

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**PME 2237 – MECÂNICA DOS FLUIDOS – PRIMEIRA PROVA – P2 - 14/05/10**  
**duração 100 min**

**1º Questão** (valor 3,5 pontos)

Um fluido incompressível de massa específica  $1500 \text{ kg/m}^3$  e viscosidade  $1,5 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$  escoam em um recipiente com uma entrada e duas saídas, conforme esquematizado na figura. O escoamento numa das saídas é uniforme, com velocidade  $V_3 = 0,6 \text{ m/s}$ . Na entrada 2 o escoamento tem um perfil de velocidade cujo campo é dado pela seguinte equação:

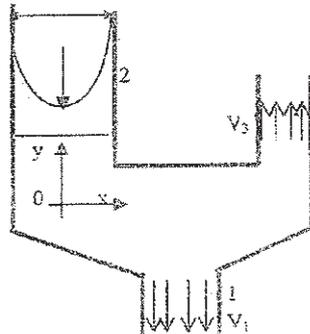
$$\vec{V} = \left[ 4 \left( \frac{r}{D} \right)^2 - 1 \right] \vec{j}$$

Pedem-se:

- Escrever a equação da continuidade a partir da equação integral escrita abaixo, dando o significado de cada um dos seus termos. Simplifique essa equação para o problema em questão (0,5 pts.)
- Determinar a velocidade  $V_1$  na seção (1). (1,5 pts.)
- Determinar a vazão em massa na seção (2). (1,0 pts.)
- Verificar se o escoamento é laminar ou turbulento na seção de entrada (2). Justificar claramente a resposta. (0,5 pts.)

**Dados:**  $D_1 = 0,8 \text{ m}$ ;  $D_2 = 1,0 \text{ m}$ ;  $D_3 = 0,5 \text{ m}$ ;

**Formulário:**  $\left( \frac{dN}{dt} \right)_{\text{sistema}} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{\text{VC}} \eta \rho dV + \int_{\text{SC}} \eta \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA$



**2ª Questão** (3,5 pontos):

Uma esfera e um cilindro com superfícies lisas têm seus coeficientes de arrasto ( $C_d$ ), obtidos em ensaios em túnel de vento, no intervalo de números de Reynolds 20.000 a 200.000, praticamente constantes e iguais a 0,5 e 1,2 respectivamente. Pede-se:

- Calcular a velocidade média do escoamento de ar que foi medida nesse túnel de vento através de um tubo de Pitot posicionado em uma linha de corrente, sabendo-se que o manômetro diferencial associado ao tubo de Pitot utiliza óleo como fluido manométrico ( $\gamma_m = 6000 \text{ N/m}^3$ ) e a diferença entre suas colunas é 0,01 m. (1,5 ponto)
- Calcular as forças de arrasto sobre estes corpos imersos em ar e causadas pelo escoamento. Admita que a esfera possui diâmetro de 100 mm e que a haste cilíndrica tem 5 mm de diâmetro e comprimento de 2 m. (1,0 ponto).
- Avaliar a tendência de aumento ou diminuição das forças de arrasto se a esfera e o cilindro forem rugosos. (1,0 ponto)

**Dados:**

- Expressão geral para força de arrasto:  $D$  ou  $F_A = (1/2) \cdot (C_d) \cdot A \cdot \rho \cdot V^2$ .
- Massa específica do ar =  $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Equação de Bernoulli:

$$\frac{\rho \cdot V^2}{2} + p + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$$

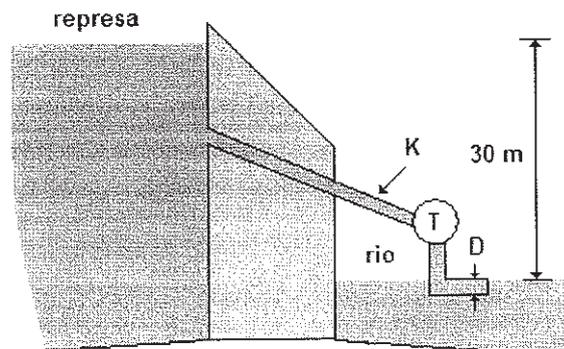
**3ª Questão: (3,0 pontos):** Uma turbina hidráulica deve ser instalada na tubulação que une uma represa (reservatório de grandes dimensões) com um rio, conforme mostra a figura abaixo. O trecho da tubulação a **jusante** da turbina (com diâmetro  $D = 2\text{m}$ ) é montado praticamente tangente à superfície do rio e com velocidade média limitada em  $2,0\text{ m/s}$  para garantir o bom desempenho dessa máquina hidráulica (M.H.).

Considere que a turbina opera com 100% de rendimento, disponibilizando  $1\text{ MW}$  em seu eixo. A perda de carga na tubulação de **montante** da turbina pode ser calculada utilizando a expressão  $\Delta H = 0,1 V^2$ ; na tubulação de **jusante**, a perda de carga pode ser desprezada.

Admitindo que o regime de escoamento é permanente e com perfis uniformes nas seções, determinar:

- a) a vazão em volume nos condutos da instalação; (0,5 pts)
- b) a carga manométrica da turbina; (0,5 pts)
- c) a velocidade média da água na tubulação a **montante** da turbina; (1,5 pts)
- d) o diâmetro  $K$  da tubulação do trecho a **montante** da turbina. (0,5 pts)

Adotar  $g = 10\text{ m/s}^2$  e  $\gamma_{\text{água}} = 10^4\text{ N/m}^3$ .



Equação da energia cinética:  $H_s = H_e + H_M - \Delta H$

Potência trocada entre o fluido e a M.H. :  $\dot{W} = \gamma Q H_M$

**1ª Questão:**

a)

$$\left. \begin{array}{l} N = m \\ \eta = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall C} \rho d\forall + \int_{SC} \rho \vec{v} \cdot \vec{n} d\forall = 0$$

variação da massa / fluxo de massa através do S.C.  
no tempo dentro do  $\forall C$

Para escoamento permanente e incompressível:

$$\rho \int_{SC} \vec{v} \cdot \vec{n} d\forall = 0$$

b)  $V_1 = 0.55 \text{ m/s}$ c)  $\dot{M}_r = 591 \text{ kg/s}$ 

d)  $\left\{ \begin{array}{l} V_2 = 0,502 \text{ m/s} \\ R_e = 5,02 \times 10^5 \end{array} \right. \Rightarrow \text{Escoamento Turbulento}$

**2ª Questão**a)  $V_1 = 10 \text{ m/s}$ 

b)  $FA_E = 0,236 \text{ N}$   
 $FA_C = 0,72 \text{ N}$

c) O aumento da rugosidade fez com que a transição no escoamento (laminar para turbulento) para a camada limite ocorra para valores de  $R_e$  menores que para esfera lisa. Essa situação pode dependendo de  $R_e$ , reduzir a força de arrasto.

**3ª Questão**a)  $Q = 6,28 \text{ m}^3/\text{s}$ b)  $H_T = - 15,9 \text{ m}$ c)  $V_M = 11,8 \text{ m/s}$ d)  $K = 0,82 \text{ m}$