundo semestre de 2009.

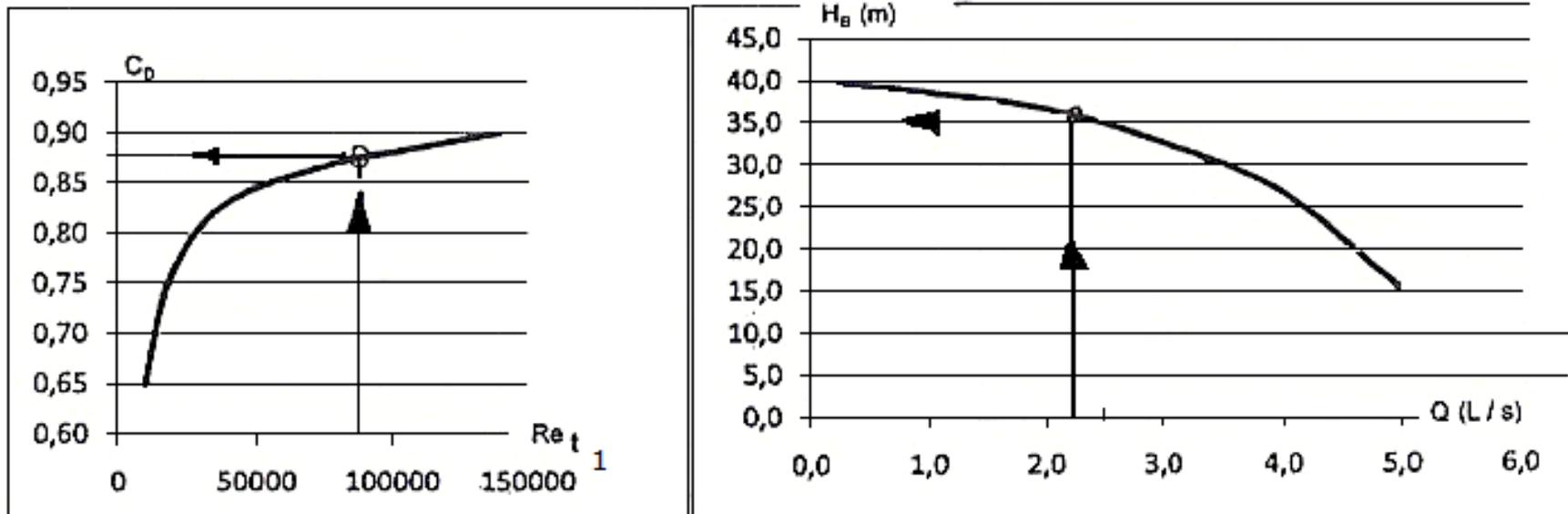
# P3 de ME5330 – Mecânica dos Fluidos para Engenharia Química – 15/12/2009

1ª Questão: Descrevo a seguir uma das questões da segunda prova de ME4310 (Mecânica dos Fluidos) dos cursos de engenharia civil, produção, química, materiais e mecânica do Centro Universitário da FEI.

O ESBOÇO AO LADO NÃO ESTÁ EM ESCALA e  $D_{\text{nominal}}$  em (1) igual a 1,5".



“O tubo venturi e a bomba centrífuga foram ensaiados num laboratório, de forma que os dados obtidos geraram os diagramas que seguem. Pede-se determinar a altura manométrica da bomba para uma leitura do desnível no manômetro  $h = 95$  mm. (indicar nos diagramas como obteve os valores)”



### Solução da questão de ME4310:

Considerando-se fluido ideal ( $\mu = 0$ ), tem-se:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \rightarrow (1)$$



Vou continuar questionando!

1. Qual o nome da equação que deu origem a equação 1?
2. Quais as hipóteses que eram adotadas para a sua obtenção?

# Equação de Bernoulli, onde para sua obtenção adotou-se as seguintes hipóteses:

1. trecho sem máquina hidráulica
2. escoamento considerado incompressível, ou seja, ele é praticamente isotérmico já que a massa específica e o peso específico permanecem constantes
3. escoamento em regime permanente, ou seja, as propriedades, em uma dada seção, não mudam com o decorrer do tempo e os níveis de reservatórios (se existirem) permanecem constantes
4. escoamento sem troca de calor
5. escoamento de um fluido ideal, ou seja, aquele que não apresenta perda de carga ao longo do escoamento, por isso mesmo que a viscosidade do fluido é considerada igual a zero
6. propriedades consideradas constantes na seção do escoamento

Aplicando-se a equação da continuidade entre as seções (1) e (2), tem-se:

$$Q_1 = Q_2$$

$$v_1 \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} = v_2 \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} \therefore v_1^2 = v_2^2 \times \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \rightarrow (2)$$

Como no manômetro em forma de U o fluido encontra-se em repouso, pela equação manométrica, tem-se:

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma) \rightarrow (3)$$

# Novos questionamentos ...

3. Por que o fluido tem que estar em repouso para se obter a equação (3)?
4. Por que a pressão na seção (1) é maior que a pressão na seção (2)?
5. Que tipo de pressões são essas?
6. Existiria algum tipo de pressão na seção (2) que seria maior do que na seção (1)?
7. Como esse novo tipo de pressão seria obtido?
8. A diferença de pressão obtida pela equação (3) estaria em que escala de pressão?
9. Qual a menor pressão efetiva hoje (09/02/2010) na sala IS01? E qual seria seu valor absoluto?

R3. A equação manométrica é na realidade uma regra prática para se obter a diferença de pressões entre dois pontos fluidos em repouso e pertencentes a um fluido contínuo e incompressível!

R4. Em uma seção do escoamento incompressível tem-se as seguintes cargas mecânicas: potencial de posição ( $z$ ), potencial de pressão ( $p/\gamma$ ) e cinética ( $v^2/2g$ ) e na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma, portanto se  $z$  é constante e  $v^2/2g$  aumentou e porque  $p/\gamma$  diminuiu!

R9. Através do barômetro, teríamos a leitura da pressão atmosférica e  $p_{\text{efet}} = -p_{\text{atm}}$  e  $p_{\text{abs}} = 0$

R5. Como as pressões foram medidas perpendicularmente ao escoamento, são pressões estáticas!

R8. A diferença de pressão é a mesma, tanto na escala efetiva como na absoluta, pois:

$$p_{\text{abs}} = p_{\text{efet}} + p_{\text{atm}}$$



Ao me formar adquiri conhecimentos que possibilitam as respostas:

R6 e R7. Sim seria a pressão dinâmica que é obtida na transformação da carga cinética em carga de pressão!

Das equações (1), (2) e (3), tem-se:

$$v_{2\text{teórica}} = \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 0,095 \times 12,6}{1 - \left(\frac{25}{41}\right)^4}} \cong 5,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{teórica}} = v_{2\text{teórica}} \times A_2 = 5,27 \times \frac{\pi \times 0,025^2}{4} \cong 2,59 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2,59 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

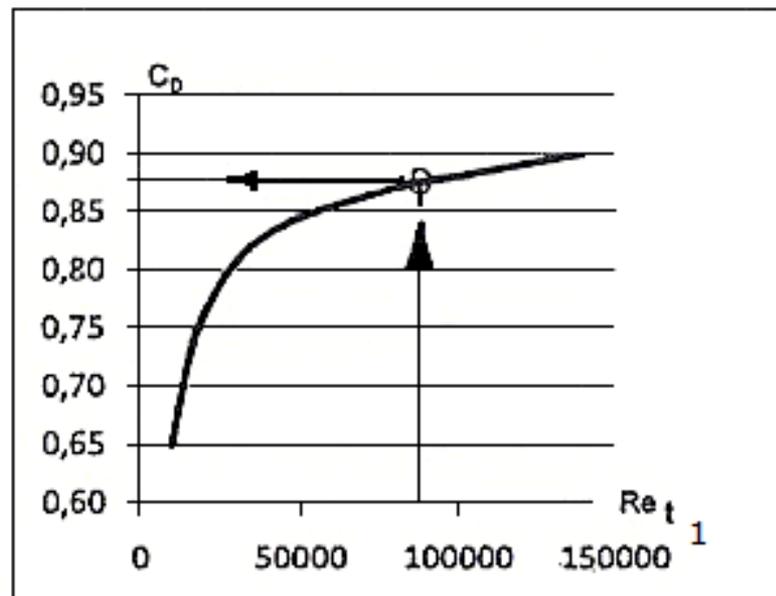
Através da equação da continuidade aplicada aos escoamentos incompressíveis, tem-se:

$$v_{1\text{teórico}} = \frac{4 \times Q_{\text{teórica}}}{\pi \times D_1^2} = \frac{4 \times 2,59 \times 10^{-3}}{\pi \times 0,041^2} \cong 1,96 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Re}_{1\text{teórico}} = \frac{v_{1\text{teórico}} \times D_1}{\nu} = \frac{1,96 \times 0,041}{10^{-6}} = 80360 \cong 8 \times 10^4$$

Através da curva característica do venturi, obtém-se o coeficiente de vazão, ou descarga

$$C_D = 0,87$$



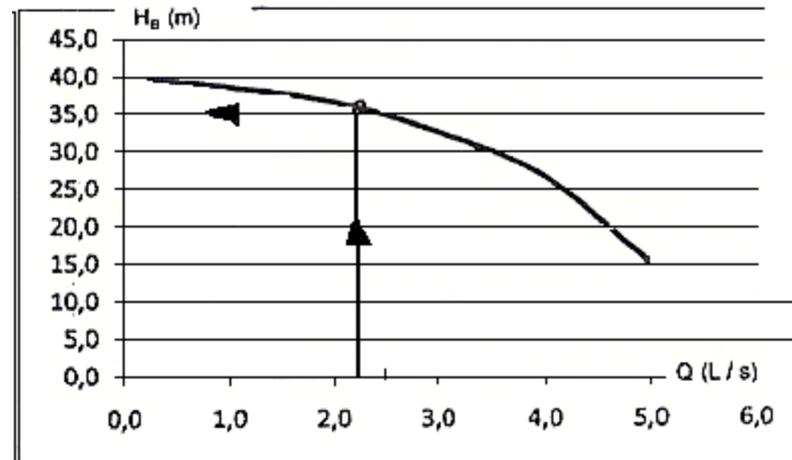
Portanto:

$$Q_{\text{real}} = C_D \times Q_{\text{teórica}} = 0,87 \times 2,59$$

$$Q_{\text{real}} = 2,25 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Com a vazão real na curva característica da bomba se obtém a carga manométrica da mesma:

$$H_B = 35 \text{ m}$$



Sabendo-se que os fluidos considerados (água e mercúrio) encontram-se a 22°C, que o tubo considerado na bancada é aço 40 (norma ANSI B3610), que a relação entre o diâmetro da garganta do venturi e o da tubulação é 0,6 ( $\beta = D_2/D_1$ ), que o comprimento do medidor de vazão tipo venturi é desprezível comparado com o tamanho da tubulação que constitui a bancada e que a mesma representa um circuito fechado, pergunta-se:

- a. Você faria alguma(s) correção(ões) na solução apresentada anteriormente? Em caso afirmativo, demonstre o que ela(s) resultaria(m).
- b. Levando em consideração o ponto de trabalho da bomba apresentado na solução de ME4310 e no que eventualmente você obteve no item a, especifique o comprimento total da tubulação ( $L_{\text{total}} = L_{\text{tub}} + \sum L_{\text{eq}}$ ).

Os caminhos vão sendo  
construídos ao se “caminhar  
com as próprias pernas”, ou  
seja, pode-se recorrer as  
bibliografias básicas, mas não  
a só elas, deve-se ampliar a  
pesquisa bibliográfica e  
quase sempre **NÃO SE DEVE  
FICAR PRESO AS ANOTAÇÕES  
DE AULAS.**

Pensando nisso, e  
reproduzindo  
pesquisas  
bibliográficas  
possíveis se fornece  
para a solução  
desta atividade as  
referências a seguir:

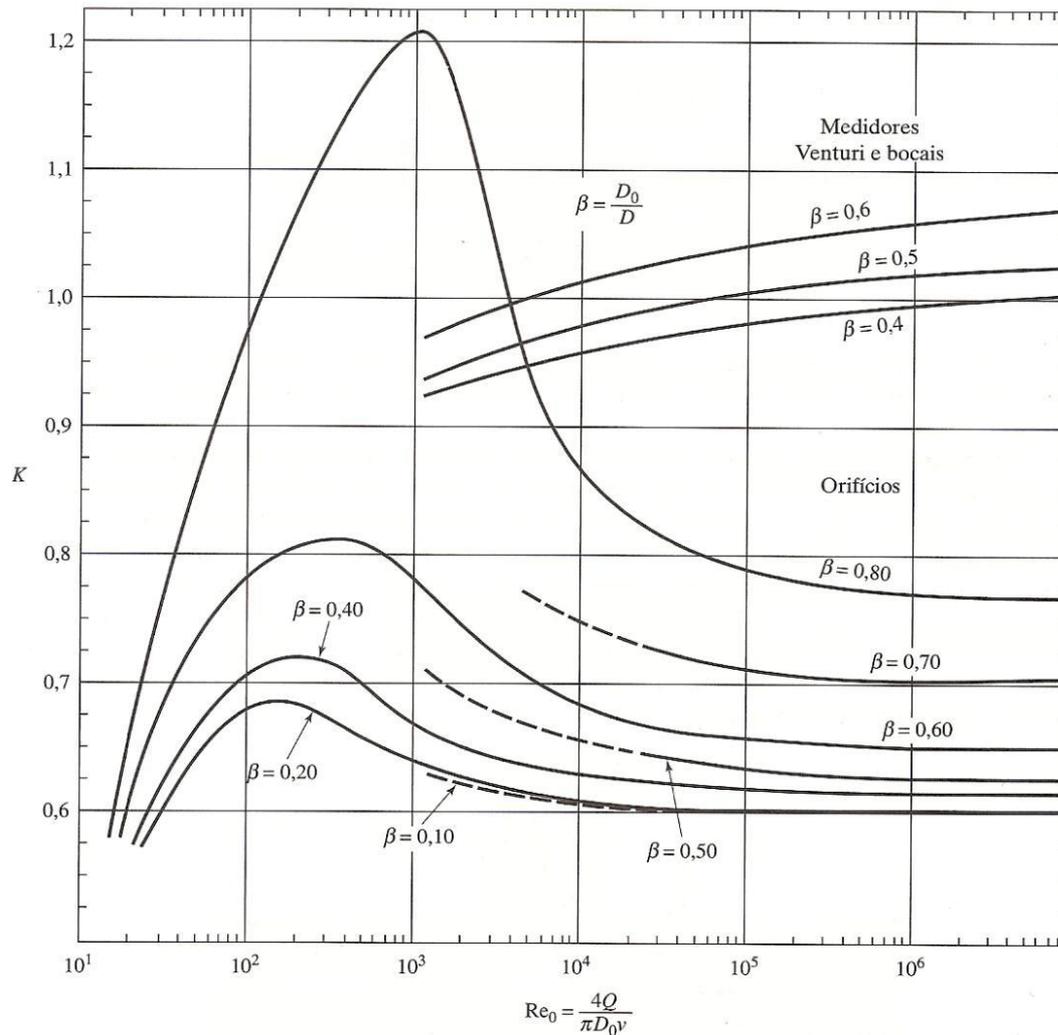


Segundo o professor Franco Brunetti e seu livro que é adotado com bibliografia básica, tem-se:

Capítulo 8 ■ Noções de instrumentação para medida das propriedades dos fluidos... ■ 217

No caso dos tubos Venturi, o coeficiente  $C$  depende também do  $Re$  e de  $\frac{D_2}{D_1}$ ; no entanto, a sua variação é pequena, podendo em geral ser dotado entre 0,95 e 0,99, sendo os valores mais altos para os maiores diâmetros e os mais baixos para os menores.

Expressão e gráfico a seguir (figura 13.10) extraídos do livro Mecânica dos Fluidos escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert (páginas 533 e 534) e editado pela THOMSON (3a edição)



$$K = \frac{C_D}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

**FIGURA 13.10** Coeficiente de escoamento  $K$  versus o número de Reynolds para medidores de orifícios, bocais e Venturi. (Adaptado de Roberson e Crowe, 1990.)

## Segundo Azevedo Netto2 (Figura 17.9):

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g},$$

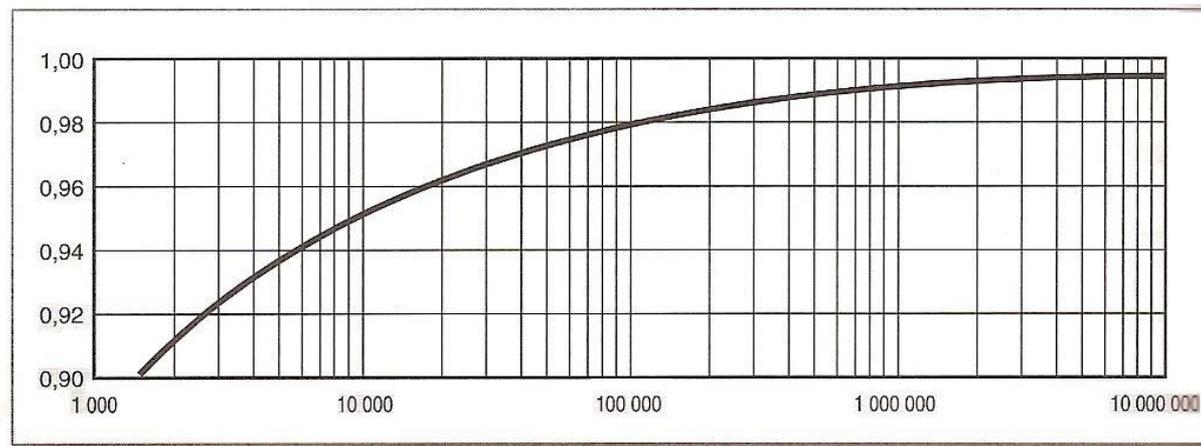
$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} = h = \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2),$$

$$v_1^2 = \frac{Q^2}{A_1^2} \text{ e } v_2^2 = \frac{Q^2}{A_2^2} \therefore h = \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right),$$

$$Q = \sqrt{\frac{2g}{\left( \frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right)}} \sqrt{h} = m\sqrt{h} \text{ ou } Q = m\sqrt{h}$$

Deve-se, ainda, introduzir um coeficiente corretivo  $k$ , de modo que

$$Q = km\sqrt{h}.$$



**Figura 17.9** – Valores do coeficiente  $k$  em função do número de Reynolds (escala logarítmica)

10. Considerando apenas os dados anteriores e o gabarito referente a questão de ME4310, o que se pode concluir?

11. No que a temperatura dada para a água e mercúrio influencia?

12. Qual o valor aproximado da aceleração da gravidade na sala IS01?

13. Por que pensar em norma (ANSI B3610) para a tubulação?

Torna-se engenheiro no instante que se tem confiança para construção do seu próprio saber. (Raimundo Ferreira Ignácio)