

**Curso Básico**

**de**

**Mecânica dos Fluidos**

**Unidade 2**

**Raimundo Ferreira Ignácio**

## Unidade 2 - Estática dos Fluidos

### Objetivos -

1. Evocar o conceito de pressão
2. Demonstrar através da hipótese do contínuo, que a pressão é uma grandeza escalar
3. Mostrar a ampliação, ou a redução, de uma força através de um meio fluido
4. Mencionar os conceitos necessários para a utilização dos manômetros de coluna de líquidos
5. Mencionar as escalas de pressão
6. Introduzir o estudo da aerostática
7. Mostrar o princípio de funcionamento dos manômetros metálicos tipo Bourdon
8. Mencionar os conceitos básicos para o estudo das forças em superfícies planas submersas

### Sumário -

- 2.1 Conceito de pressão
- 2.2 Lei de Pascal
- 2.3 Teorema de Stevin
- 2.4 Equação manométrica
- 2.5 Escalas de pressão
- 2.6 Diagrama comparativo entre escalas de pressão
- 2.7 Manômetro metálico tipo Bourdon
- 2.8 Aerostática
- 2.9 Forças em superfícies planas submersas
- 2.10 Equações dimensionais
- 2.11 Principais unidades de pressão
- 2.12 Relações entre unidades de pressão
- 2.13 Algumas considerações sobre o fluido manométrico, usado em manômetros de coluna de líquido
- 2.14 Exercícios
- 2.15 Experiência proposta

## **Objetivos da primeira aula da unidade 2:**

**Evocar o conceito de pressão;**

**Mencionar o conceito de fluido como meio contínuo;**

**Realizar uma nova tarefa em sala de aula, que tem como objetivos: fixar a hipótese central da unidade 2 e estabelecer as condições para a validade da equação:  $F_N = p \cdot A$ ;**

**Demonstrar que a pressão é uma grandeza escalar;**

**Descrever a lei de Pascal;**

**Mencionar alguns exemplos práticos de aplicação da lei de Pascal;**

**Propor tarefa visando facilitar o aprendizado.**

### 2.1 Conceito de pressão - (p)

Para evocarmos este conceito, consideramos uma força normal elemental  $d\vec{F}_N$  agindo em um elemento de área  $dA$ , como mostra a figura 2.1.

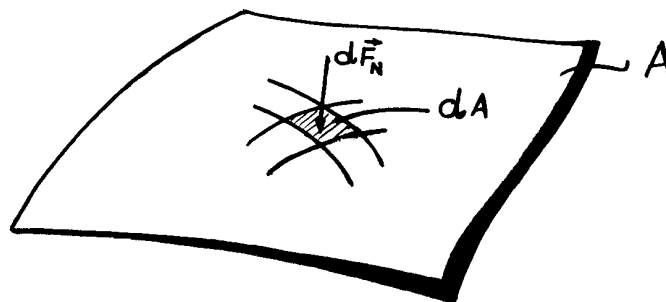


Figura 2.1

Define-se pressão como sendo a relação entre o módulo de  $d\vec{F}_N$  e a área  $dA$ :

$$p = \frac{\left| \vec{dF}_N \right|}{dA}$$

**Equação 2. 1****Observação:**

Ao considerar o fluido como meio contínuo, garante-se que na sua menor porção existirá matéria.

Esta consideração, permite afirmar que um ponto fluido será sempre representado por uma área elementar e em conseqüência define-se a pressão para o mesmo como sendo:  $p = \gamma \cdot h$ , onde  $h$  é a profundidade do ponto fluido em relação a sua superfície livre, que é a superfície que o separa do ar atmosférico.

**A expressão:  $p = \gamma \cdot h$  é válida quando se considera  $p_{atm} = 0$ .**

Pelo exposto anteriormente, podemos afirmar que um fluido em contato com uma superfície sólida, originará na mesma uma força normal cuja intensidade pode ser calculada pela equação 2.2.

$$F_N = \int p \cdot dA$$

**Equação 2. 2****Tarefa:**

A equipe deve se reunir por 20 minutos, para esclarecer os seguintes pontos:

- 1º - O título da unidade 2, por si só, representa a hipótese central desta unidade, hipótese esta que é condição para validade de tudo o que for apresentado na mesma. Qual a hipótese central da unidade 2?
- 2º - Afirmou-se, que a pressão de um ponto fluido pode ser calculada pela equação:  $p = \gamma \cdot h$ . Considerando o conceito de fluido como meio contínuo e a equação 2.1, como você demonstraria que  $p = \gamma \cdot h$ ?
- 3º - A partir da equação 2.2, dê a(s) condição(ões) para transformá-la na equação 2.3:

$$F_N = p \cdot A$$

**Equação 2. 3**

- 4º - Você seria capaz de mencionar algum exemplo prático, no qual aplica-se a equação 2.3?

**Lembre-se que uma das maneiras eficientes de aprendizado é quando temos que explicar algo a alguém!!!**

## 2.2 Lei de Pascal

A figura 2.2, representa um recipiente que contém um fluido contínuo, incompressível e em repouso, do qual considera-se um ponto A.

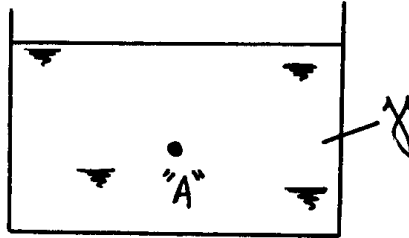


Figura 2. 2

Pela hipótese do contínuo, sabemos que o ponto A apresenta dimensões elementares e pode ser representado por qualquer forma geométrica. Escolhemos a forma representada pela figura 2.3.

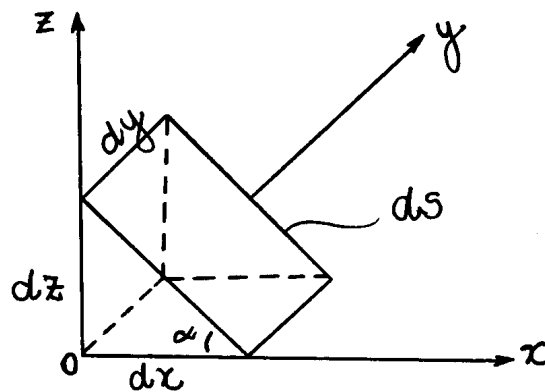


Figura 2. 3

onde:  $\alpha \rightarrow$  é um ângulo qualquer e  $S \rightarrow$  é uma direção qualquer.

Pelo fato do fluido estar em repouso, podemos afirmar que o ponto A também o está, portanto:

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\sum \vec{F}_z = 0$$

O ponto A, sendo um ponto fluido pertencente a um fluido contínuo, não estando no vácuo absoluto (ausência total de matéria) e assumindo a configuração representada pela figura 2.3, está submetido as seguintes pressões:

- na direção  $x \rightarrow p_x$
- na direção  $y \rightarrow p_y$
- na direção  $z \rightarrow p_z$
- na direção  $S \rightarrow p_S$

Evocando a equação 2.3, podemos escrever que:

$$F_{Nx} = p_x \cdot dy \cdot dz$$

$$F_{Ny} = p_y \cdot \frac{dx \cdot dy}{2}$$

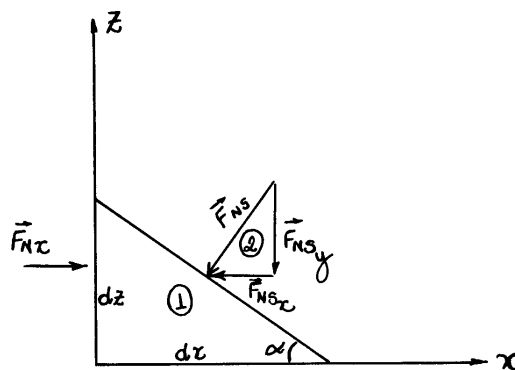
$$F_{Nz} = p_z \cdot dx \cdot dy$$

$$F_{NS} = p_S \cdot dy \cdot dS$$

Pela condição do ponto fluido A estar em repouso e considerando a direção  $x$ , podemos escrever que:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad \text{e} \quad F_{Nx} = F_{NS}$$

A condição, do ponto fluido A estar em repouso, é representada pela figura 2.4.



**Figura 2. 4**

Considerando o triângulo (1), podemos escrever que:

$$dz = dS \cdot \text{sen } \alpha$$

Já o triângulo (2), origina:

$$F_{NSx} = F_{NS} \cdot \text{sen } \alpha$$

Portanto:

$$p_x \cdot dy \cdot dz = p_s \cdot dy \cdot dS \cdot \text{sen } \alpha$$

$$p_x \cdot dy \cdot dz = p_s \cdot dy \cdot dz$$

$$p_x = p_s$$

## **Outro objetivo da Escola da vida: criar o hábito de ler e interpretar.**

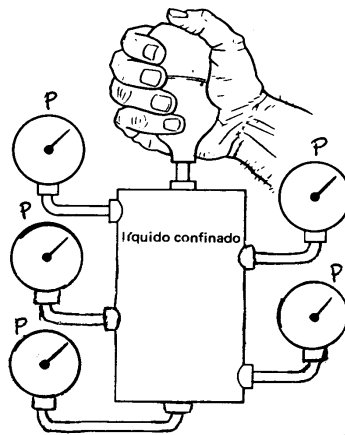
Lendo a equação anterior: **a pressão na direção x é igual à pressão em uma direção qualquer.**

**Conclusões:**

1ª - A pressão em torno de um ponto fluido, pertencente a um fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual em qualquer direção.

2ª - Como a pressão não depende da direção, podemos afirmar que ela é uma grandeza escalar

Por outro lado, ao considerarmos um fluido confinado e a este aplicarmos uma pressão, esta será transmitida integralmente a todos os seus pontos. (Figura 2.5)



**Figura 2. 5**

**Isto que acabamos de estudar é óbvio.**

**Gostaria de lembrar que nem sempre o óbvio resiste ao tempo.**

**O que acabamos de ver vem resistindo desde 1620.**

As conclusões: (1) e (2) e a situação descrita pela figura 2.5 foram constatada por Blaise Pascal em 1620, dando origem a lei de Pascal, cujo enunciado pode ser descrito da seguinte forma:

“A pressão em torno de um ponto fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual em todas as direções, e ao aplicar-se uma pressão em um de seus pontos, esta será transmitida integralmente a todos os demais pontos.”

Apesar da lei de Pascal ter sido enunciada em 1620, foi neste século que ela passou a ser usada industrialmente, principalmente em sistemas hidráulicos.

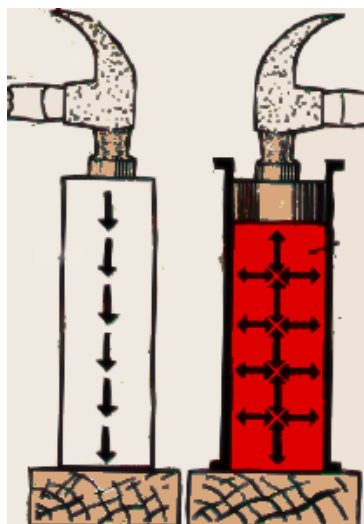
Os sistemas hidráulicos conseguem eliminar mecanismos complicados como: cames (excêntricos), engrenagens, alavancas, etc. ...

O fluido hidráulico não está sujeito a quebras tais como as peças mecânicas.

Os fluidos, aqueles mais usados em sistemas hidráulicos, são geralmente a base de petróleo. Recentemente fluidos sintéticos, fluidos com alta resistência ao fogo, invadiram o campo hidráulico.

Os fluidos hidráulicos são considerados praticamente incompressíveis, e possuem uma grande vantagem na transmissão de força, isto quando comparados com outros sistemas mecânicos, como demonstra a lei de Pascal.

Quando um golpe é desferido na extremidade de uma barra de metal, a sua direção não será alterada, a não ser através do uso de engrenagens e outros mecanismos complexos. Já em um fluido hidráulico, a força é transmitida não só diretamente através dele a outra extremidade, mas também em todas as direções do fluido. (Figura 2.6)



**Figura 2.6**



As vantagens descritas anteriormente para os fluidos hidráulicos levaram as indústrias, atualmente, a empregar uma grande variedade de máquinas que utilizam o princípio de transmitir força através de um meio fluido.

A figura 2.7 mostra alguns destes exemplos, tais como: macaco hidráulico, prensa hidráulica, elevador hidráulico e sistema de freios hidráulico.

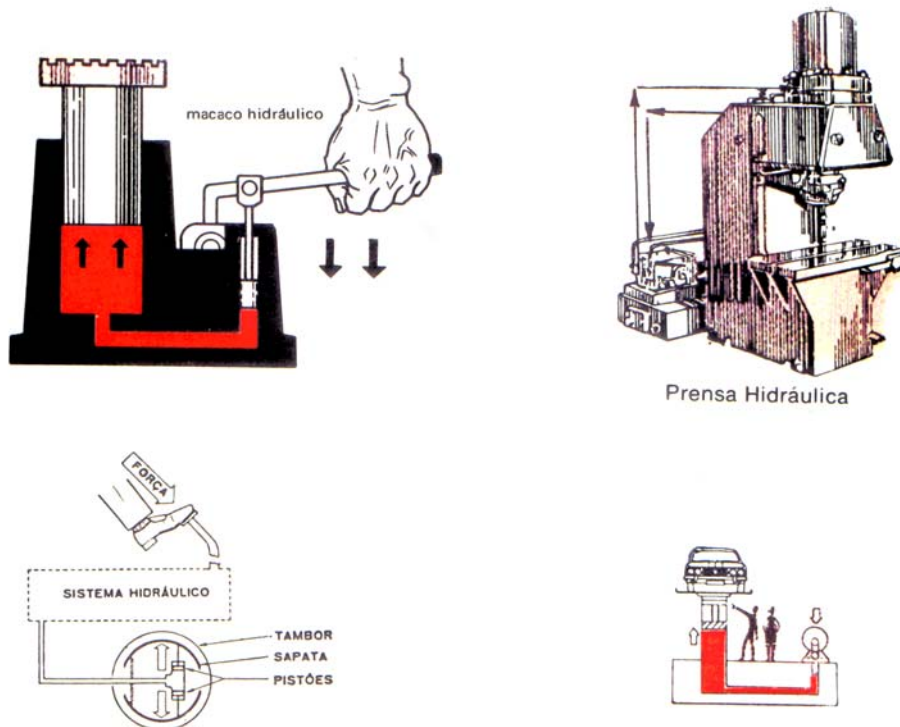


Figura 2. 7

**Tarefa proposta:**

Elaborar um seminário com o título: **Princípio de transmitir força, ampliando-a ou reduzindo-a, através de um meio fluido.**

**As grandes conquistas exigem: otimismo e dedicação e a vontade de vencer abre novos horizontes.**

**Raimundo Ferreira Ignácio**