



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Mecânica dos Fluidos

Aula 5 – Manômetros e Manometria

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Manômetros.
- Manometria.

Definição de Manômetro

- O manômetro é o instrumento utilizado na mecânica dos fluidos para se efetuar a medição da pressão, no setor industrial existem diversos tipos e aplicações para os manômetros.



Tipos de Manômetros

- **a) Manômetros utilitários:** Recomendado para compressores de ar, equipamentos pneumáticos, linhas de ar, de gases, de líquidos e instalações em geral.
- **b) Manômetros industriais:** São manômetros de construção robusta, com mecanismo reforçado e recursos para ajuste. São aplicados como componentes de quase todos os tipos de equipamentos industriais.
- **c) Manômetros herméticos ou com glicerina:** São manômetros de construção robusta, com mecanismo reforçado e recursos para ajuste. Com a caixa estanque, pode ser enchida com líquido amortecedor (glicerina ou silicone). Adaptam-se especialmente às instalações submetidas a vibrações ou pulsações da linha quando preenchida com líquido amortecedor.
- **d) Manômetros de aço inoxidável:** São manômetros totalmente feitos de aço inoxidável, caixa estanque, à prova de tempo, para aplicações nas indústrias petroquímicas, papel e celulose, alimentares, nos produtos corrosivos, nas usinas e outras que exijam durabilidade, precisão e qualidade.
- **e) Manômetros petroquímicos:** São manômetros de processo em caixa de aço inoxidável, fenol, alumínio fundido e nylon, com componentes em aço inoxidável, estanque, a prova de tempo, para aplicação nas indústrias petroquímicas, químicas, alimentícias, equipamentos industriais e outras que exijam durabilidade, precisão e qualidade.

Tipos de Manômetros

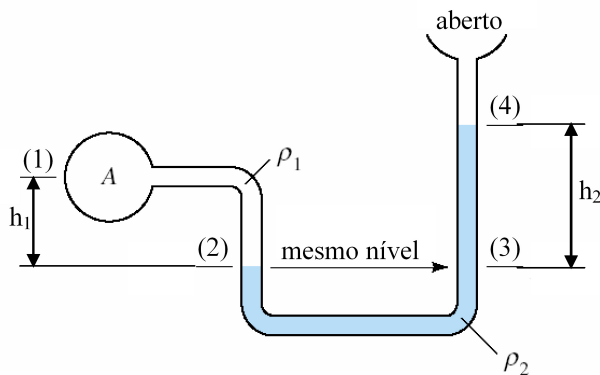
- **f) Manômetros de baixa pressão (mmca):** São manômetros capsular de latão ou de aço inox, para medir pressões baixas, aplicadas nos equipamentos de respiração artificial, ventilação e ar condicionado, teste de vazamentos, queimadores, secadores, etc. Recomenda-se não operar diretamente com líquidos, pois estes alteram seu funcionamento.
- **g) Manômetros de teste:** Os manômetros de teste são aparelhos de precisão destinados a aferições e calibração de outros manômetros. Recomenda-se que o instrumento padrão seja pelo menos quatro vezes mais preciso que o instrumento em teste.
- **h) Manômetros sanitários:** Os manômetros com selo sanitário, são construídos totalmente de aço inoxidável para aplicações em indústrias alimentícias, químicas e farmacêuticas e nos locais onde se requerem facilidade de desmontagem para a limpeza e inspeção. A superfície plana da membrana corrugada de aço inoxidável evita a incrustação dos produtos.
- **i) Manômetros de mostrador quadrado para painel:** Os manômetros de mostrador quadrado são aparelhos especialmente concebidos para montagem embutida em painéis.
- **j) Manômetros para freon:** Os manômetros destinados especialmente à indústria de refrigeração, utilizam o Freon 11, 12, 13, 22, 114 e 502. Os mostradores desses manômetros possuem uma escala de equivalência em temperatura e pressão.

Tipos de Manômetros

- **k) Manômetros para amônia (NH₃):** São manômetros totalmente de aço inoxidável ou partes em contato com o processo em aço inox para trabalhar com gás de amônia. Os mostradores desses manômetros possuem uma escala de equivalência em temperatura e pressão.
- **l) Manômetros de dupla ação:** São manômetros construídos especialmente para indicar as pressões no cilindro e no sistema de freios pneumáticos de locomotivas ou poderá ser usado para fins industriais. O manômetro compõe-se na realidade de dois sistemas independentes em que os eixos dos ponteiros são coaxiais para indicar duas pressões.
- **m) Manômetros diferencial:** O elemento elástico deste aparelho é composto de um conjunto de 2 foles ou tubo - bourdon em aço inoxidável, recebendo de um lado, a pressão alta, e do outro a baixa pressão. O deslocamento relativo do conjunto dos foles ou tubo - bourdon movimenta o mecanismo e o ponteiro indicará diretamente a pressão diferencial.
- **n) Manômetros com contato elétrico:** São projetados para serem adaptados aos manômetros para ligar, desligar, acionar alarmes ou manter a pressão dentro de uma faixa.
- **o) Manômetros com selo de diafragma:** Os selos de diafragma são utilizados nos manômetros para separar e proteger o instrumento de medição do processo. Aplicadas nas instalações em que o material do processo seja corrosivo, altamente viscoso, temperatura excessiva, material tóxico ou perigoso, materiais em suspensão, etc.
- **p) Manômetros com transmissão mecânica:** Os manômetros com transmissão mecânica (MEC) funcionam sem o tubo - bourdon, o elemento sensor é a própria membrana. Recomendado para trabalhar com substâncias pastosas, líquidas e gases, e nas temperaturas excessivas onde o fluido não entra em contato com o instrumento. As vantagens dos manômetros com transmissão mecânica em relação aos outros, incluem uma menor sensibilidade aos efeitos de choque e vibrações e os efeitos de temperaturas são reduzidos além de facilidade de manutenção.
- **q) Manômetros digitais:** Podem ser utilizados em sistemas de controle de processos, sistemas pneumáticos, sistemas hidráulicos, refrigeração, instrumentação, compressores, bombas, controle de vazão e medição de nível.
- **r) Manômetro de mercúrio:** Utilizado em diversos processos, sua principal característica é a utilização de fluidos manométricos como por exemplo mercúrio.

Determinação da Pressão

- Para se determinar a pressão do ponto A em função das várias alturas das colunas presentes na figura aplica-se o teorema de Stevin em cada um dos trechos preenchidos com o mesmo fluido.



Ponto 2:

$$P_1 = P_A \longrightarrow P_2 = \gamma_1 \cdot h_1 + P_A$$

$$P_2 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + P_A$$

$$P_A = P_2 - \rho_1 \cdot g \cdot h_1$$

Ponto 3:

$$P_2 = P_3 \longrightarrow P_2 = P_3 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + P_A$$

$$P_A = P_3 - \rho_1 \cdot g \cdot h_1$$

Ponto 4:

$$P_4 = P_3 - \gamma_2 \cdot h_2 \quad P_4 = P_3 - \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

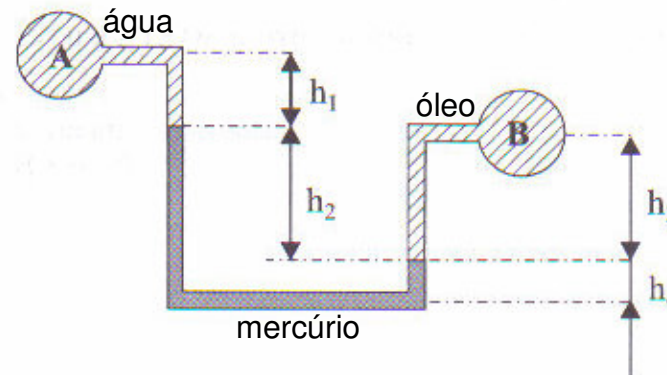
$$P_4 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + P_A - \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$0 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 - \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + P_A$$

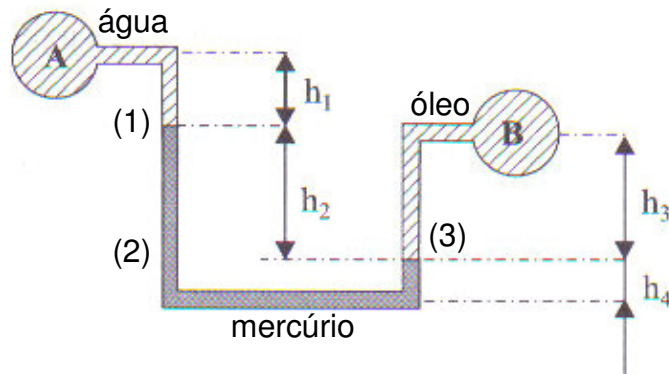
$$P_A = \rho_2 \cdot g \cdot h_2 - \rho_1 \cdot g \cdot h_1$$

Exercício 1

- 1) No manômetro diferencial mostrado na figura, o fluido **A** é água, **B** é óleo e o fluido manométrico é mercúrio. Sendo $h_1 = 25\text{cm}$, $h_2 = 100\text{cm}$, $h_3 = 80\text{cm}$ e $h_4 = 10\text{cm}$, determine qual é a diferença de pressão entre os pontos **A** e **B**.
- Dados: $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 10000\text{N/m}^3$, $\gamma_{\text{Hg}} = 136000\text{N/m}^3$, $\gamma_{\text{óleo}} = 8000\text{N/m}^3$.



Solução do Exercício 1



Ponto 1:

$$P_1 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1$$

Ponto 2:

$$P_2 = P_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$P_2 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Ponto 3:

$$P_3 = P_2 \quad \text{Mesmo fluido e nível}$$

$$P_3 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Diferença de pressão:

$$P_B = P_3 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

$$P_B = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

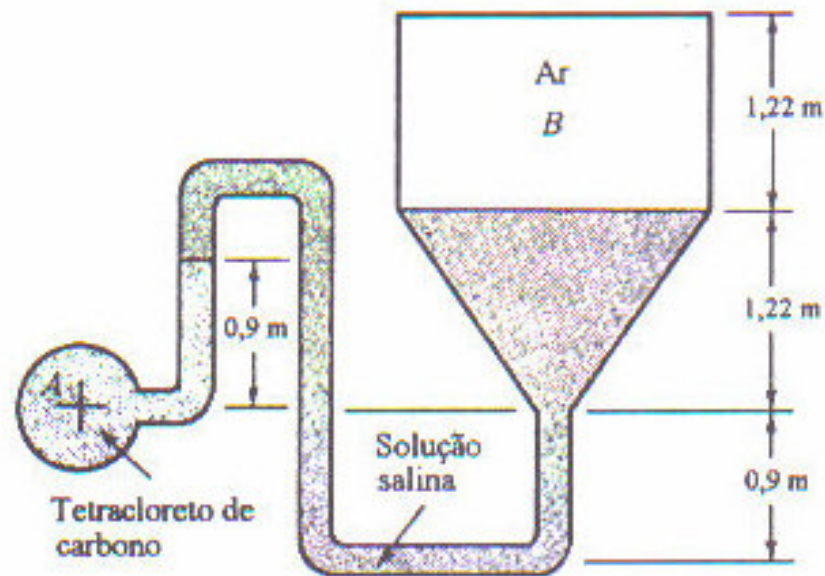
$$P_B - P_A = \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

$$P_B - P_A = 10000 \cdot 0,25 + 136000 \cdot 1 - 8000 \cdot 0,8$$

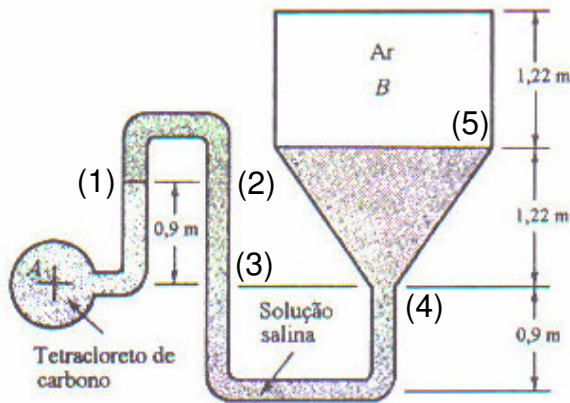
$$P_B - P_A = 132100 \text{ Pa}$$

Exercício 2

- 2) O tubo **A** da figura contém tetracloreto de carbono com peso específico relativo de 1,6 e o tanque **B** contém uma solução salina com peso específico relativo da 1,15. Determine a pressão do ar no tanque **B** sabendo-se que a pressão no tubo A é igual a 1,72bar.



Solução do Exercício 2



Pressão em A:

$$1,01\text{bar} = 101230\text{Pa}$$

$$1,72\text{bar} = P_A$$

$$P_A = \frac{1,72 \cdot 101230}{1,01}$$

$$P_A = 172391,68\text{Pa}$$

Peso específico:

Tetracloroeto:

$$\gamma_{TC} = \gamma_{rTC} \cdot \gamma_{h2o}$$

$$\gamma_{TC} = 1,6 \cdot 10000$$

$$\gamma_{TC} = 16000\text{N/m}^3$$

Solução Salina:

$$\gamma_{SS} = \gamma_{rSS} \cdot \gamma_{h2o}$$

$$\gamma_{SS} = 1,15 \cdot 10000$$

$$\gamma_{SS} = 11500\text{N/m}^3$$

Determinação da Pressão:

Ponto 1:

$$P_1 = P_A - \gamma_{TC} \cdot 0,9$$

$$P_1 = 172391,68 - 16000 \cdot 0,9$$

$$P_1 = 157991,68\text{Pa}$$

Ponto 2:

$$P_2 = P_1 \text{ Mesmo fluido e nível}$$

$$P_2 = 157991,68\text{Pa}$$

Ponto 3:

$$P_3 = P_2 + \gamma_{SS} \cdot 0,9$$

$$P_3 = 157991,68 + 11500 \cdot 0,9$$

$$P_3 = 168341,68\text{Pa}$$

Ponto 4:

$$P_4 = P_3 \text{ Mesmo fluido e nível}$$

$$P_4 = 168341,68\text{Pa}$$

Ponto 5:

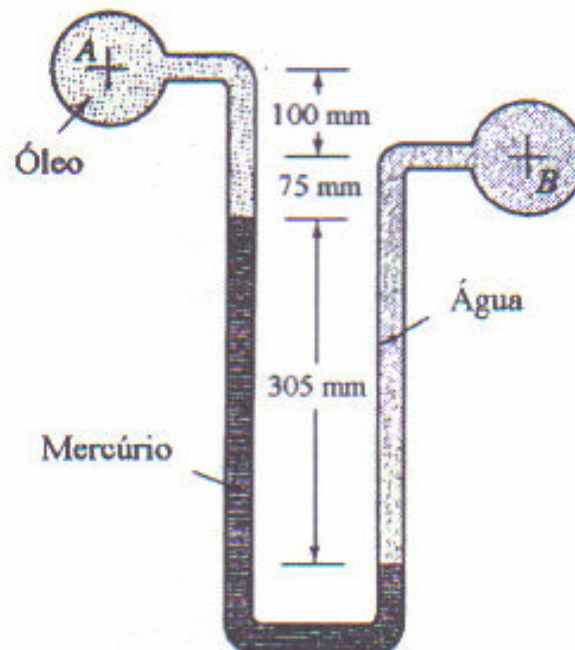
$$P_5 = P_4 - \gamma_{SS} \cdot 1,22$$

$$P_5 = 168341,68 - 11500 \cdot 1,22$$

$$P_5 = 154311,68\text{Pa}$$

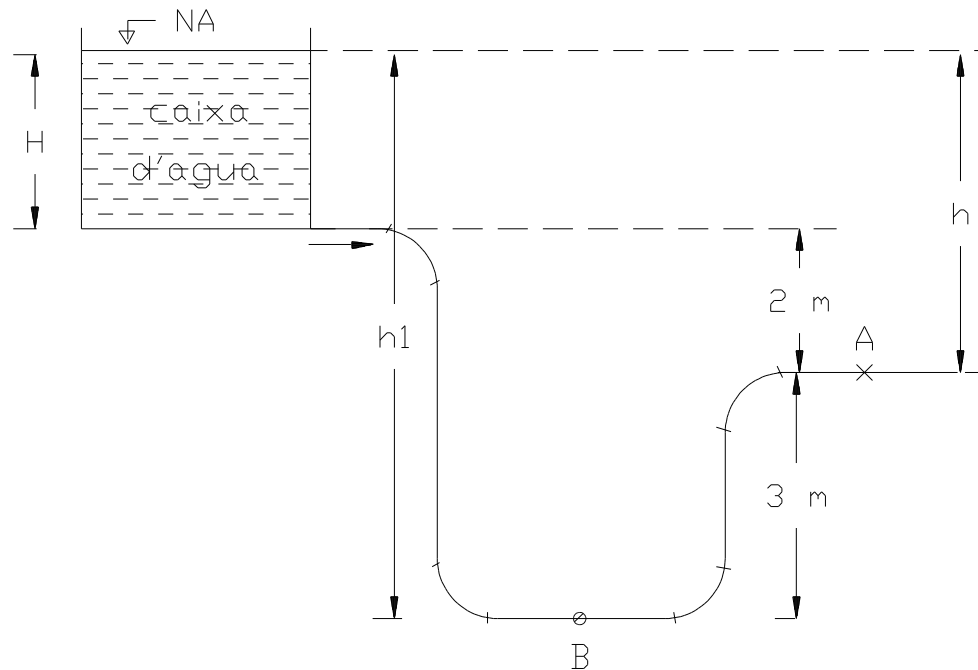
Exercícios Propostos

- 1) O manômetro em U mostrado na figura contém óleo, mercúrio e água. Utilizando os valores indicados, determine a diferença de pressões entre os pontos **A** e **B**.
- Dados: $\gamma_{h_2O} = 10000\text{N/m}^3$, $\gamma_{Hg} = 136000\text{N/m}^3$, $\gamma_{\text{óleo}} = 8000\text{N/m}^3$.



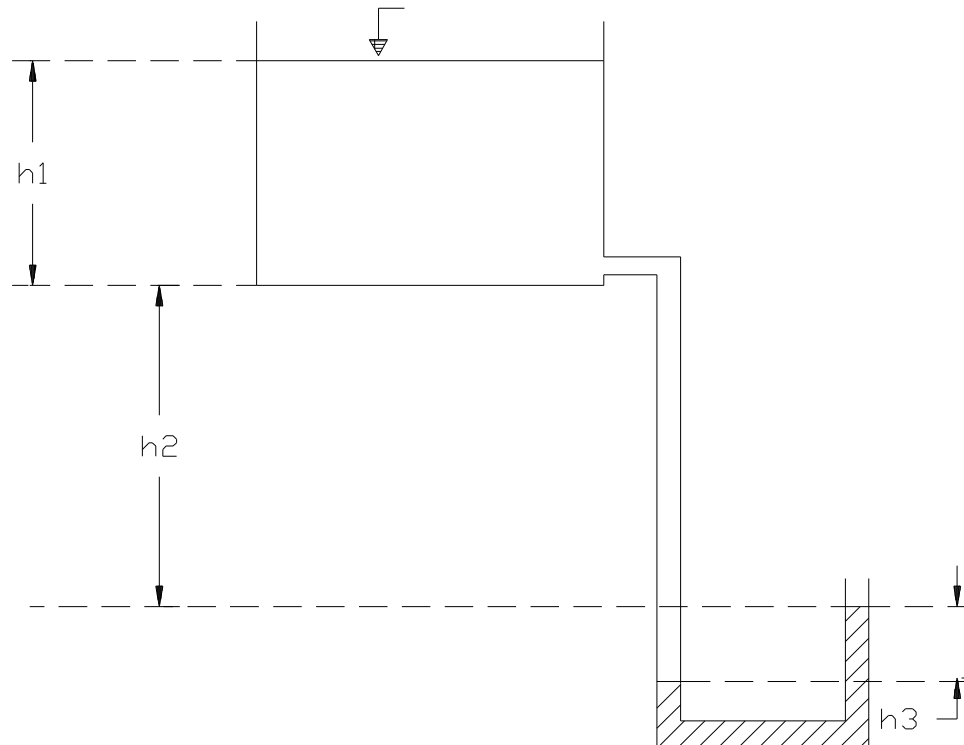
Exercícios Propostos

- 2) A pressão da água numa torneira fechada (A) é de $0,28 \text{ kgf/cm}^2$. Se a diferença de nível entre (A) e o fundo da caixa é de 2 m , Calcular:
 - a) a altura da água (H) na caixa.
 - b) a pressão no ponto (B), situado 3 m abaixo de (A).



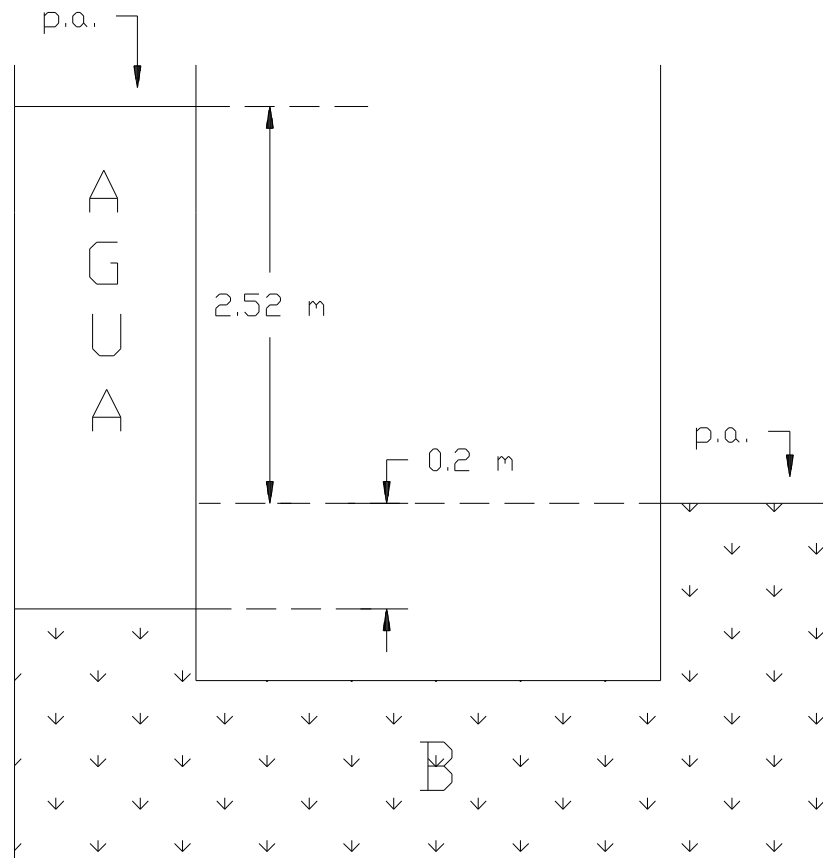
Exercícios Propostos

- 3) Um manômetro diferencial de mercúrio (massa específica 13600kg/m^3) é utilizado como indicador do nível de uma caixa d'água, conforme ilustra a figura abaixo. Qual o nível da água na caixa (h_1) sabendo-se que $h_2 = 15\text{m}$ e $h_3 = 1,3\text{m}$.



Exercícios Propostos

- 4) Qual o peso específico do líquido (B) do esquema abaixo:



Próxima Aula

- Solução de Exercícios - Manometria.
- Manômetros em U.
- Manômetros Diferenciais.