



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO

# Mecânica dos Fluidos

## Aula 11 – Equação da Continuidade para Regime Permanente

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

# Tópicos Abordados Nesta Aula

- Equação da Continuidade para Regime Permanente.

# Regime Permanente

- Para que um escoamento seja permanente, é necessário que não ocorra nenhuma variação de propriedade, em nenhum ponto do fluido com o tempo.

# Equação da Continuidade

- A equação da continuidade relaciona a vazão em massa na entrada e na saída de um sistema.

$$Q_{m1} = Q_{m2} \quad \longrightarrow \quad \rho_1 \cdot v_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot A_2$$

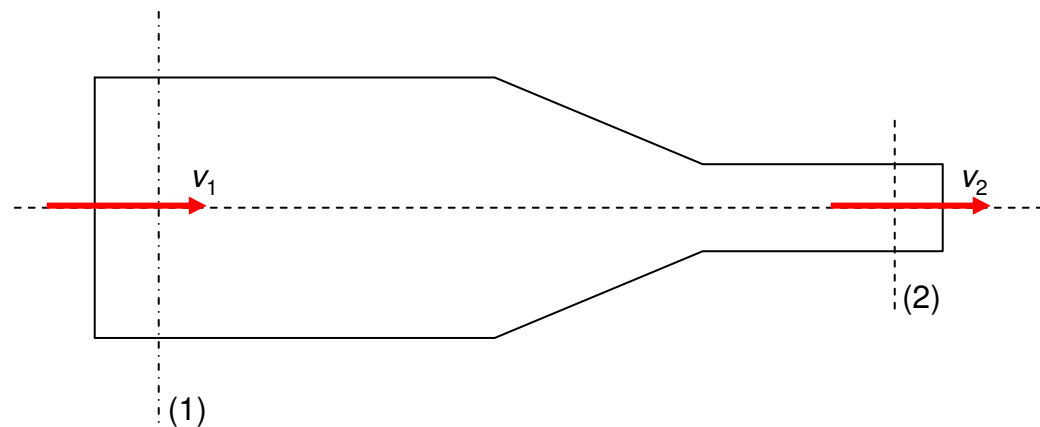
- Para o caso de fluido incompressível, a massa específica é a mesma tanto na entrada quanto na saída, portanto:

$$\rho_1 = \rho_2 \quad \longrightarrow \quad v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

- A equação apresentada mostra que as velocidades são inversamente proporcionais as áreas, ou seja, uma redução de área corresponde a um aumento de velocidade e vice-versa.

# Exercício 1

- 1) Para a tubulação mostrada na figura, calcule a vazão em massa, em peso e em volume e determine a velocidade na seção (2) sabendo-se que  $A_1 = 10\text{cm}^2$  e  $A_2 = 5\text{cm}^2$ .
- Dados:  $\rho = 1000\text{kg/m}^3$  e  $v_1 = 1\text{m/s}$ .



# Solução do Exercício 1

Aplicação da Equação da Continuidade entre os pontos (1) e (2).

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

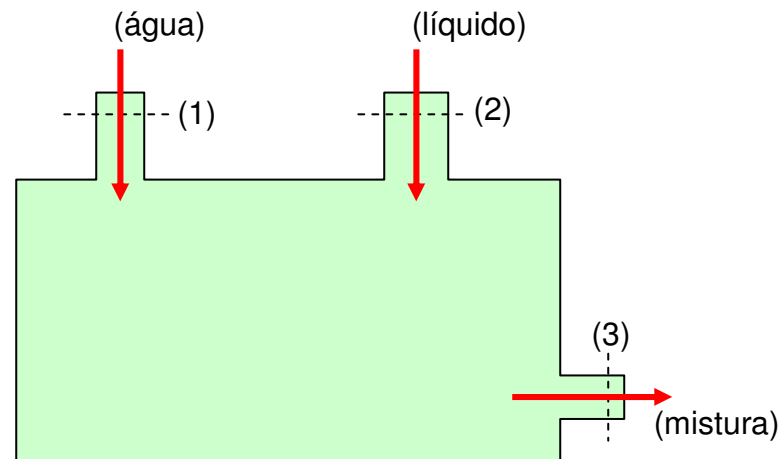
$$1 \cdot 10 = v_2 \cdot 5$$

$$v_2 = \frac{10}{5}$$

$$v_2 = 2 \text{ m/s}$$

## Exercício 2

- 2) Um tubo despeja água em um reservatório com uma vazão de 20 l/s e um outro tubo despeja um líquido de massa específica igual a  $800\text{kg/m}^3$  com uma vazão de 10 l/s. A mistura formada é descarregada por um tubo da área igual a  $30\text{cm}^2$ . Determinar a massa específica da mistura no tubo de descarga e calcule também qual é a velocidade de saída.



# Solução do Exercício 2

Equação da continuidade:

$$Q_{m1} + Q_{m2} = Q_{m3}$$

$$(\rho_1 \cdot v_1 \cdot A_1) + (\rho_2 \cdot v_2 \cdot A_2) = (\rho_3 \cdot v_3 \cdot A_3)$$

Vazão volumétrica:

$$Q_v = v \cdot A$$

Pode-se escrever que:

$$(\rho_1 \cdot Q_{v1}) + (\rho_2 \cdot Q_{v2}) = (\rho_3 \cdot Q_{v3})$$

Vazão volumétrica (entrada):

$$Q_{v1} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$Q_{v2} = 0,01 \text{ m}^3$$

Vazão volumétrica (saída):

$$Q_{v1} + Q_{v2} = Q_{v3}$$

$$0,02 + 0,01 = Q_{v3}$$

$$Q_{v3} = 0,03 \text{ m}^3$$

Massa específica (mistura):

$$(\rho_1 \cdot Q_{v1}) + (\rho_2 \cdot Q_{v2}) = (\rho_3 \cdot Q_{v3})$$

$$(1000 \cdot 0,02) + (800 \cdot 0,01) = (\rho_3 \cdot 0,03)$$

$$\rho_3 = \frac{(1000 \cdot 0,02) + (800 \cdot 0,01)}{0,03}$$

$$\rho_3 = \frac{20 + 8}{0,03}$$

$$\rho_3 = \frac{28}{0,03}$$

$$\rho_3 = 933,33 \text{ kg/m}^3$$

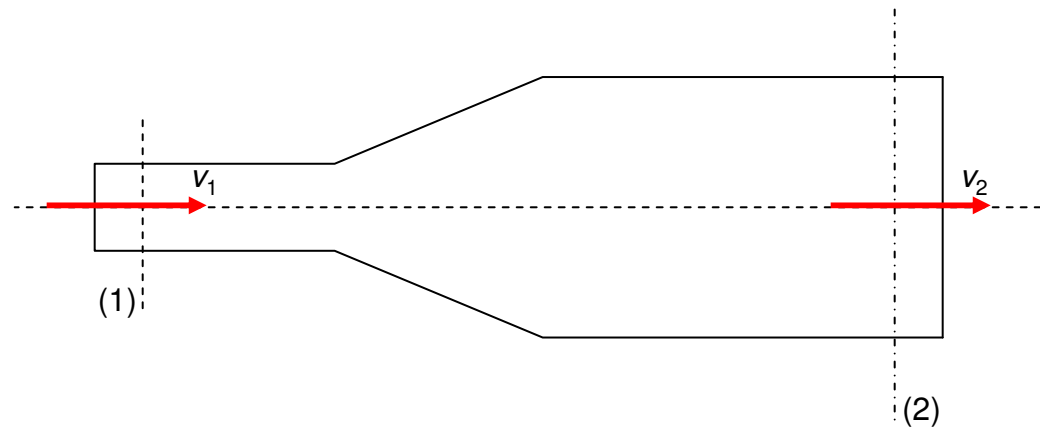


# Exercícios Propostos

- 1) Água é descarregada de um tanque cúbico com 3m de aresta por um tubo de 3cm de diâmetro. A vazão no tubo é de 7 l/s. Determine a velocidade de descida da superfície livre da água do tanque e calcule quanto tempo o nível da água levará para descer 15cm. Calcule também a velocidade de descida da água na tubulação.
- 2) Um determinado líquido escoar por uma tubulação com uma vazão de 5 l/s. Calcule a vazão em massa e em peso sabendo-se que  $\rho = 1350\text{kg/m}^3$  e  $g = 10\text{m/s}^2$ .

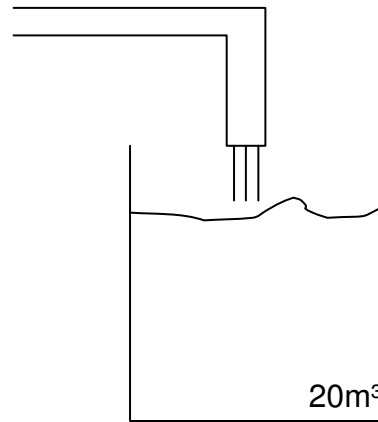
# Exercícios Propostos

- 3) Água escoar na tubulação mostrada com velocidade de 2m/s na seção (1). Sabendo-se que a área da seção (2) é o dobro da área da seção (1), determine a velocidade do escoamento na seção (2).



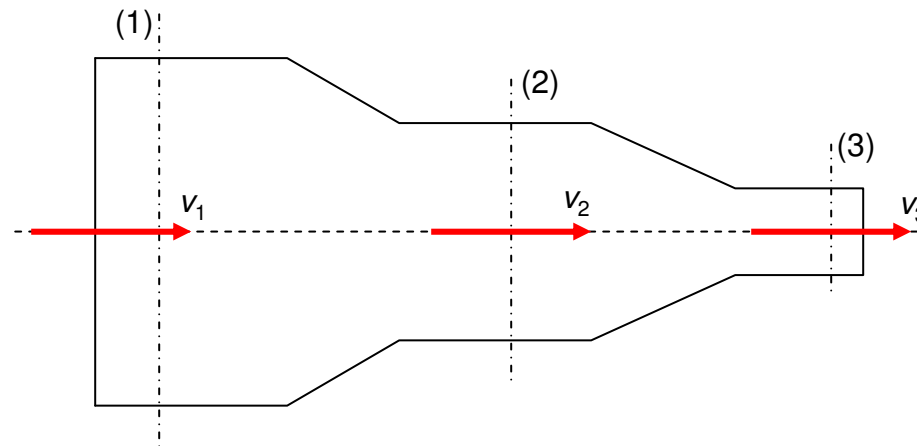
# Exercícios Propostos

- 4) Calcule o diâmetro de uma tubulação sabendo-se que pela mesma escoa água com uma velocidade de  $0,8\text{m/s}$  com uma vazão de  $3\text{ l/s}$ .
- 5) Sabe-se que para se encher o tanque de  $20\text{m}^3$  mostrado são necessários  $1\text{h}$  e  $10\text{min}$ , considerando que o diâmetro do tubo é igual a  $10\text{cm}$ , calcule a velocidade de saída do escoamento pelo tubo.



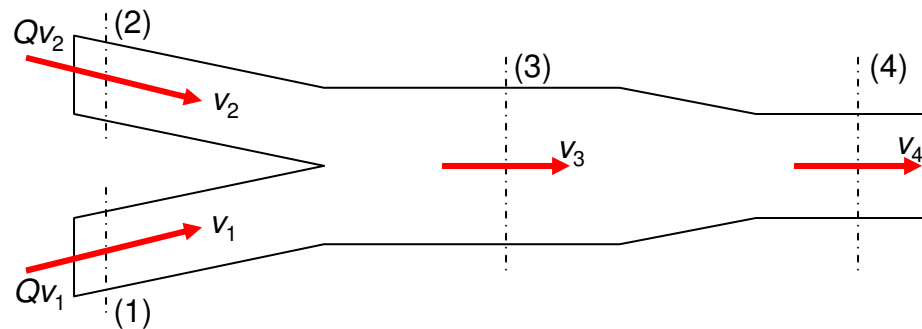
# Exercícios Propostos

- 6) Determine a velocidade do fluido nas seções (2) e (3) da tubulação mostrada na figura.
- Dados:  $v_1 = 3\text{m/s}$ ,  $d_1 = 0,5\text{m}$ ,  $d_2 = 0,3\text{m}$  e  $d_3 = 0,2\text{m}$ .



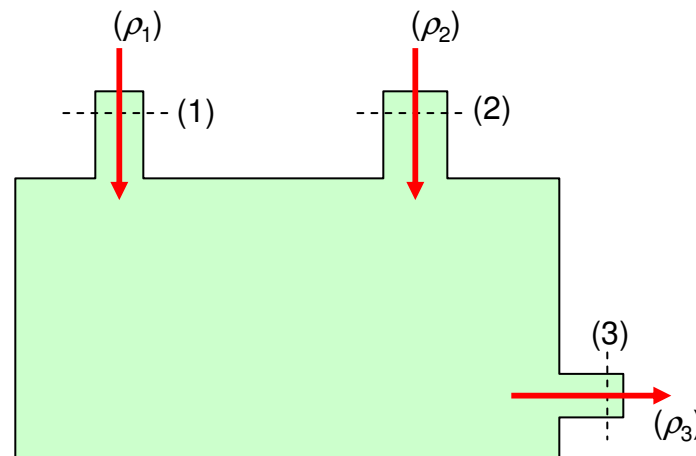
# Exercícios Propostos

- 7) Para a tubulação mostrada determine:
- a) A vazão e a velocidade no ponto (3).
- b) A velocidade no ponto (4).
- Dados:  $v_1 = 1\text{m/s}$ ,  $v_2 = 2\text{m/s}$ ,  $d_1 = 0,2\text{m}$ ,  $d_2 = 0,1\text{m}$ ,  $d_3 = 0,25\text{m}$  e  $d_4 = 0,15\text{m}$ .



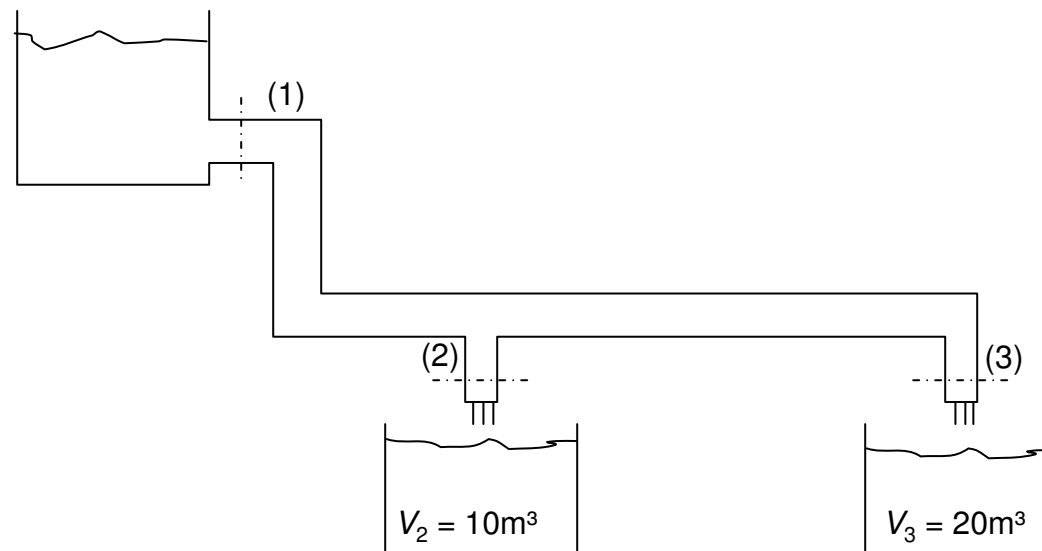
# Exercícios Propostos

- 8) Sabendo-se que  $Q_1 = 2Q_2$  e que a vazão de saída do sistema é 10 l/s, determine a massa específica da mistura formada e calcule o diâmetro da tubulação de saída em (mm) sabendo-se que a velocidade de saída é 2m/s.
- Dados:  $\rho_1 = 790\text{kg/m}^3$  e  $\rho_2 = 420\text{kg/m}^3$ .



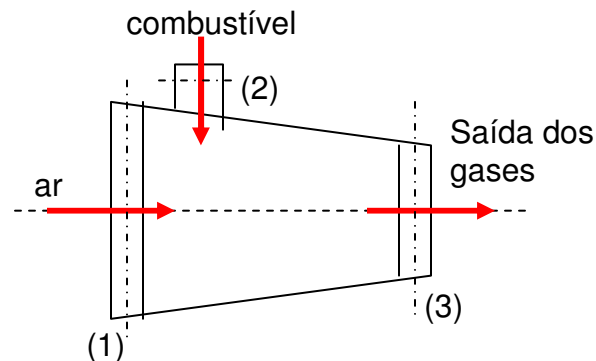
# Exercícios Propostos

- 9) Água é descarregada do reservatório (1) para os reservatórios (2) e (3). Sabendo-se que  $Qv_2 = 3/4Qv_3$  e que  $Qv_1 = 10\text{l/s}$ , determine:
  - a) O tempo necessário para se encher completamente os reservatórios (2) e (3).
  - b) Determine os diâmetros das tubulações (2) e (3) sabendo-se que a velocidade de saída é  $v_2 = 1\text{m/s}$  e  $v_3 = 1,5\text{m/s}$ .
- Dado:  $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ .



# Exercícios Propostos

- 10) O motor a jato de um avião queima 1kg/s de combustível quando a aeronave voa a 200m/s de velocidade. Sabendo-se que  $\rho_{ar}=1,2\text{kg/m}^3$  e  $\rho_g=0,5\text{kg/m}^3$  (gases na seção de saída) e que as áreas das seções transversais da turbina são  $A_1 = 0,3\text{m}^2$  e  $A_2 = 0,2\text{m}^2$ , determine a velocidade dos gases na seção de saída.





# Próxima Aula

- Equação da Energia para Fluido Ideal.