

Universidade Federal do Pará  
Centro de Ciências Exatas e Naturais  
Departamento de Física  
Laboratório Básico I

Experiência 08  
**ESTUDO DOS FLUIDOS EM EQUILÍBRIO**

## 1. OBJETIVOS

Ao término da experiência o aluno deverá ser capaz de:

- a. Determinar o empuxo em diferentes líquidos
- b. Determinar a densidade de diferentes líquidos
- c. Determinar a pressão.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Fluidos são substâncias que podemos fazer fluir pela aplicação apropriada de forças. Os fluidos podem ser classificados em *líquidos* e *gases*. Os líquidos são praticamente incompressíveis e portanto podem ser considerados como tendo um volume fixo, mesmo que sua forma possa variar quando são derramados de um recipiente para outro. Os gases são altamente compressíveis e, portanto, não tem volume característico, eles simplesmente se expandem ou comprimem para encher qualquer recipiente no qual forma colocados.

A condição necessária para que um fluido esteja em equilíbrio é que seus limites experimentem apenas forças normais; a ação de forças tangenciais de cisalhamento faz com que o fluido flua (escoe).

Quando trabalhamos com a mecânica de partículas e de corpos rígidos, usamos as massas de objetos individuais e as forças que atuam nos corpos individuais, no caso do fluido, devido as propriedades especiais deles é conveniente trabalharmos em termos de densidade, pressão e volume.

A massa específica ou densidade absoluta ou simplesmente densidade  $\mu$  de um fluido homogêneo é definida como sendo a massa pôr unidade de volume

$$\mu = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Para um fluido incompressível, a densidade é constante em todos os seus pontos, mas isto não é verificado em fluidos compressíveis, pois depende de vários fatores como temperatura e pressão as quais eles estejam submetidos, embora, possa ser considerada constante sob certas condições restritas. A atmosfera da Terra é um exemplo, pois como todo gás, possui densidade variável, sua densidade diminui com a altitude, em consequência do decréscimo da pressão atmosférica, mas em uma extensão restrita de altitudes ( 8,6 Km), esta variação pode muitas vezes ser desprezada. No sistema métrico, a densidade é expressa em  $\text{g/cm}^3$  e  $\text{kg/m}^3$ .

O conceito de pressão pode ser entendido melhor, considerando-se um elemento infinitesimal de área  $dS$  em qualquer parte do fluido. Devem haver forças exercidas pelo fluido em tal elemento de área, devido as propriedades dos fluidos, estas forças (se o fluido está em equilíbrio) serão normais ao elemento, (já que os fluidos não podem suportar forças tangenciais sem fluir). A pressão num destes

elementos de área é definido como o módulo da força que atua nela dividido pela área do elemento. Isto é

$$P = \frac{dF}{dS} \quad (2)$$

ou seja

$$dF = PdS$$

que significa que a força total numa área de grandeza finita pode ser obtida integrando-se

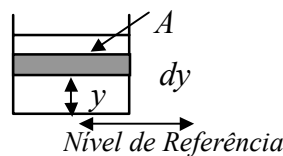
$$F = \int PdS \quad (3)$$

É claro que se o elemento  $dS$  estiver em equilíbrio, não pode haver força resultante nele, a força  $dF$  que atua em um lado deve ser sempre acompanhada por uma força  $dF'$  igual e oposta no outro lado



Para se definir pressão é usado o módulo da força e pôr isso não faz diferença se usarmos  $dF$  ou  $dF'$ , pois são iguais. A unidade de pressão no sistema métrico é  $\frac{dyn}{cm^2}$  e  $\frac{N}{m^2}$ ,  $1 \frac{dyn}{cm^2} = 0,1 \frac{N}{m^2}$ . Usa-se também  $atm = \text{atmosfera padrão} = 1,013 \times 10^6 \frac{dyn}{cm^2}$ . Uma atmosfera padrão é a pressão média exercida pela atmosfera ao nível do mar e a uma temperatura de  $0^\circ C$ .

*Varição de pressão em um fluido em repouso:* Se um fluido está em equilíbrio, qualquer porção deste fluido também está em equilíbrio. Vamos considerar um pequeno elemento de fluido situado em seu interior, de pequena espessura, a uma distancia  $y$  do nível de referência.



A espessura desse elemento é  $dy$  e cada face tem área  $A$ . A massa desse elemento é

$$\mu = \frac{m}{V} = \frac{m}{Ady} \quad (4)$$

$$m = \mu Ady$$

e seu peso

$$Peso = mg = g\mu Ady \quad (5)$$

As forças exercidas neste elemento pelo fluido que o rodeia são perpendiculares à sua superfície em cada ponto. A componente horizontal da resultante dessas forças é nula, porque o elemento não

tem aceleração horizontal (o fluido está em equilíbrio). As forças horizontais são devidas apenas às pressões do fluido e por simetria a pressão deve ser a mesma em todos os pontos do plano horizontal que passa na altura  $y$ . O elemento não tem aceleração vertical e logo a componente vertical da resultante das forças que agem no elemento também é nula. No entanto, as forças verticais são devidas não apenas à pressão do fluido, mas também ao seu peso. Se  $P$  for a pressão na face inferior do elemento e  $P + dP$  a pressão na face superior, a força para cima exercida na face inferior é  $PA$  e a força para baixo na face superior é  $(P + dP)A + dw$ , onde  $dw$  é o peso do elemento do fluido. Então como o elemento está em equilíbrio temos

$$PA = (P + dP)A + dw \quad (6)$$

$$PA = (P + dP)A + \mu g A dy$$

$$P - P - dP = \mu g dy$$

$$\frac{dP}{dy} = -\mu g \quad (7)$$

O que nos mostra que a pressão em um fluido em equilíbrio varia com a altura, em relação a um certo referencial, a pressão diminui ( $dp$  é negativo) enquanto a elevação aumenta ( $dy$  é positivo). A causa desta variação é o peso por unidade de área na seção compreendida entre os pontos nos quais a diferença de pressão está sendo medida.  $\mu g$  é chamado peso específico ( $\rho$ ) do fluido, ou seja é o peso por unidade de volume deste fluido, para a água este peso é  $980 \text{ N/m}^3$ . Da equação anterior podemos fazer

$$dp = -\mu g dy \quad (8)$$

$$\int_p^{p_0} dp = -\mu g \int_0^h dy$$

$$p = p_0 + \mu gh \quad (9)$$

que significa que a pressão é a mesma em todos os pontos de mesma profundidade.

Para os gases, a pressão pode ser considerada a mesma em todos os pontos dentro do recipiente que os contem, desde que  $y_2 - y_1$  não seja grande, pois nesse caso  $\mu$  é pequeno.

O Princípio de Pascal estabelece que: “A pressão aplicada a um fluido é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente que o contém”.

Vamos considerar um corpo de forma irregular que esteja totalmente imerso num fluido. Tal objeto não está necessariamente em equilíbrio, pois a força de flutuação resultante exercida pelo líquido pode ser maior, menor ou igual ao peso do corpo. No 1º caso ele eleva-se à superfície, no 2º caso o corpo afundará e apenas no 3º caso ele permanecerá em equilíbrio. Em qualquer circunstância, quando imerso, qualquer corpo experimentará forças devidas às pressões que atuam nele. Como os fluidos só podem exercer forças normais, as forças devem ser perpendiculares à superfície do objeto em todos os pontos e como a pressão dentro do fluido é maior com o aumento da profundidade, o módulo

das forças aumenta com a profundidade. A resultante de todas estas forças de pressão é uma força vertical, dirigida para cima, denominada "empuxo" do fluido sobre o corpo imerso. Daí o "Princípio de Arquimedes" que diz: "Todo corpo total ou parcialmente imerso em um fluido recebe deste um empuxo vertical dirigido para cima, de módulo igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo"

$$E = mg = \mu gV \quad (10)$$

Para um corpo penetrar no interior de um líquido é necessário o afastamento de matéria que antes ocupava tal lugar. Como o líquido está em equilíbrio temos

$$F = \text{peso do líquido deslocado} = mg \quad (11)$$

$$F' = \text{peso do corpo} = m'g \quad (12)$$

Logo

$$F' = F = mg \quad (13)$$

como

$$m = \mu V$$

então

$$F' = F = E = \mu gV \quad (14)$$

Quando o corpo está totalmente submerso, o peso do líquido deslocado é igual em módulo ao peso do corpo. O peso do corpo no interior e no exterior do líquido são diferentes, ou seja

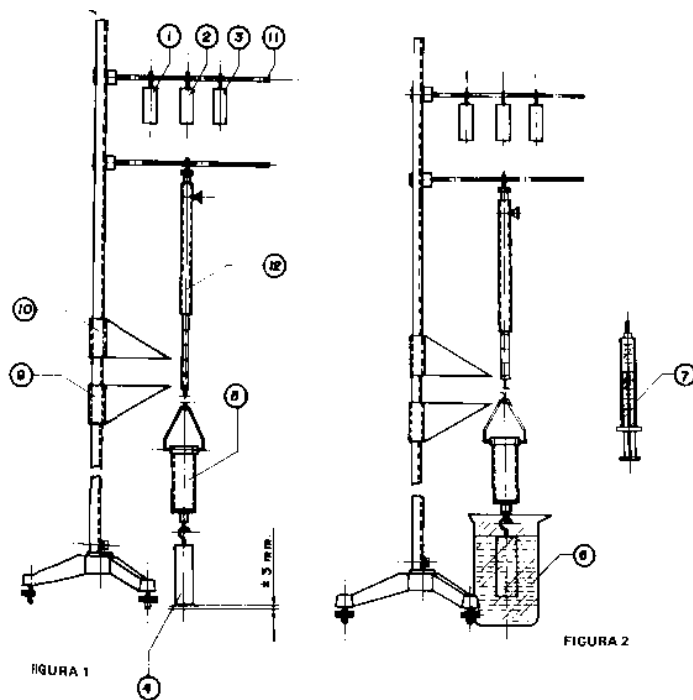
$$E = \Delta P = P_{real} - P_{aparente} \quad (15)$$

### 3. MATERIAL UTILIZADO

- Empuxômetro
- Dinamômetro
- Corpo cilíndrico
- Becker
- Líquidos diversos
- Seringa (ou pipeta)

#### 4. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

01. Pendure o cilindro de náilon na parte inferior do cilindro de latão e ambos no dinamômetro de acordo com a fig.1 e anote o peso do corpo fora do líquido



02. Qual o significado físico do valor encontrado?

03. Mergulhe o cilindro na água (fig 2) e anote a leitura no dinamômetro. Qual o significado físico do valor encontrado?

04. Como você justifica a aparente diminuição do peso do cilindro ao ser submerso na água? (lembre-se que a única maneira de se diminuir o valor modular de uma força é aplicar uma força resultante com mesma direção, porém, com sentido contrário à força dada).

05. Como você determina o módulo da força que provocou a aparente diminuição sofrida pelo peso do corpo (denominada empuxo)?

06. Determine o empuxo sofrido pelo cilindro completamente submerso.

07. Qual o sentido do empuxo?

08. Qual o módulo do empuxo, no caso de submergirmos somente a metade do cilindro?

09. Porque o empuxo tem que ser uma força?

10. Porque usamos a expressão "aparente diminuição sofrida pelo peso do corpo" e não diminuição do peso do corpo?

11. Com a seringa, recolha água do copo do Becker e encha o cilindro de latão. Observe que o peso da água colocada dentro do cilindro, anula a ação do empuxo. Como o volume do cilindro submerso é igual ao volume interno do cilindro de latão, ao submergir desloca um volume de água, igual ao seu volume submerso (princípio da impenetrabilidade da matéria) e, ao encher o cilindro de latão, você coloca (em seu interior) um volume de água igual ao volume do líquido deslocado pelo cilindro. Qual a leitura indicada pelo dinamômetro ao encher o “balde” (metálico) com um volume de água igual ao deslocado pelo cilindro submerso?

12. Determine o peso do volume de água deslocada pelo cilindro submerso.

13. Compare o peso do volume do líquido deslocado (pelo corpo submerso) com o valor do empuxo

14. Verifique a veracidade da seguinte afirmação: ” Todo corpo mergulhado em um fluido fica submetido à ação de uma força vertical, orientada de baixo para cima e denominada empuxo, cujo valor modular é igual ao peso do volume do fluido deslocado”. Como é conhecida esta afirmação?

15. Partindo das considerações teóricas de massa específica, demonstre que

$$E = P_{\text{Líquido Deslocado}}$$

pode ser escrita como

$$E = V\mu_L g \quad \text{ou} \quad E = \rho V$$

onde

$V \Rightarrow$  Volume do líquido deslocado

$\mu_L \Rightarrow$  Massa específica do líquido

$g \Rightarrow$  Aceleração da gravidade local

$\rho \Rightarrow$  Peso específico do líquido deslocado.

16. Refaça o item 6 usando o álcool (ou outro líquido diferente da água ou colocando sal na água) em lugar da água.

17. Determine a densidade dos líquidos utilizados. Compare com os valores teóricos e determine o erro. Justifique as diferenças.

18. No seu entender, a densidade uma vez determinada é constante independente da temperatura?

19. Determine o peso específico dos líquidos utilizados.

20. Determine o valor da pressão nas bases inferior e superior do corpo imerso na água.

21. Explique a diferença entre os resultados encontrados no item anterior.

22. Determine aproximadamente, a pressão exercida pelo seu peso sobre o chão.

23. Seria recomendável você atravessar um terreno lamacento sobre “pernas de pau” ? Justifique.

24. Cite um exemplo onde duas forças diferentes produzem pressões iguais.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. RESNICK, R. , HALIDAY, D. , *Fundamentos da Física*, Volumes I e II, 6ªEdição, Livros Técnicos Científicos, 1996
2. SERWAY, R. A., *Física*, Volumes I e II, , 3ªEdição, Livros Técnicos e Científicos, 1992.
3. RAMOS, Luis Antônio Macedo, *Física Experimental*, Porto Alegre, Mercado Aberto, 1984.
4. DANO, Higino S., *Física Experimental I e II*, Caxias do Sul, Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1985.
5. SILVA, Wilton Pereira, CLEIDE M. D. , *Tratamento de Dados Experimentais*, 2ªEdição, João Pessoa, Editora Universitária, 1998.
6. VUOLO, Jose Henrique, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ªEdição, Editora Edgar BLUCHER
5. CRUZ, Carlos H. B., FRAGNATO H. L., *Guia para Física Experimental*, Instituto de Física Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 1997
7. GOLDEMBERG, JOSÉ, *Física Geral e Experimental*, Volume I.