



# HIDROSTÁTICA

Autor: Professor Ms. Lourival Gomes

---

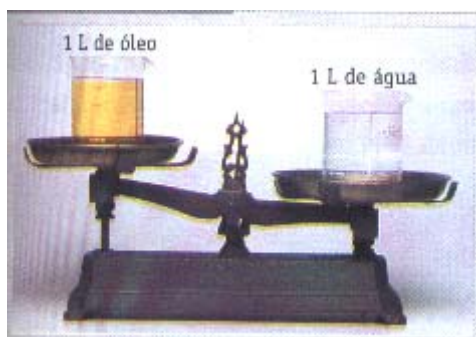
## 1 – INTRODUÇÃO

Um barco no mar, Por que não afunda? Por que não podemos mergulhar em grandes profundidades? O que ocorre com nossos ouvidos ao subirmos ou descermos a serra?

Como um carro é erguido num posto de gasolina? Essas e outras dúvidas serão respondidas neste capítulo, chegou o momento de descrevermos o comportamento dos fluídos, para isso falaremos de temas como densidade, pressão, empuxo e outros temas que nos levarão a um aprofundamento na Hidrostática.

## 2 – DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

Um litro de óleo e um litro de água possuem o mesmo peso? A resposta desta questão é a chave para o entendimento dos conceitos de densidade e massa específica.



Μασσα Εσπεχίφιχα

Massa específica de uma substância é a razão entre determinada massa desta substância e o volume correspondente.

Temos então:

$$\mu = \frac{m}{V}$$

### UNIDADE NO SI:

$m \rightarrow$  massa  $\Rightarrow$  quilograma (kg)  
 $V \rightarrow$  volume  $\Rightarrow$  metro cúbico ( $m^3$ )  
 $\mu \rightarrow$  massa específica  $\Rightarrow$  quilograma por metro cúbico ( $kg / m^3$ )

### OBSERVAÇÃO:

- ☞ No caso da água, cuja massa específica vale  $1 \text{ g/cm}^3$ , observamos que cada  $\text{cm}^3$  de água tem massa de 1 g. Assim é que, numericamente, massa e volume serão iguais para a água, desde que medidos em gramas e em centímetros cúbicos respectivamente.
- ☞ Como 1 litro corresponde a  $1000 \text{ cm}^3$ , no caso da água teríamos  $1 \text{ kg / l}$ .

Densidade relativa ou simplesmente densidade de uma substância é a relação entre a massa específica desta substância e massa específica de uma outra substância adotada como padrão.

Temos então:

$$d_{A,B} = \frac{\mu_A}{\mu_B}$$

**UNIDADE NO SI:**

$\mu_A$  → massa específica da substância A ⇒ (kg / m<sup>3</sup>)  
 $\mu_B$  → massa específica da substância B ⇒ (kg / m<sup>3</sup>)  
 $d_{A,B}$  → densidade de A em relação a B ⇒ adimensional

É comum utilizar o conceito de densidade como massa específica, pois um segundo tipo de densidade seria a densidade absoluta.

**OBSERVAÇÃO:**

A diferença entre densidade e massa específica fica bem clara quando falamos de objetos ocos. Neste caso a densidade leva em consideração o volume completo e a massa específica apenas a parte que contém substância.

**EXERCÍCIOS**

1> Massa de 1kg de água ocupa um volume de 1 litro a 40°C. Determine sua massa específica em g/cm<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup> e kg/l.

2> Determine a massa de um bloco de chumbo que tem arestas de 10 cm. Dado que a massa específica do chumbo é igual 11,2 g/cm<sup>3</sup>.

3> Uma esfera oca, de 1200 g de massa, possui raio externo de 10 cm e raio interno de 9 cm. Sabendo que o volume de uma esfera é dado por

$V = \frac{4}{3} \cdot \pi R^3$ , determine:

(a) a densidade da esfera;

(b) a massa específica do material de que é feita a esfera.

Use  $\pi = 3$ .

(UFMT) 4> Complete a tabela abaixo, apresentando os cálculos que conduzem ao resultado. (Considere os dois planetas na forma esférica.)

	Terra	Marte
Massa	10 . M	M
Raio	2 . R	R
Densidade	?	D

### 3 – PRESSÃO

Pressão é a Força por unidade de área. Podemos representar matematicamente por:

$$p = \frac{F}{A}$$

#### UNIDADE NO SI:

$p \rightarrow$  pressão  $\Rightarrow$  N / m<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Pascal (Pa)

$F \rightarrow$  Força  $\Rightarrow$  Newton (N)

$A \rightarrow$  Área onde é exercida a Força  $\Rightarrow$  metro quadrado (m<sup>2</sup>)

#### Pressão Atmosférica

Pressão exercida pelo peso da camada de ar existente sobre a superfície da Terra. Ao nível do mar, à temperatura de 0 °C é igual a 1 atm.

É comum o uso de unidades de pressão não pertencentes ao SI: atmosfera (atm) e milímetros de mercúrio (mmHg).

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

No estudo da hidrostática, que faremos a seguir, vamos considerar o líquido ideal, isto é, incompressível e sem viscosidade.

#### **EXERCÍCIOS**

(UFRJ) 5> O impacto da partícula de lixo que atinge a nave espacial Columbia produz uma pressão da ordem de 100 N/cm<sup>2</sup>. Nessas condições e tendo a partícula 2 cm<sup>2</sup>, a nave sofre uma força de:

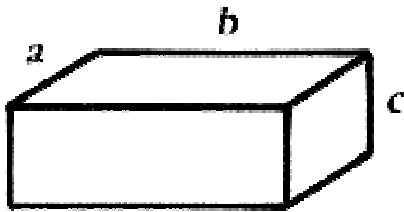
(a) 100 N; (b) 200 N; (c) 400 N; (d) 800 N; (e) 1600N.

6> Um cubo maciço de alumínio (massa específica = 2,1 g/cm<sup>3</sup>), de 50 cm de aresta, está apoiado sobre uma superfície horizontal. Qual é a pressão, em Pa e em atm, exercida pelo cubo sobre a superfície?

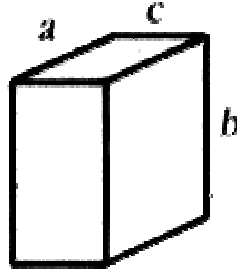
7> Existe uma unidade inglesa de pressão - libra-força por polegada quadrada - que se abrevia  $\text{Lb/pol}^2$ , a qual é indevidamente chamada de libra. Assim, quando se calibram os pneus de um automóvel, muitas pessoas dizem que colocaram 26 "libras" de ar nos pneus. Agora responda: por que num pneu de automóvel se coloca mais ou menos  $25 \text{ Lb/pol}^2$  enquanto no de uma bicicleta de corrida (cujos pneus são bem finos) se coloca aproximadamente  $70 \text{ Lb/pol}^2$ ?  
(Curiosidade:  $1 \text{ Lb/pol}^2 = 0,07 \text{ atm}$ )

8> A caixa da figura abaixo tem peso 400 N e dimensões  $a=10\text{cm}$ ,  $b = 20 \text{ cm}$  e  $c = 5 \text{ cm}$  e apóia-se em uma superfície plana horizontal. Qual a pressão, em  $\text{N/cm}^2$ , que a caixa exerce no apoio, através se sua base, em cada uma das situações propostas ?

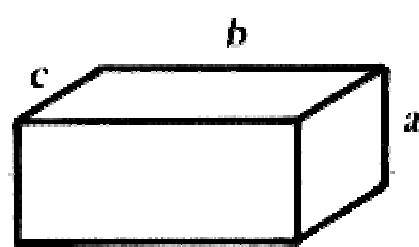
I)



II)



III)



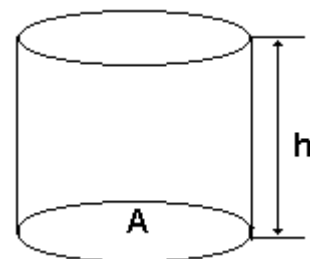
πρεσσο εζερχιδα πελο λ'θυιδο:

Suponhamos um recipiente cilíndrico de área de base  $A$ , contendo um líquido de massa específica  $\mu$ . Qual a pressão que o líquido exerce no fundo do recipiente ?

Da definição de massa específica, temos:

$$\mu = \frac{m}{V} \text{ e } V = Ah \Rightarrow \mu = \frac{m}{Ah}$$

$$\text{Portanto: } m = \mu \cdot Ah$$



Por outro lado, a força que o líquido exerce sobre a Área  $A$  é o seu peso:

$$F = P = m \cdot g, \text{ mas } m = \mu \cdot Ah$$

$$F = \mu \cdot Ah \cdot g$$

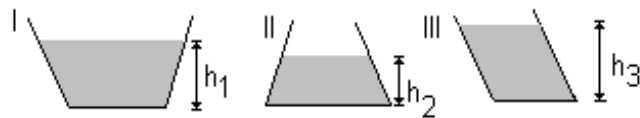
Pela definição de pressão, temos:  $p = \frac{F}{A}$ , substituindo as considerações anteriores, temos:

$$p = \mu \cdot g \cdot h$$

A pressão que o líquido exerce no fundo do recipiente depende da massa específica do líquido, da aceleração da gravidade local e da altura do líquido acima do ponto considerado.

### EXERCÍCIOS

9> Considere que os 3 recipientes abaixo contêm o mesmo líquido.



A pressão exercida no fundo dos recipientes é:

- (a) maior em I;      (b) maior em II;      (c) maior em III;  
 (d) igual nos três;      (e) n.d.a.

10> Determine aproximadamente a altura da coluna de água que exerce pressão de 1 atm. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

## 4 – TEOREMA DE STEVIN

Consideremos um recipiente contendo um líquido homogêneo em equilíbrio estático. As pressões que o líquido exerce nos pontos A e B são:

$p_A = \mu \cdot g \cdot h_A$ $p_B = \mu \cdot g \cdot h_B$	
---	--

A diferença de pressão entre os pontos A e B será:

$$p_B - p_A = \mu \cdot g \cdot \Delta h \quad \text{Teorema de Stevin}$$

***A diferença entre dois níveis diferentes, no interior de um líquido, é igual ao produto da sua massa específica pela aceleração da gravidade local e pela diferença de nível entre os pontos considerados.***

Na realidade temos que dividir a pressão num determinado ponto do líquido em dois tipos:

(i) pressão hidrostática: aquela que só leva em consideração o líquido:

$$p = \mu \cdot g \cdot h$$

(ii) pressão absoluta: aquela que leva em consideração o líquido e o ar sobre o líquido:

$$p = p_{atm} + \mu \cdot g \cdot h$$

Conseqüências do Teorema de Stevin:

No interior de um líquido em equilíbrio estático:

- (a) Pontos de um mesmo plano horizontal suportam a mesma pressão;
- (b) a superfície de separação entre líquidos não miscíveis é um plano horizontal;
- (c) Em vasos comunicantes quando temos dois líquidos não miscíveis temos que a altura de cada líquido é inversamente proporcional às suas massas específicas.



$$p_x = p_y$$

$$p_{atm} + \mu_x \cdot g \cdot h_x = p_{atm} + \mu_y \cdot g \cdot h_y$$

$$\mu_x \cdot h_x = \mu_y \cdot h_y$$

$$\frac{\mu_x}{\mu_y} = \frac{h_y}{h_x}$$

### EXERCÍCIOS

11> Uma piscina com 5,0 m de profundidade está cheia com água. Determine:

- (a) a pressão hidrostática a 3,0 m de profundidade;

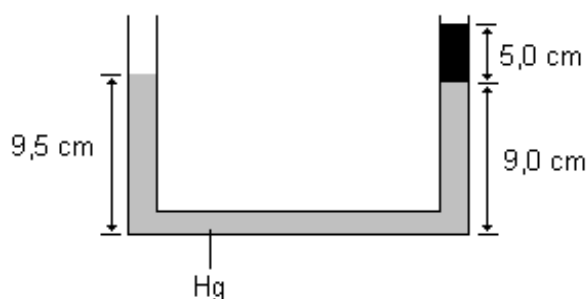
- (b) a pressão absoluta no fundo da piscina;  
 (c) a diferença de pressão entre dois pontos separados, verticalmente, por 80cm.

Considere:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $p_{\text{atm}} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

12> A pressão absoluta no fundo de uma piscina é de 1,4 atm. Logo a profundidade da piscina é de aproximadamente:

- (a) 14 m; (b) 0,4 m; (c) 4 m; (d) 0,70 m; (e) n.d.a.

(UNITAU) 13> A figura mostra um tubo contendo mercúrio e um líquido de massa específica desconhecida. Calcule a massa específica do líquido sabendo que a massa específica do mercúrio é  $13,6 \text{ g/cm}^3$ .



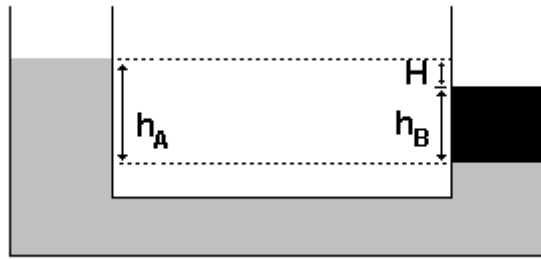
**(clássico)** 14> Para determinar a pressão atmosférica, Torricelli fez a seguinte experiência: um tubo de vidro, de 1m de comprimento, foi cheio de mercúrio e depois o mesmo emborcado num recipiente contendo mercúrio; constatou que, ao nível do mar, o mercúrio no tubo desce até à altura de 760 mm (0,76m).

Se a massa específica do mercúrio é  $13,6 \text{ g/cm}^3 = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e a aceleração da gravidade local é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , qual a pressão atmosférica constatada por Torricelli?

15> Você possui dois líquidos não miscíveis, mercúrio e água, desenhe um vaso comunicante e coloque mais água do que mercúrio e mostre um esquema de como ficariam dispostos os dois líquidos. Explique o seu esquema.

16> Determine o desnível H, nos vasos comunicantes figurados. O líquido A tem densidade 0,6 e o líquido B densidade igual a 1. Dado  $h_A = 20 \text{ cm}$ .





17> Água e óleo de densidades 1,0 e 0,8, respectivamente, são colocados em um sistema de vasos comunicantes. Sendo 16 cm a altura da coluna de óleo, determine a altura da coluna de água medida acima do nível de separação entre os líquidos.

### 5 – PRINCÍPIO DE PASCAL

Pascal fez estudos em fluídos e enunciou o seguinte princípio:

A pressão aplicada a um fluído num recipiente transmite-se integralmente a todos os pontos do mesmo e às paredes do recipiente que o contém.

Uma das aplicações deste princípio é a prensa hidráulica como mostramos a seguir:

	$p_1 = p_2$ $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ <p>ou ainda</p> $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$
--	---

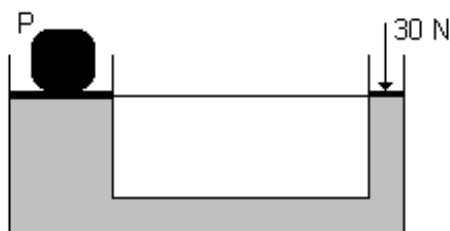
Isso mostra que uma força pequena  $F_1$  é capaz de suportar no outro êmbolo um Peso muito grande ( $F_2$ ), isso é muito utilizado, como por exemplo, em posto de gasolina.

### EXERCÍCIOS

18> Num posto de gasolina, para a lavagem de um automóvel de massa 1000kg, o mesmo é erguido a uma certa altura. O sistema utilizado é uma prensa hidráulica. Sendo os êmbolos de áreas  $10 \text{ cm}^2$  e  $2000 \text{ cm}^2$  e a aceleração da gravidade local de  $10 \text{ m/s}^2$ , qual a força aplicada no êmbolo menor para equilibrar o automóvel ?

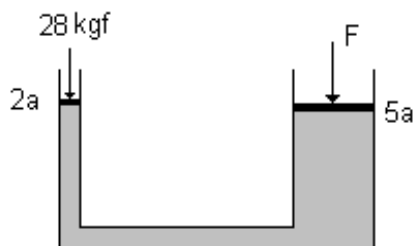
(VUNESP) 19> As áreas dos pistões do dispositivo hidráulico da figura mantêm a relação 50:2. Verifica-se que um peso  $P$ , colocado sobre o pistão maior é equilibrado por uma força de 30 N no pistão menor, sem que o nível de fluido nas duas colunas se altere. De acordo com o Princípio de Pascal, o peso  $P$  vale:

- (a) 20 N; (b) 30 N; (c) 60 N; (d) 500 N; (e) 750 N.



20> A prensa hidráulica representada na figura está em equilíbrio. Os êmbolos formam áreas iguais a  $2a$  e  $5a$ . Qual a intensidade da Força  $F$  ?

- (a) 40 kgf; (b) 60 kgf; (c) 70 kgf; (d) 50 kgf; (e) 45 kgf.



21> Prensa Hidráulica é um dispositivo multiplicador de:

- (a) força e trabalho;  
 (b) potência e trabalho;  
 (c) energia e força;  
 (d) força;  
 (e) n. d. a.

Uma prensa tem pistões de áreas iguais a  $4 \text{ cm}^2$  e  $200 \text{ cm}^2$ . Aplica-se ao êmbolo menor uma força de 20 N. Este enunciado vale para as questões 22, 23 e 24.

22> A pressão no êmbolo menor é, em  $\text{N/cm}^2$ :

- (a) 5; (b) 10; (c) 20; (d) 40; (e) n.d.a.

23> A força que atua sobre o êmbolo de maior área é:

- (a) 100 N; (b) 500 N; (c) 1000 N; (d) 20000 N; (e) n.d.a.

24> Se o êmbolo menor descer de 120 cm, de quanto sobe o êmbolo maior ?

- (a) 1,2 cm; (b) 2,4 cm; (c) 4,8 cm; (d) 6,0 cm; (e) n.d.a.

## 6 – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Os corpos mergulhados totalmente ou parcialmente, num fluido, recebem do mesmo uma força de baixo para cima, na vertical, denominada EMPUXO E.

Arquimedes, há mais de 200 anos a.C., estabeleceu a perda aparente do peso do corpo, devida ao empuxo, quando mergulhado num líquido.

### Princípio de Arquimedes:

*Todo corpo mergulhado, total ou parcialmente, num fluido em repouso, recebe um empuxo, de baixo para cima, de intensidade igual ao peso do fluido deslocado.*

Se um corpo está mergulhado num líquido de massa específica  $\mu_L$  e desloca volume  $V_D$  do líquido, num local onde a aceleração da gravidade é g, temos:

- peso do líquido deslocado:  $P_D = m_D \cdot g$

- como  $\mu_L = \frac{m_D}{V_D}$ ,  $m_D = \mu_L \cdot V_D$

Portanto:  $P_D = \mu_L \cdot V_D \cdot g$

De acordo com o Princípio de Arquimedes:  $E = P_D$ , logo,

$$E = \mu_L \cdot V_D \cdot g$$

### IMPORTANTE:

Flutuação: Ocorre quando temos um corpo na superfície de um fluido cujo peso deste corpo é igual ao Empuxo sobre ele.

$$P = E$$



### EXERCÍCIOS

25> Um objeto com massa de 10 kg e volume  $0,002 \text{ m}^3$  é colocado totalmente dentro da água.

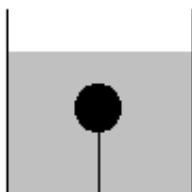
- (a) Qual o valor do peso do objeto ?  
 (b) Qual a intensidade da força de empuxo que a água exerce no objeto ?  
 (c) Qual o valor do peso aparente do objeto ?  
 (d) Desprezando o atrito com a água, determine a aceleração do objeto.  
 Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$

26> Um bloco cúbico de madeira ( $d_c = 0,65 \text{ g/cm}^3$ ), com 20 cm de aresta flutua na água. Determine a altura do cubo que permanece dentro da água.

(UFPA) 27> Um cubo de madeira (massa específica =  $0,80 \text{ g/cm}^3$ ) flutua num líquido de massa específica  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . A relação entre as alturas emersa e imersa é de:

- (a) 2/3;      (b) 2;      (c) 1,5;      (d) 0,5;      (e) 3/2.

28> Uma bola com volume de  $0,002 \text{ m}^3$  e densidade  $200 \text{ kg/m}^3$  encontra-se presa ao fundo de um recipiente que contém água, através de um fio conforme a figura. Determine a intensidade da tração no fio que segura a bola. (Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



29> Uma esfera tem 6,0 g de massa e sua massa específica vale  $0,80 \text{ g/cm}^3$ . Calcule o empuxo sobre ela exercido quando estiver totalmente imersa num líquido de massa específica igual a  $0,90 \text{ g/cm}^3$ , num local em que  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

30> Um corpo pesa 70 kgf. Mergulhado em água, seu peso aparente é de 40kgf. Qual a densidade do material do corpo em questão?

**(clássico)** 31> Uma peça feita de alumínio e cobre pesa 76 gf. Mergulhada em água, seu peso aparente é de 56 gf. Qual o peso do alumínio contido na peça, sabendo que  $d_{Al} = 2,5$  e  $d_{Cu} = 9,0$  ?

32> Os icebergs são grandes blocos de gelo que vagam em latitudes elevadas, constituindo um sério problema para a navegação, sobretudo porque deles emerge uma pequena parte do total.

Sendo  $V$  o volume total do iceberg e  $\mu_g = 0,92 \text{ g/cm}^3$  a massa específica do gelo, determinar a porcentagem do iceberg que aflora à superfície livre da água, considerada com massa específica igual a  $\mu_L = 1 \text{ g/cm}^3$ .

**GABARITO**

1> $1\text{g/cm}^3$ ; $10^3\text{kg/m}^3$ ; 1 kg/l	2> 11,2 kg	3> (a) $0,3\text{g/cm}^3$ (b) $1,1\text{g/cm}^3$	4> 1,25 D
5> letra b	6> $1,05 \times 10^4\text{ Pa}$ ; 0,1 atm	8> I) $2\text{ N/cm}^2$ II) $8\text{ N/cm}^2$ III) $4\text{ N/cm}^2$	9> letra c
10> 10 m	11> (a) $3,0 \times 10^4\text{ Pa}$ (b) $1,5 \times 10^5\text{ Pa}$ (c) $8,0 \times 10^3\text{ Pa}$	12> letra c	13> $1,36\text{ g/cm}^3$
14> $1,01 \times 10^5\text{ Pa}$ ou 1 atm ou 760 mmHg	16> 8cm	17> 12, 8 cm	18> 50 N
19> letra e	20> letra c	21> letra d	22> letra a
23> letra c	24> letra b	25> (a) 100 N; (b) 20 N; (c) 80 N; (d) $8\text{ m/s}^2$ .	26> 13 cm
27> letra d	28> 16 N	29> 0,66 N	30> 2,33
31> 40 gf	32> 8%		