

Desejando praticar a certeza que o engenheiro precisa resolver problemas, pede-se verificar a possibilidade de instalar certo aparelho X na seção (0) da bancada representada pelas figuras 1 e 2, sabendo que o aparelho necessita ser alimentado por uma pressão mínima de 9 mca (metro de coluna d'água) para ter um funcionamento eficiente.



Figura 1

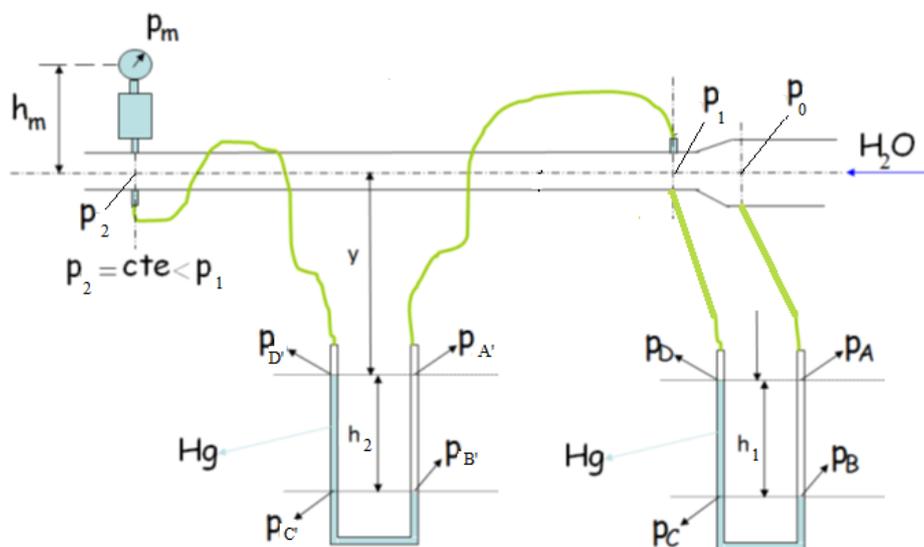


Figura 2

Importante salientar que a bancada representa uma instalação de recalque que é a instalação hidráulica que apresenta um escoamento **não** espontâneo, por exemplo, o caso em que o fluido é transportado de uma cota inferior para uma cota superior.

A instalação de recalque pode ser caracterizada por três partes:

1. tubulação antes da bomba hidráulica que em alguns casos (bomba instalada acima do nível de captação) é denominada de tubulação de sucção;
2. bomba hidráulica;
3. tubulação após a bomba que é denominada de tubulação de recalque.

Observação: a bancada de laboratório esquematizada a seguir, figuras 3, representa uma instalação típica de recalque.

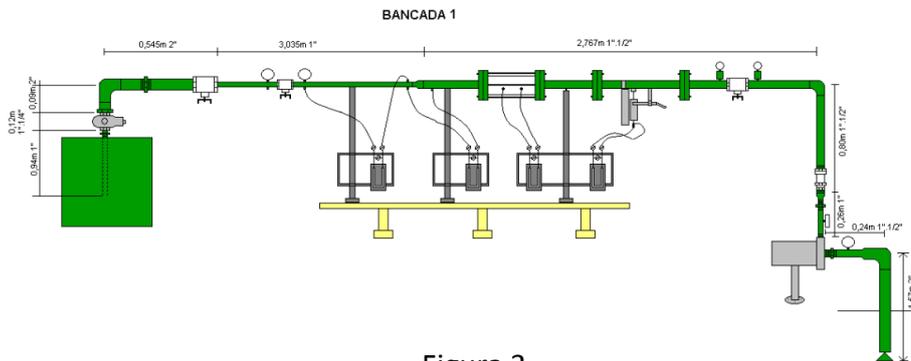


Figura 3

Uma instalação de recalque também pode ser observada na figura 4.

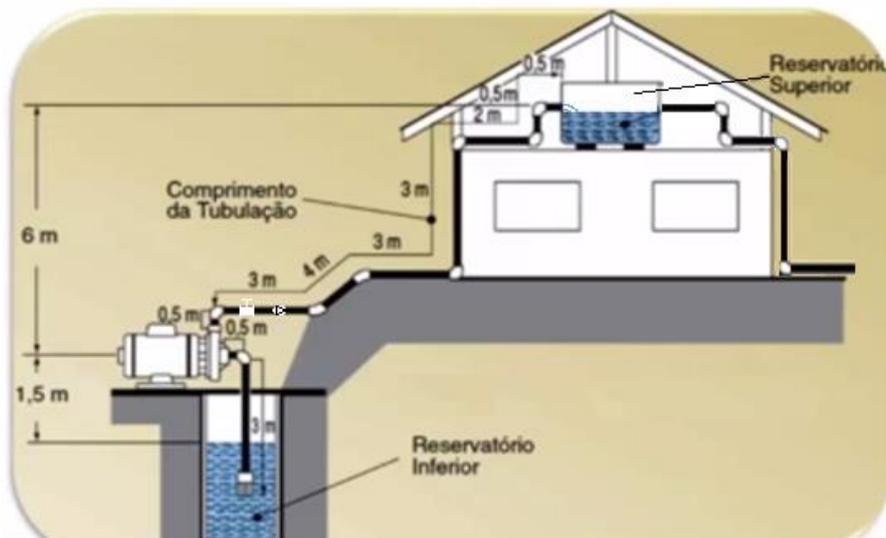


Figura 4

Para viabilizar a solução do problema proposto necessitamos conhecer os conceitos que serão abordados a seguir.

1. Fenômenos de transporte é uma ciência originada da fusão de mecânica dos fluidos, termodinâmica e transmissão de calor.

No nosso curso para atender o programa estabelecido, estudaremos os quatro primeiros capítulos da bibliografia básica que é o livro **MECÂNICA DOS FLUIDOS** escrito pelo professor Franco Brunetti.

Outro livro que será referência deste curso será **MANUAL DE HIDRÁULICA** que foi escrito pelo Azevedo Netto e outros.

As aulas serão publicadas na página <http://www.escoladavida.eng.br> e podem ser acessadas seguindo o caminho descrito a seguir:

- entrar na página <http://www.escoladavida.eng.br>
 - clicar “**Na engenharia**”
 - clicar “[fenômenos de transporte na eng. civil](#)”
 - e aí ter acesso aos cursos desde o primeiro semestre de 2011.
2. Mecânica dos fluidos é a ciência que estuda o fluido parado e em movimento, neste início estaremos estudando a **ESTÁTICA DOS FLUIDOS**, ou seja, o fluido em repouso.
 3. Fluido é a substância que não tem forma própria e estando em repouso não resiste a esforços tangenciais por menores que estes sejam.

A primeira classificação dos fluidos seria:

- líquido que apresenta um volume próprio
 - gas que não apresenta volume próprio já que ocupa todo o volume a ele oferecido.
4. Massa específica (ρ)

Massa específica é a massa (m) por unidade de volume (V) (equação 1)

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow [\rho]_{SI} = \frac{kg}{m^3} \quad \text{equação 1}$$

A massa específica é uma das propriedades básicas dos fluidos já que pode ser utilizada para classifica-lo e para determinar sua massa quando o mesmo apresentar um volume muito grande.

5. Peso específico (γ)

Peso específico é o peso (G) por unidade de volume (V) (equação 2)

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{m \times g}{V} = \rho \times g \rightarrow [\gamma]_{SI} = \frac{N}{m^3} \quad \text{equação 2}$$

6. Fluido incompressível é aquele que ao longo do seu escoamento mantém a massa específica (ρ) e o peso específico (γ) constantes e para isto acontecer o escoamento também deve ocorrer com a temperatura constante (escoamento isotérmico). Exemplo é comum na engenharia civil considerarmos a água como tendo uma massa específica igual a $1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/L}$.

7. Conceito de bomba hidráulica

Para que este conceito seja compreendido, vamos considerar a leitura de pressões nas seções de entrada e saída da bomba respectivamente (figura 5).

$$p_{m_s} = 190 \text{ kPa} \quad p_{m_e} = -150 \text{ mmHg}$$



Figura 5

Ao lermos as pressões na seção de entrada da bomba (-150 mmHg) e na seção de saída da bomba (190 kPa) fica evidenciado que a bomba é um dispositivo projetado para fornecer pressão ao fluido, por outro lado, analisando as suas unidades (kPa = 1000Pa = 1000 N/m² e mmHg) fica também claro que temos neste caso a pressão caracterizada de forma diferente na seção de entrada e saída da bomba, já que a pressão manométrica (p_m) que é lida nos manômetros metálicos em questão apresentam leituras com unidades distintas.

8. Conceito de pressão

É a relação entre o módulo de uma força normal elementar $|dF_N|$ e a área elementar (dA) onde se a mesma atua em uma superfície origina o módulo da força normal (equação 3).

$$p = \frac{|dF_N|}{dA} \Rightarrow |F_N| = \int p \times dA \quad \text{equação 3}$$

No caso da pressão ser constante, por exemplo, uma pressão média, temos:

$$p = \frac{|F_N|}{A} \rightarrow [p]_{SI} = \frac{N}{m^2} = Pa \quad \text{equação 4}$$

9. Fluido como um meio contínuo é a hipótese que leva a considerar um ponto fluido como tendo uma área elementar dA o que garante a existência de matéria no mesmo, ou seja, na menor porção considerada do fluido.
10. Fluido em repouso é a hipótese estabelecida no estudo da **estática dos fluidos** (capítulo 2 do livro do professor Franco Brunetti que é a bibliografia básica do curso), portanto tudo que for estudado no capítulo 2 só vale se o fluido estiver em repouso.
11. Escala efetiva ou relativa de pressão que é aquela que adota como zero da escala a pressão atmosférica local, portanto nesta escala podemos ter pressões negativas (menores que a p_{atm}), nulas (iguais a p_{atm}) e positivas (maiores que a p_{atm}).

12. Pressão em um ponto fluido pertencente a um fluido contínuo, incompressível e em repouso é obtida pelo produto do seu peso específico pela profundidade do ponto (equação 5 e figura 6).

Ponto com uma área dA e que desejamos achar o peso dG

Fluido contínuo, incompressível e em repouso com peso específico γ

Como vou achar o peso dG , já que não dá para usar a balança?

Considerando a pressão atmosférica igual a zero e como para o fluido incompressível o peso específico fica constante, temos:

$$dG = \gamma \times dV$$

$$dG = \gamma \times dA \times h$$

$$p = \frac{dG}{dA} = \frac{\gamma \times dA \times h}{dA}$$

$$p = \gamma \times h \rightarrow \text{para } p_{atm} = 0$$

Equação 5

Figura 6

Importante: h = carga de pressão e sua unidade será sempre uma unidade de comprimento acrescida do nome do fluido considerado, principais exemplos de unidades de pressão: mca (metro de coluna de água) e mmHg (milímetro de mercúrio).

13. Teorema de Stevin

A diferença de pressão entre dois pontos fluidos pertencentes a um fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cotas entre os pontos (equação 6 e figura 9).

$$p_A = \gamma \times h_A \rightarrow p_B = \gamma \times h_B$$

$$p_B - p_A = \gamma \times (h_B - h_A) = \gamma \times h$$

Equação 6

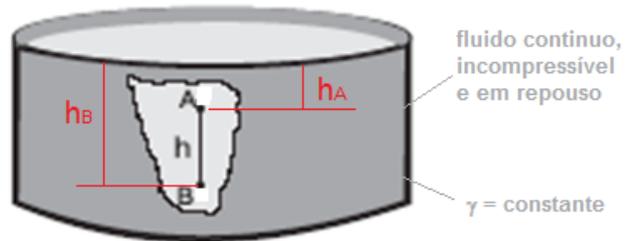


Figura 9

14. Massa específica relativa ou densidade relativa.

É a relação entre a massa específica do fluido considerado e a massa específica padrão (equação 7).

$$\rho_R = \frac{\rho}{\rho_{\text{padrão}}} \quad \text{equação 7}$$

Para líquido a massa específica padrão é a da água a 4°C , ou seja,

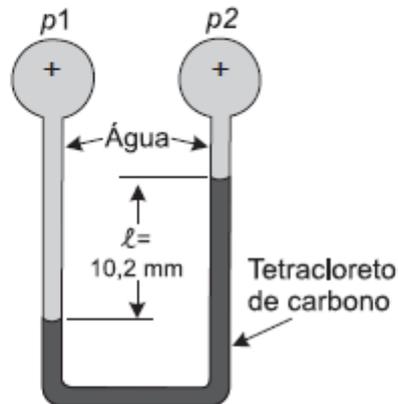
$$\rho_{\text{padrão}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

Exercícios de aplicação

1) Caiu no concurso da Petrobras

27

Considere o manômetro de dois fluidos abaixo.



Dados: Densidade relativa de tetracloroeto de carbono = 1,595 e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A diferença de pressão aplicada, em Pa, é igual a:

- (A) 0,61 (B) 6,1 (C) 61 (D) 161 (E) 610

- 2) Um reservatório contém glicerina que apresenta uma massa de 1200 kg, e um volume de $0,952 \text{ m}^3$. Calcule o peso da glicerina, a sua massa específica, o seu peso específico e a sua massa específica relativa.
- 3) Um cilindro vertical de vidro, contém 900 mL ($1 \text{ mL} = 10^{-6} \text{ m}^3$) de água a 10°C sendo que nesta situação a altura da coluna de água é de 90 cm. No caso da água e do seu recipiente serem aquecidos até 80°C e supondo que neste processo não ocorreu **nenhuma evaporação** (massa constante) e nem alterações das dimensões do recipiente de vidro, qual seria a nova altura da água?

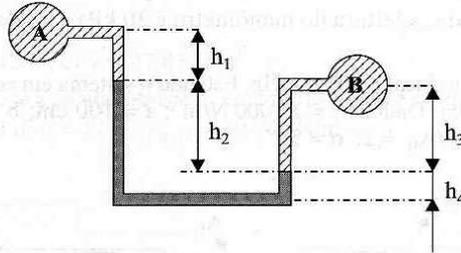
Dados:

$$\rho_{\text{água}} = 1000 - 0,01788 \times |t_c - 4|^{1,7}$$

$$t_c \rightarrow \text{temperatura em } ^\circ\text{C}; [\rho_{\text{água}}] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

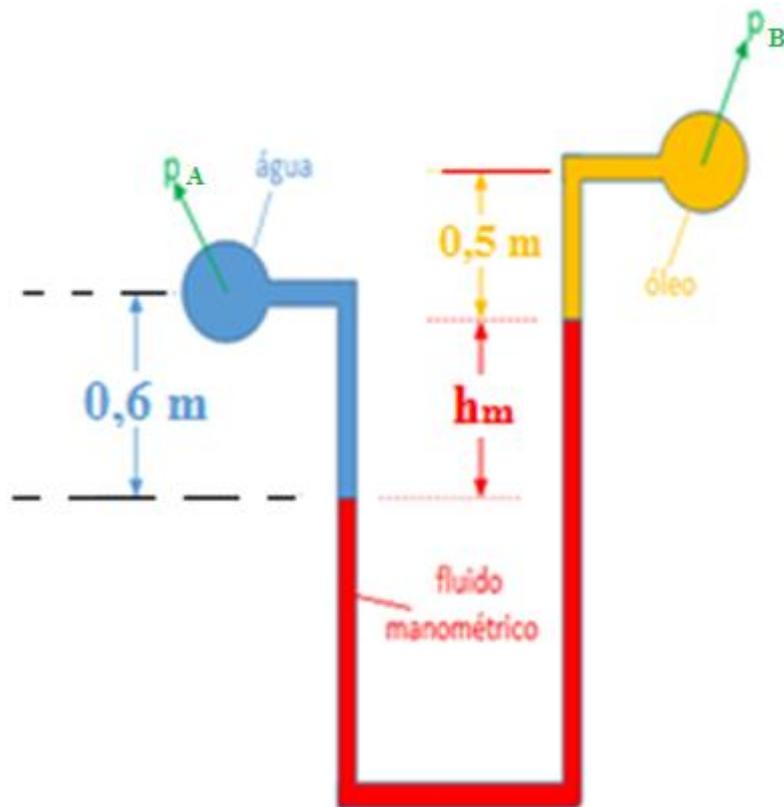
4)

2.6 No manômetro diferencial da figura, o fluido A é água, B é óleo e o fluido manométrico é mercúrio. Sendo $h_1 = 25$ cm, $h_2 = 100$ cm, $h_3 = 80$ cm e $h_4 = 10$ cm, qual é a diferença de pressão $p_A - p_B$? Dados: $\gamma_{H_2O} = 10.000$ N/m³; $\gamma_{Hg} = 136.000$ N/m³; $\gamma_{\text{óleo}} = 8.000$ N/m³.



Resp.: $p_A - p_B = -132,1$ kPa

- 5) Um reservatório cúbico de 46656 litros aberto à atmosfera tem $3/5$ de sua capacidade preenchida por um líquido de massa específica relativa igual a 0,78, pede-se determinar a pressão que atua em seu fundo na escala efetiva.
- 6) Sabendo que o sistema a seguir encontra-se em repouso, pede-se determinar o desnível h do fluido manométrico que apresenta uma massa específica igual a 2680,1 kg/m³. Sabe-se que a pressão no ponto A é 55640 N/m² e que a pressão no ponto B é igual a 13640 Pa. Dados: peso específico da água igual a 9787,3 N/m³ e a massa específica do óleo igual a 820 kg/m³.



7)

Qual é a altura da coluna de mercúrio ($\gamma_{Hg} = 136.000 \text{ N/m}^3$) que irá produzir na base a mesma pressão de uma coluna de água de 5 m de altura? ($\gamma_{H_2O} = 10.000 \text{ N/m}^3$)

8)

No manômetro da figura, o fluido A é água e o B, mercúrio. Qual é a pressão p_1 ? Dados: $\gamma_{Hg} = 13.6000 \text{ N/m}^3$; $\gamma_{H_2O} = 10.000 \text{ N/m}^3$.

