

Mecânica dos Fluidos

Estática dos Fluidos

Prof. Rodolfo Rodrigues
Universidade Federal do Pampa

Fenômenos de Transporte
Campus Bagé

Aula 2 (03/2019)



Introdução



Introdução

- O estudo da **transferência de momento** ou **mecânica dos fluidos** é dividido em:
 - **Estática dos fluidos**, isto é, fluido em repouso;
 - **Dinâmica** ou **cinemática dos fluidos**, isto é, fluido em movimento.
- Em **Estática dos fluidos** uma propriedade importante é a **pressão** em um fluido;
 - **Pressão** é conhecida como uma força superficial exercida por um fluido contra as paredes do recipiente o qual está contido.



Pressão em um Fluido

- Ao decompor uma força aplicada sobre uma superfície tem-se:
 - Força tangencial que dá origem a **tensão de cisalhamento**;
 - Força normal que dá origem a **pressão**.

$$p = \frac{F_n}{A} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

- Os **fluidos incompressíveis** não são poucos afetados por mudanças de pressão;
 - A maioria dos **líquidos** são incompressíveis.
- Os **gases** são considerados **fluidos compressíveis**;
 - Gases sujeitos a poucas variações de pressão e temperatura podem ser considerados incompressíveis.



Pressão em um Fluido

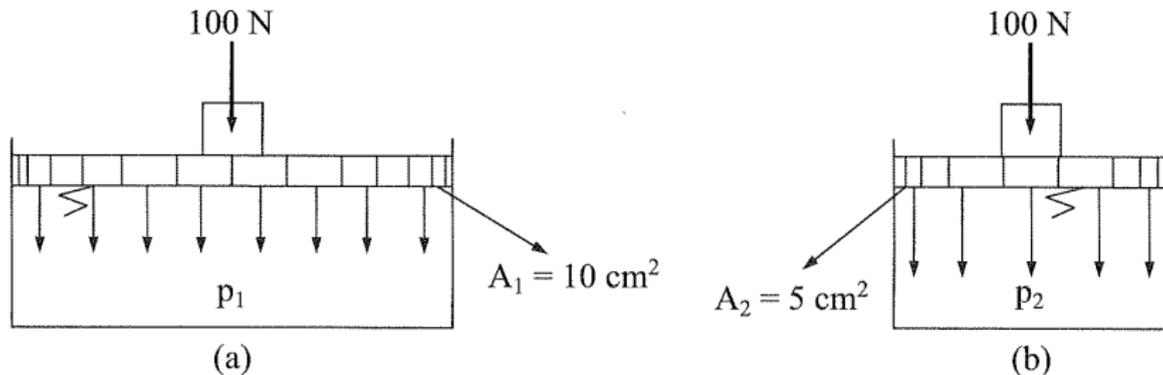


Figura 1: Não se deve confundir pressão com força. Nota-se que a força aplicada em ambos os recipientes (a) e (b) é a mesma; entretanto, a pressão será diferente.

Fonte: Brunetti (2008).



Teorema de Stevin

- *“A diferença de pressão entre 2 pontos de um fluido estático é igual ao produto de γ pela diferença de cotas dos 2 pontos”.*

(BRUNETTI, 2008)

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \gamma h \quad [\text{Pa}] \quad (2)$$

- 1 No Δp entre 2 pontos não interessa a distância entre eles, mas a diferença de cotas (Fig. 2);
- 2 A pressão dos pontos num mesmo nível horizontal é a mesma (Fig. 2);
- 3 O formato do recipiente não é importante para a determinação da pressão em algum ponto (Fig. 2);



Teorema de Stevin

- *“A diferença de pressão entre 2 pontos de um fluido estático é igual ao produto de γ pela diferença de cotas dos 2 pontos”.*

(BRUNETTI, 2008)

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \gamma h \quad [\text{Pa}]$$

- 4 Se a pressão na superfície livre de um líquido num recipiente for nula, a pressão num ponto à profundidade h do líquido será: $p = \gamma h$ (Fig. 3);
- 5 Nos gases, como γ é pequeno, se a diferença de cota entre 2 pontos não é muito grande, pode-se desprezar a diferença de pressão entre eles (Fig. 4).



Teorema de Stevin

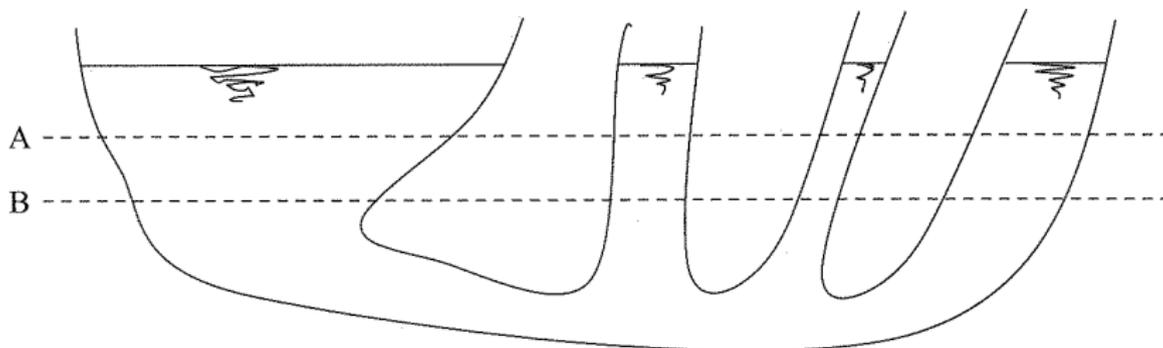


Figura 2: O formato do recipiente não é importante para a determinação da pressão em algum ponto. Em qualquer ponto do nível A, tem-se a mesma pressão p_A , e em qualquer ponto do nível B, tem-se a pressão p_B , desde que o fluido seja o mesmo.

Fonte: Brunetti (2008).



Teorema de Stevin

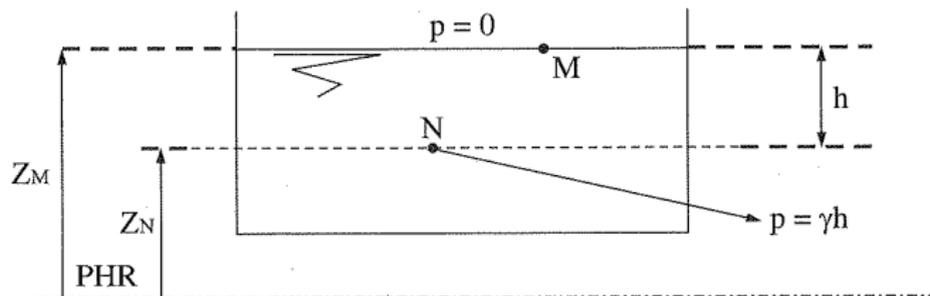


Figura 3: Se a pressão na superfície livre de um líquido em um recipiente for nula, a pressão num ponto à profundidade h no líquido será dada por: $p = \gamma h$. PHR = plano horizontal de referência.

Fonte: Brunetti (2008).

Teorema de Stevin

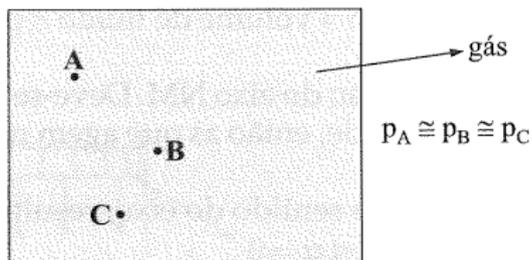


Figura 4: Nos gases, como γ é pequeno, se a diferença de cota entre pontos não é muito grande, pode-se desprezar a diferença de pressão entre eles.

Fonte: Brunetti (2008).

Pressão em Torno de um Ponto

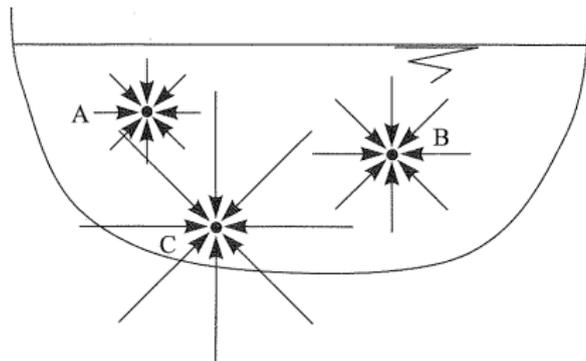


Figura 5: A pressão em torno de um ponto deve ser a mesma em qualquer direção se o fluido está em repouso.

Fonte: Brunetti (2008).

Lei de Pascal

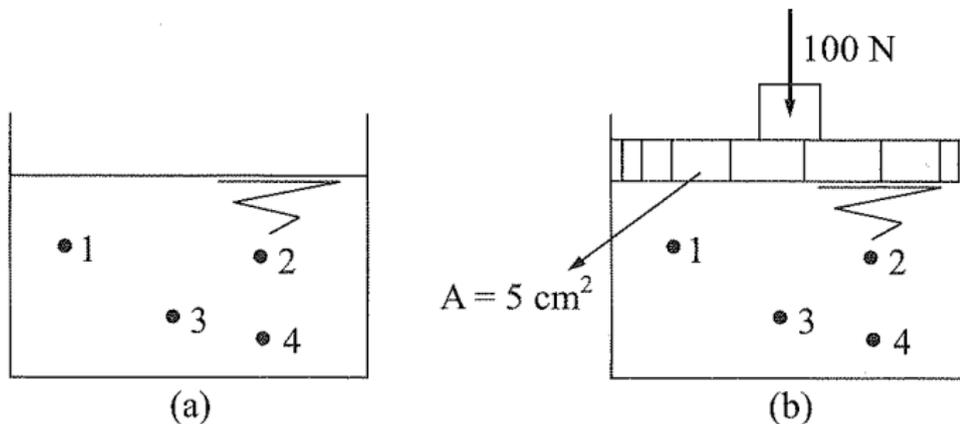


Figura 6: Segundo a lei de Pascal, em um fluido em repouso com uma superfície livre à atmosfera **(a)** ao ser aplicada a uma força através de um êmbolo **(b)** a pressão deverá ser transmitida integralmente a todos os pontos.

Fonte: Brunetti (2008).



Pressão



Carga de Pressão

- Altura e pressão mantêm uma relação constante para um mesmo fluido;
- Então, é possível expressar a pressão num certo fluido em unidade de comprimento:

$$\frac{p}{\gamma} = h \quad [m] \quad (3)$$

- Essa altura h é chamada “**carga de pressão**” (*pressure head*);
- Define-se **carga de pressão** como a altura à qual pode ser elevada uma coluna de fluido por uma pressão p .



Carga de Pressão

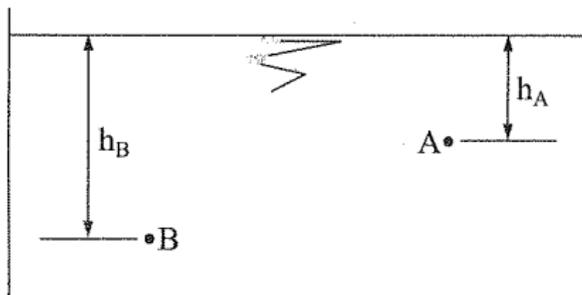


Figura 7: Para um recipiente com profundidade ou altura h , a pressão no ponto A será $p_A = \gamma h_A$, enquanto a carga de pressão será h_A ; da mesma forma, no ponto B, $p_B = \gamma h_B$ e a carga de pressão será h_B .

Fonte: Brunetti (2008).



Carga de Pressão

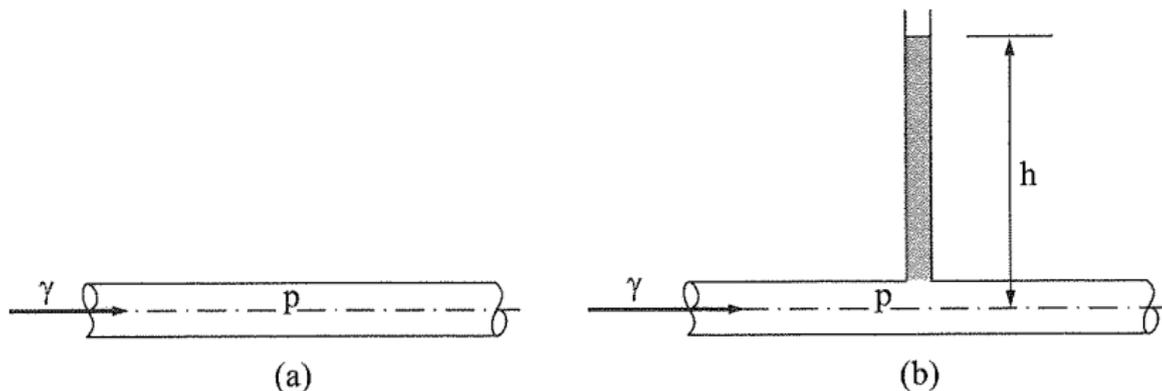


Figura 8: Em um conduto com líquido escoando **(a)** ao se abrir um orifício, verifica-se que, se a pressão interna for maior que a externa, um jato de líquido será lançado para cima. Ao se canalizar o jato por um tubo de vidro, verifica-se que o líquido sobe uma altura h **(b)**. Essa coluna de líquido deverá se equilibrar com a pressão p do conduto.

Fonte: Brunetti (2008).



Escalas de Pressão

- A pressão medida em relação ao *vácuo* ou *zero absoluto* é chamada **pressão absoluta**;
- A pressão medida em relação a *pressão atmosférica* como referência é chamada **pressão efetiva** (relativa) ou **pressão manométrica**;

$$p_{\text{abs}} = p_{\text{atm}} + p_{\text{ef}} \quad [\text{Pa}] \quad (4)$$



Escalas de Pressão

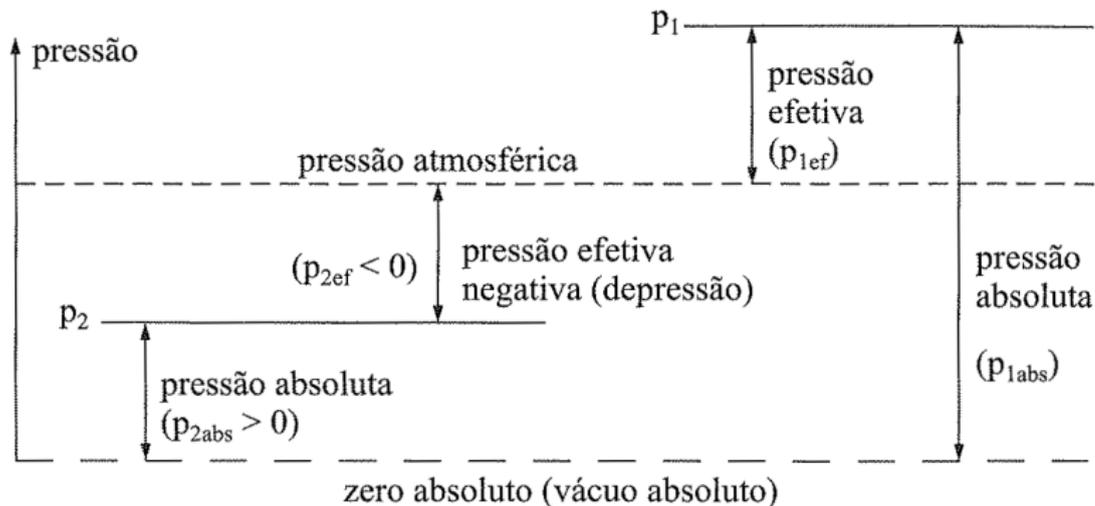


Figura 9: Representação esquemática da medida das pressões p_1 e p_2 nas escalas de pressão efetiva (relativa) e absoluta.

Fonte: Brunetti (2008).

Unidades de Pressão

As **unidades de pressão** podem ser de 3 grupos:

- 1** Unidades de pressão (propriamente ditas):
Pa, kgf/m^2 , kgf/cm^2 , psi(g), psia;
- 2** Unidades de carga de pressão:
mmHg, mca, cmca;
- 3** Unidades definidas:
atm, bar, Torr.



Medidores de Pressão

Os **medidores de pressão** usuais são:

- **Barômetro;**
- **Manômetro metálico** ou **manômetro de Bourdon;**
- **Coluna piezométrica** ou **piezômetro;**
- **Manômetro de tubo em “U”;**
- **Transdutor de pressão** ou **transmissor de pressão.**



Medidores de Pressão

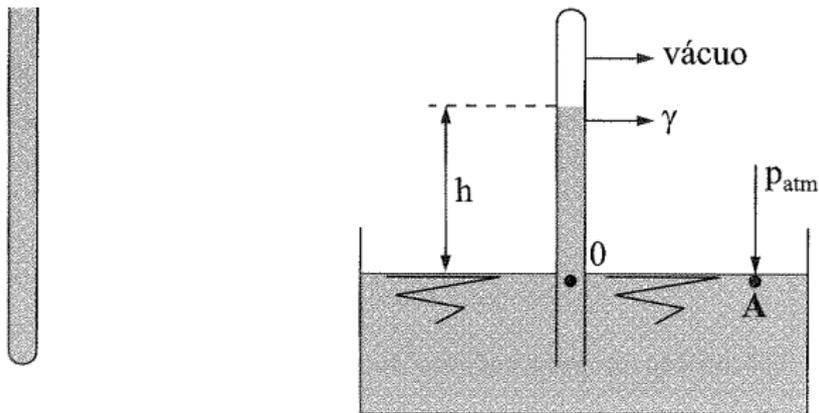


Figura 10: O **barômetro** é usado para medir a pressão atmosférica. Se um tubo cheio de líquido, fechado no inferior e aberto no superior, for virado dentro de um recipiente do mesmo líquido, ele descerá até uma certa posição. A coluna de líquido formada é devido à pressão atmosférica e tem-se: $p_{\text{atm}} = \gamma h$.

Fonte: Brunetti (2008).



Medidores de Pressão

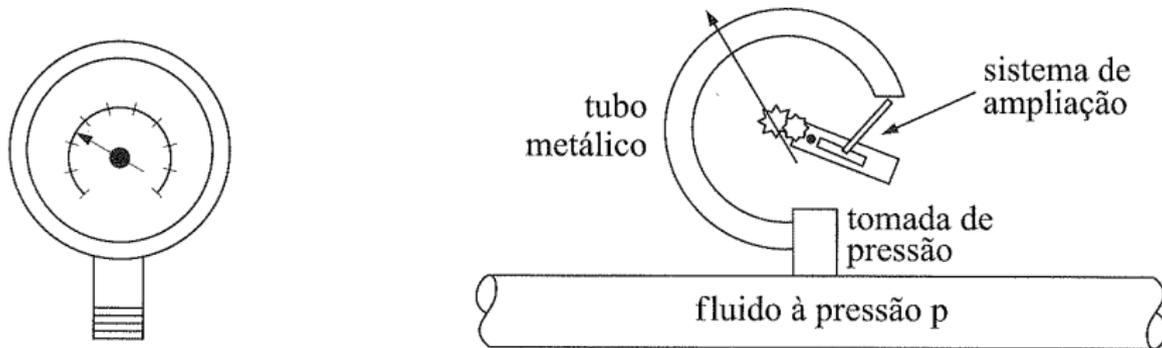


Figura 11: Manômetro metálico ou de Bourdon: vista externa (*esquerda*) e mecanismo interno (*direita*). Este medidor relaciona deformação de um tubo metálico com a pressão em um reservatório ou conduto.

Fonte: Brunetti (2008).

Medidores de Pressão

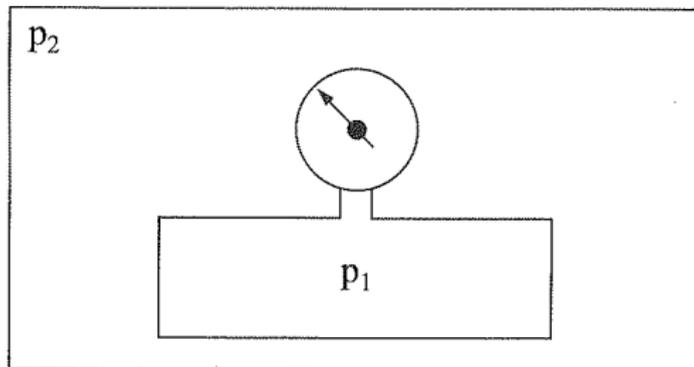


Figura 12: O **manômetro metálico** usa a **escala efetiva** de pressão. Assim, na figura não será indicada a pressão p_1 , mas a diferença $p_1 - p_2$. Logo: $p_{\text{medidor}} = p_{\text{interna}} - p_{\text{externa}}$

Fonte: Brunetti (2008).



Medidores de Pressão

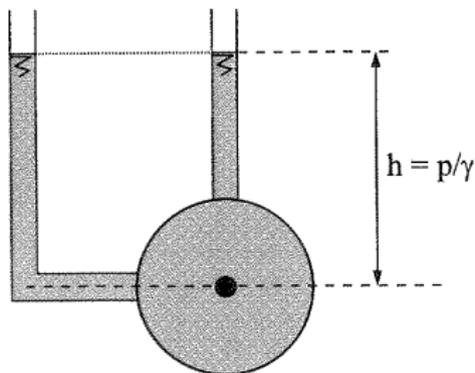


Figura 13: O **piezômetro** é um tubo de vidro que, ligado a um reservatório ou conduto, permite medir diretamente a carga de pressão. Não serve para líquidos pouco densos, gases e medir pressões efetivas negativas.

Fonte: Brunetti (2008).

Medidores de Pressão

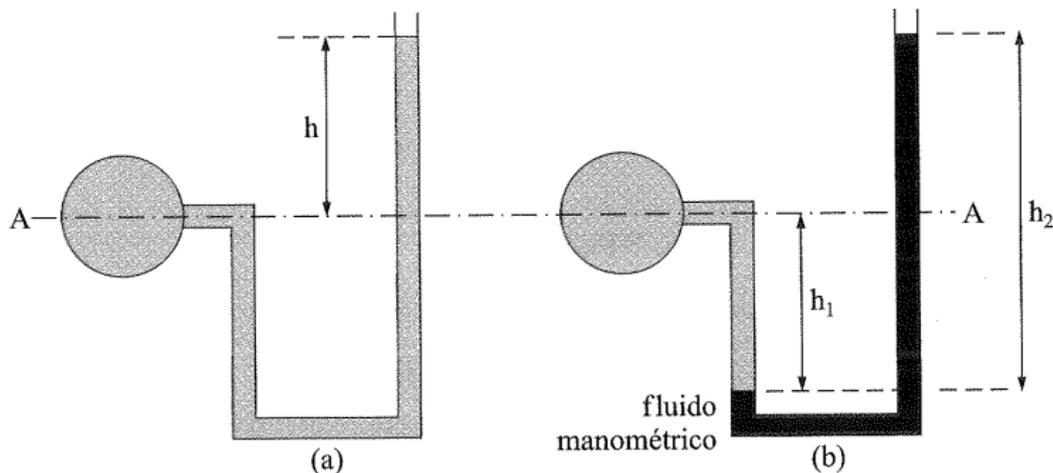


Figura 14: Manômetros de tubo em U com um e dois fluidos. Nestes manômetros não há problemas das pressões efetivas negativas. **(a)** a própria coluna do fluido é utilizada para medição; **(b)** a adição de um fluido manométrico permite a medida de pressão de gases.

Fonte: Brunetti (2008).

Medidores de Pressão

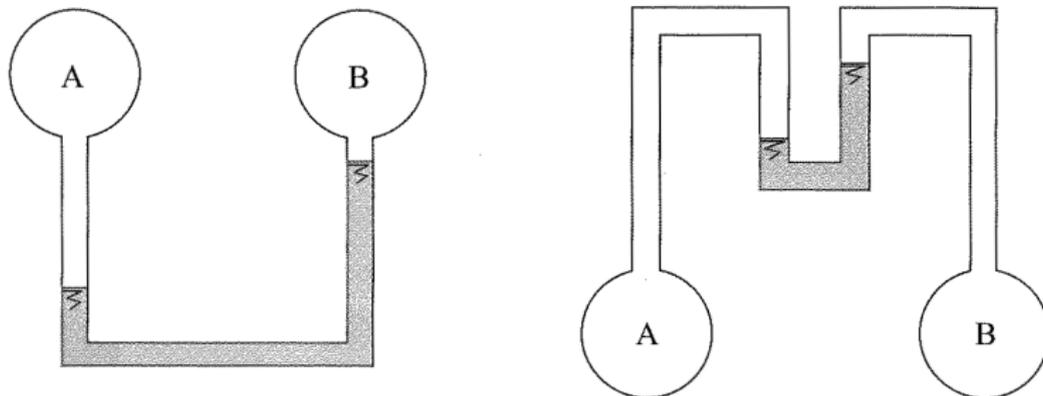


Figura 15: Manômetros de tubo em U ligados a 2 reservatórios, em vez de ter um dos ramos abertos à atmosfera, são chamados de **manômetros diferenciais**.

Fonte: Brunetti (2008).

Equação Manométrica



Equação Manométrica

*“A **equação manométrica** é a expressão que permite, por meio de um manômetro, determinar a pressão de um reservatório ou a diferença de pressão entre 2 reservatórios.”*

(BRUNETTI, 2008)

Regra geral:

- Começando do lado esquerdo, **soma-se** à pressão p_A a pressão das **colunas descendentes** e **subtrai-se** aquela das **colunas ascendentes**;
 - As cotas são sempre dadas até a superfície de separação de 2 fluidos do manômetro.



Equação Manométrica

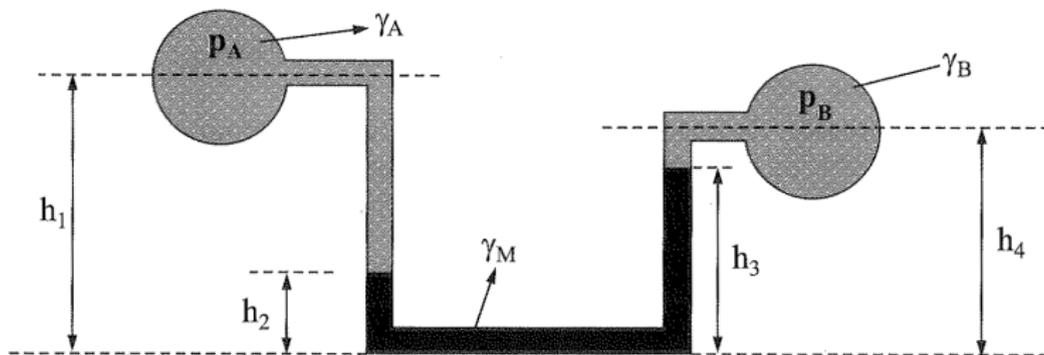


Figura 16: A partir do **teorema de Stevin** pode-se chegar a uma expressão para calcular p_B (ramo direito) a partir de p_A (ramo esquerdo) no manômetro em U de múltiplos fluidos acima. Obtem-se a expressão: $p_B = p_A + \gamma_A(h_1 - h_2) - \gamma_B(h_4 - h_3) - \gamma_M(h_3 - h_2)$.

Fonte: Brunetti (2008).



Equação Manométrica

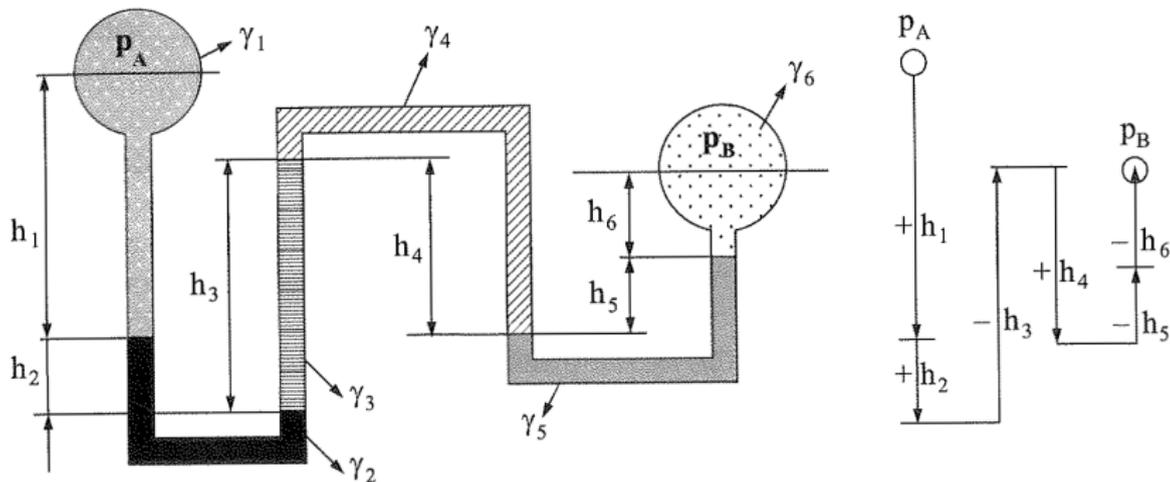


Figura 17: Uma regra prática e de fácil aplicação é mostrada para chegar a **equação manométrica**. Para o manômetro em U de múltiplos fluidos acima chega-se a expressão:

$$p_A + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4 - \gamma_5 h_5 - \gamma_6 h_6 = p_B.$$

Fonte: Brunetti (2008).