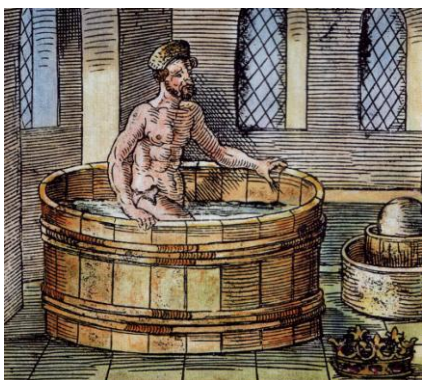


BREVE REVISÃO DE HIDROSTÁTICA

A palavra hidrostática vem de **hydro** = água + **estática** = estado de repouso. Dá para entender então que esta parte da Física trata do estudo da água e, por extensão, de qualquer líquido em repouso.



Arquimedes e o conceito de empuxo

O funcionamento das seringas de injeção, dos canudinhos para tomar refrigerante, dos elevadores de carros em postos de serviço, das bombas para elevar água pode ser explicado pela Hidrostática. É claro que a ciência e a tecnologia desenvolveram e aperfeiçoaram aplicações muito mais complexas dos princípios deste ramo da Física. Mas, por ora, bastam estes exemplos, que estão bem próximos de nós.

Os primeiros estudos sobre o comportamento dos líquidos foram feitos pelo sábio grego Arquimedes, que viveu em Siracusa, no século III a.C. Foi ele que descobriu um dos princípios mais importantes da Hidrostática: o

empuxo. Conta-se que um dia, ao entrar em uma banheira, Arquimedes percebeu que seu corpo parecia mais leve. Teve assim a intuição de que a água exerce uma força de baixo para cima nos corpos nela mergulhados. Arquimedes teria ficado tão satisfeito com essa descoberta que saiu nu pelas ruas, gritando: **Eureka**, cujo significado é “descobri”

A felicidade de Arquimedes se deve ao fato de que a descoberta permitiu resolver um problema destinado a Arquimedes pelo seu rei, que desconfiava que seu ourives (quem lida com a confecção de peças usando ouro) havia lhe enganado, ao confeccionar uma nova coroa. Com a descoberta, Arquimedes usou o conceito de empuxo para provar que o ourives estava adulterando a proporção de metais usados na confecção da coroa, colocando menos quantidade de ouro e mais quantidade de outros metais.

Arquimedes fez o seguinte: primeiro determinou a massa da coroa. Depois, introduziu-a em um recipiente cheio de água, medindo o volume de líquido que transbordou. Esse volume correspondia ao volume da coroa. A relação entre a **massa** da coroa e seu **volume** determinou **densidade**. Caso ela fosse totalmente de ouro, um bloco de ouro puro de mesma massa da coroa deveria deslocar o mesmo volume de água que a coroa deslocou. E Arquimedes repetiu a operação com o bloco de ouro,

para medir o seu volume. Finalmente, descobriu que o ourives havia enganado o rei, substituindo uma parte do ouro por prata.

Somente mais tarde, é que a ciência deu novos passos nessa área, através de uma importante experiência desenvolvida pelo italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) e pela descoberta de outros princípios básicos da Hidrostática pelo holandês Simon Stevin (1548-1620) e pelo francês Blaise Pascal (1623-1662).

DENSIDADE

Conhecer a **densidade** de um material é importante, pois é através dela que podemos afirmar se um corpo afunda ou flutua quando mergulhado em um líquido.

Outro conceito básico em Hidrostática é o de **pressão**, pois todo líquido exerce pressão nas paredes do recipiente que o contém.

O conceito de densidade já era conhecido de Arquimedes. A experiência de Arquimedes mostra que a distribuição da massa de um corpo na unidade de volume constitui uma importante grandeza física, denominada **densidade**. Quando se trata de **substâncias puras**, essa distribuição é denominada **massas específica** ou **densidade absoluta**.

A tabela a seguir apresenta algumas substâncias e suas respectivas densidades:

SÓLIDOS	DENSIDADE (g/cm ³)	LÍQUIDOS	DENSIDADE (g/cm ³)
Alumínio	2,7	Álcool Etílico	0,81 (0° C)
Latão	8,4	Benzeno	0,9 (0° C)
Cobre	8,9	Clorofórmio	1,53 (0° C)
Cortiça	0,24	Glicerina	1,25 (0° C)
Vidro	2,6	Mercúrio	13,6 (0° C)
Ouro	19,3	Óleo lubrificante	0,91 (20° C)
Gelo (0° C)	0,92	Água pura	1,00 (40° C)
Ferro	7,5	Água do mar	1,03 (15° C)
Chumbo	11,4		
Urânio	18,7		
Madeira (Pinho)	0,6		

O cálculo da densidade é feito pela relação $d = \frac{m}{V}$

No Sistema Internacional de Medidas, a unidade de densidade é o Kg/m³. Na prática, a unidade é o g/cm³.

$$\frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3} = \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} \rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

PRESSÃO

Para entender o que é pressão, precisamos considerar os seguintes exemplos:

- Não se pode furar uma superfície de madeira com os dedos. Mas, se você distribuir as mesmas forças em um percevejo, ele fura aquela superfície. Da mesma forma, se você bater o martelo em uma superfície de madeira, ele não a penetra, mas, batendo com a mesma força em um prego, este entra naquela superfície.
- Um salto fino afunda mais profundamente na areia da praia do que o pé descalço ou com tênis.
- Todo objeto cortante (tesoura, lâmina, faca, etc.) vai perdendo o poder de corte à medida que é usado; isso porque a superfície de contato vai sendo aumentada com o uso.

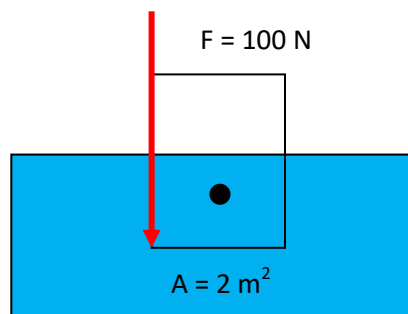
Podemos concluir, então, **que forças distribuídas perpendicularmente numa superfície implicam a possibilidade de ruptura, quanto maior for a intensidade da força resultante por unidade de área.**

Denominamos **PRESSÃO MÉDIA** (p_m) ao quociente entre a intensidade do componente perpendicular da força resultante (F) e a área da superfície (A):

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

No Sistema Internacional de Medidas, a unidade de pressão média é $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$ (pascal), em homenagem ao cientista Blaise Pascal.

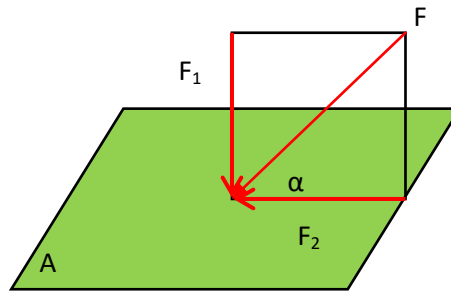
Um exemplo de aplicação da pressão média pode ser dado pela figura abaixo:



Como **F** (100 N) é a intensidade da resultante das forças perpendiculares à superfície de área **A** (2 m²), temos:

$$P_m = \frac{100}{2} \rightarrow P_m = 50 \text{ N/m}^2$$

Para calcular a pressão média utilizando uma força não-perpendicular à superfície, determina-se antes a componente perpendicular. Veja na figura abaixo que a componente perpendicular é $F_1 = F \cdot \sin \alpha$.



Porque $F_1 = F \cdot \sin \alpha$? Porque $\sin \alpha = \frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{Hipotenusa}}$, onde o Cateto Oposto é F_1 e a Hipotenusa é F .

Portanto, $P_m = \frac{F_1}{A}$ e $F_1 = F \cdot \sin \alpha$

$$\text{Logo } P_m = \frac{F \cdot \sin \alpha}{A}$$

TEOREMA DE STEVIN

Para entender o Teorema de Stevin, vamos introduzir os conceitos de **pressão efetiva (p_{ef})** – que corresponde à pressão que a coluna de líquido exerce no ponto considerado do líquido – e **pressão absoluta (p_{abs})** – resultante da adição entre a pressão atmosférica (p_{atm}) e a pressão efetiva

A pressão efetiva depende, então, da profundidade (h) do ponto, da aceleração da gravidade (g) e da densidade (d) do líquido.

$$p_{ef} = d \cdot g \cdot h$$

Portanto, em um líquido, a pressão é igual para pontos em um mesmo nível ou em uma mesma profundidade (h).

O enunciado do Teorema de Stevin é o seguinte:

A pressão absoluta em um ponto de um líquido homogêneo, incompressível, de densidade d e em uma profundidade h é igual à pressão atmosférica (exercida sobre a superfície desse líquido) mais a pressão efetiva.

$$p_{abs} = p_{atm} + p_{ef} \rightarrow p_{abs} = p_{atm} + d \cdot g \cdot h$$

EXERCÍCIOS:

- 1) A densidade da água é de 1 g/cm^3 . Responda:
 - a. Calcule essa densidade, em kg/m^3 ;
 - b. Qual o significado físico dessa densidade?
- 2) (FUVEST-SP) Em uma experiência de laboratório, os alunos observaram que uma bola de massa especial afundava na água. Arquimedes, um aluno criativo, pôs sal na água e viu que a bola flutuou. Já Ulisses conseguiu o mesmo efeito modelando a massa sob forma de barquinho. Explique, com argumentos da Física, os efeitos observados por Arquimedes e Ulisses.
- 3) Considere um cilindro constituído por três partes de volumes iguais a V . A parte de baixo é de ferro maciço e homogêneo, cuja densidade é de $7,5 \text{ g/cm}^3$, as duas partes de cima são de madeira, cuja densidade é igual a $0,6 \text{ g/cm}^3$. Determine a densidade do cilindro.
- 4) Um submarino está em uma profundidade de 20 metros no oceano. Sabendo-se que cada 10 metros de profundidade no líquido correspondem à pressão de 1 atmosfera (atm), qual é, aproximadamente, a pressão absoluta sobre o submarino, em atm?
- 5) Considerando $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ (Pascal), $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $d = 10^3 \text{ kg/m}^3$, qual a pressão, em Pascal (Pa), no fundo de um lago de 15 metros de profundidade?