

# Segunda aula de mecânica dos fluidos básica

Estática dos Fluidos – capítulo 2 do livro do professor Franco Brunetti



NO DESENVOLVIMENTO  
DESTA SEGUNDA AULA  
NÃO IREI ME REPORTAR  
DIRETAMENTE AO LIVRO  
MENCIONADO MAS IREI  
REFLETIR SOBRE A  
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO  
E GÁS NATURAL.





Para iniciar vou pensar em um reservatório e aí pensar em pressão.



# Pressão

## 1. Introdução

A pressão é definida como a distribuição de uma força sobre uma área. Quando uma força é aplicada num objeto, a área sobre a qual a força é aplicada sofre pressão. Por exemplo, um tanque de armazenamento pesando 4 448 222 N (1 000 000 lbf (ou pound-force) e com um fundo cuja superfície de área é de 129,032 m<sup>2</sup> (200000 pol<sup>2</sup>) exerce uma pressão sobre o chão equivalente a 0,345 bar (aproximadamente 5 lbf/pol<sup>2</sup> (psi)).

## 2. Unidade de pressão

A unidade SI de pressão é o pascal (Pa), que é a relação entre 1 newton por 1 metro quadrado, ou seja,  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2$ . Por ser muito pequena, é comum se usar o kPa e o MPa ou o bar.

A pressão é a variável de processo cuja unidade usada é a mais diversa possível. Embora não recomendado são usados: psi, kgf/cm<sup>2</sup>, mm H<sub>2</sub>O, mm Hg, bar, tor. Mesmo que seja difícil, no princípio, por questão legal, deve-se usar o pascal.

### 3. Regras de pressão

A pressão age de maneiras específicas em líquidos em repouso de acordo com as quatro regras de pressão a seguir:

- 1ª. A pressão age uniformemente em todas as direções num pequeno volume de líquido.
- 2ª. A pressão age perpendicularmente às fronteiras de um recipiente contendo um líquido em repouso.
- 3ª. As mudanças de pressão produzidas num ponto de um sistema fechado são transmitidas para todo o sistema.
- 4ª. A pressão num líquido atua uniformemente sobre uma superfície horizontal.

### 4. Tipos de pressão

**Pressão absoluta:** é a pressão medida em relação ao vácuo absoluto. O vácuo absoluto sempre tem a pressão igual a zero. A pressão absoluta independe da pressão atmosférica do local onde ela é medida.

**Pressão atmosférica** é a pressão absoluta na superfície terrestre devida ao peso da atmosfera. A pressão atmosférica depende principalmente da altitude do local: quanto mais alto menor é a pressão atmosférica. A pressão atmosférica depende pouco de outros parâmetros, tais como poluição, umidade da atmosfera, maré do mar. A pressão atmosférica é também chamada de **pressão barométrica**.

**Pressão manométrica** é a pressão medida com relação à pressão da atmosfera. A diferença entre pressão manométrica e pressão absoluta é a pressão atmosférica. A pressão manométrica também é chamada de **pressão efetiva** que é aquela que adota como zero a pressão atmosférica local (pressão barométrica). Por ser mais barato, pois o sensor é mais simples, geralmente se mede a pressão manométrica



→ **Mede a pressão manométrica, que é a pressão interna menos a externa.**

**Pressão estática** é a pressão medida na parede interna da tubulação por onde passa o fluido. Ela é chamada de estática porque a velocidade do fluido viscoso que flui através da parede rugosa da tubulação é zero, isto pelo princípio de aderência.

**Pressão de vapor** de um líquido é a pressão acima da qual o líquido não se vaporiza. Por exemplo, a pressão de vapor do propano é de aproximadamente 92,4 psi a 15°C. Isso significa que, a uma temperatura de 15°C, a pressão de um oleoduto contendo propano deve ser superior a 92,4 psi para que o propano seja mantido num estado de líquido puro. Se a pressão cair abaixo desse nível, ocorrerá no oleoduto a formação de gás de propano, a qual poderá causar sérios prejuízos ao funcionamento do oleoduto. A formação de gás num oleoduto chama-se quebra de coluna; a cavitação é a rápida formação e colapso de cavidades de vapor em regiões de baixa pressão. A cavitação pode acarretar sérios danos à bomba. É necessário que os operadores de oleodutos mantenham a pressão na linha acima da pressão de vapor do líquido de modo a evitar a quebra de coluna e a cavitação.

**VAMOS PENSAR AGORA NA  
PRESSÃO EM UM PONTO  
FLUIDO A QUAL DARÁ INÍCIO  
AOS ESTUDOS DE PRESSÃO EM  
UMA COLUNA FLUIDA. PARA  
ISTO DEVEMOS PENSAR NOS  
CONCEITOS DE DENSIDADE OU  
MASSA ESPECÍFICA E PESO  
ESPECÍFICO.**

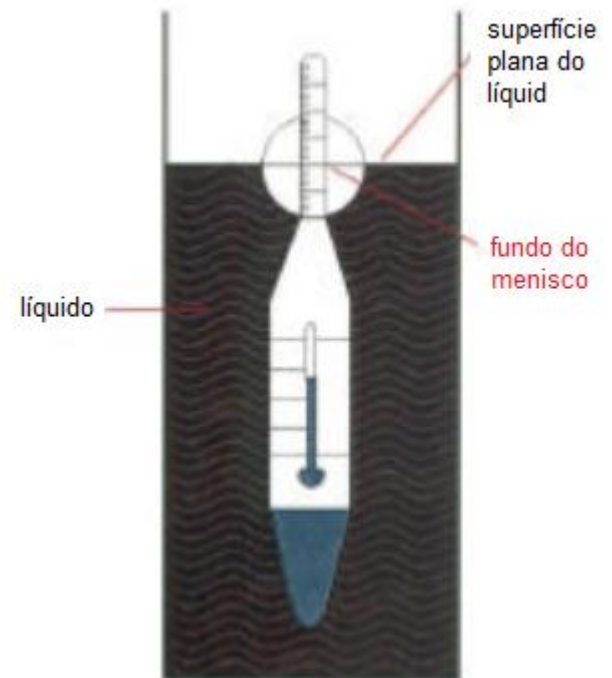




**A densidade absoluta ou massa específica** é definida como a massa dividida pelo volume. Sua unidade é expressa em  $\text{kg/m}^3$ .

**A massa específica relativa** de um líquido é a divisão da massa específica deste líquido pela massa específica padrão d'água, que é  $1000 \text{ kg/m}^3$ . A massa específica relativa é um número adimensional. Se a massa específica relativa de um dado óleo é  $0,750$ , sua massa específica vale  $750 \text{ kg/m}^3$ .

**Exemplo de uma determinação de massa específica:**



**O peso específico** é definido como o peso dividido pelo volume. Sua unidade é expressa em  $\text{N/m}^3$ . Portanto a relação entre o peso específico e a massa específica é representada a seguir:

$$\frac{\gamma}{\rho} = g \therefore \gamma = \rho \times g$$

**O peso específico relativo** de um líquido é a divisão do peso específico deste líquido pelo peso específico padrão d'água, que é  $9800 \text{ N/m}^3$ . O peso específico relativo é um numero adimensional. Se o peso específico relativo de um dado óleo é 0,750, seu peso específico vale  $7350 \text{ N/m}^3$ .

**Importante:** o peso específico relativo é numericamente igual a massa específica relativa, ou seja:

$$\frac{\gamma_r}{\rho_r} = 1 \therefore \gamma_r = \rho_r$$

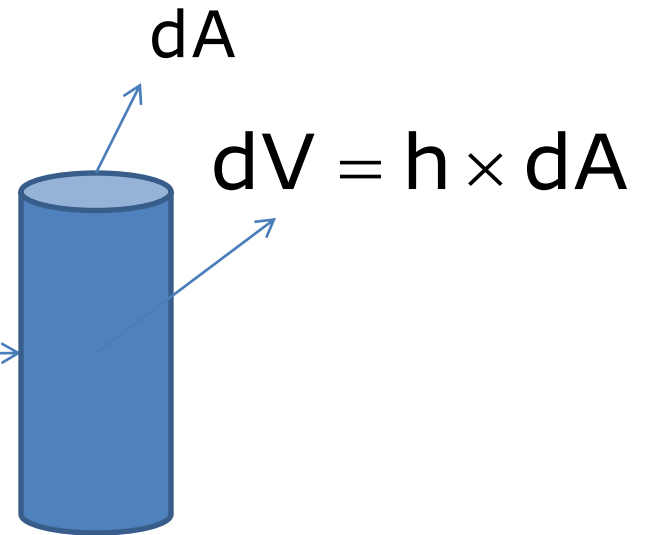
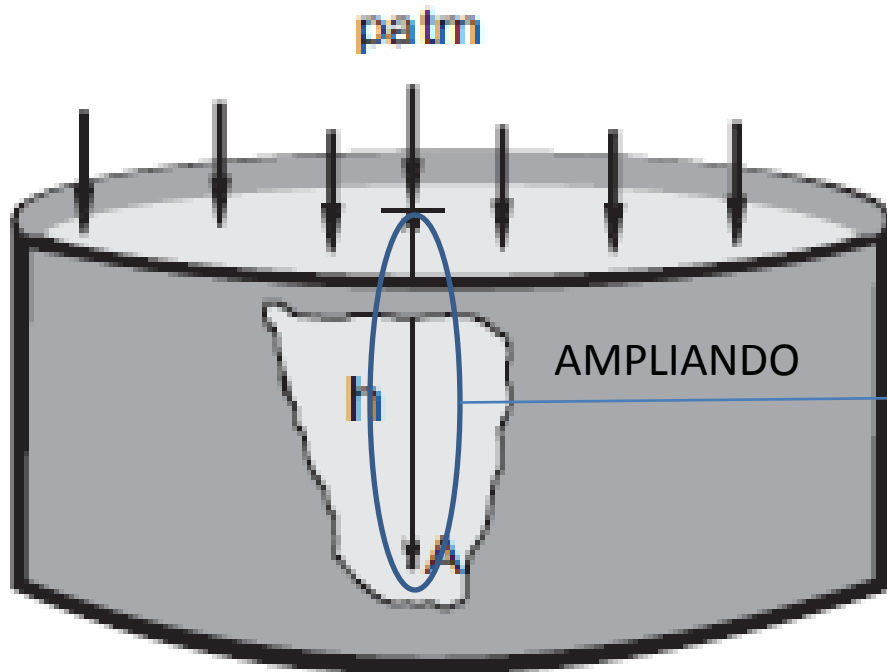


**Pressão em um ponto fluido (p):  
vamos considerar um fluido em  
repouso, contínuo e incompressível  
( $\gamma = \text{constante}$ ), o qual se encontra  
no recipiente representado no  
próximo slide. Consideramos um  
ponto fluido A que está a uma  
profundidade  $h$  e considerando a  
pressão atmosférica igual à zero, ou  
seja, trabalhamos na escala efetiva  
ou relativa de pressão, podemos  
determinar a expressão que permite  
calcular a pressão em um ponto  
fluido**



Lembre que consideramos

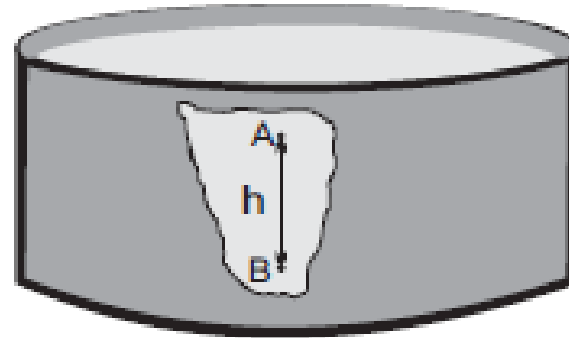
$$p_{\text{atm}} = 0$$



$$\therefore dG = \gamma \times dV$$

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

# teorema de Stevin



$$p_B - p_A = \gamma \times h$$

$p_B$  → pressão no ponto B

$p_A$  → pressão no ponto A

$h$  → diferença de cotas entre o ponto B e A

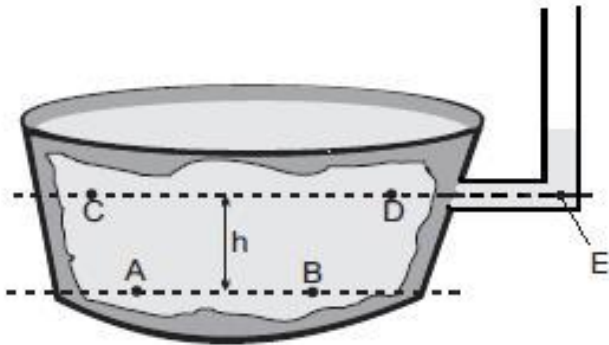
$\gamma$  → peso específico do fluido

## Pressão

26/08/2009 - v9

NÃO ESQUEÇA DE  
ESCREVER O  
ENUNCIADO!

# CONCLUSÕES



$$p_A = p_B$$

$$p_C = p_D = p_E$$

$$p_A - p_C = p_A - p_D = p_A - p_E = \gamma \times h$$

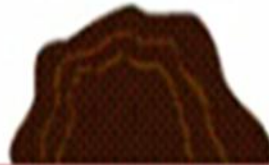
- 1) para determinar a diferença de pressão entre dois pontos, não importa a distância entre eles, mas sim, a diferença de cotas entre eles;
- 2) a pressão de dois pontos em um mesmo nível, isto é, na mesma cota, é a mesma;
- 3) a pressão independe do formato, do volume ou da área da base do reservatório.

Vamos aplicar o  
teorema de Stevin e  
praticar a ARTE DE  
RESOLVER  
PROBLEMAS.





CONSIDERANDO QUE NA  
SEÇÃO DE PRESSÃO P1  
SERÁ INSTALADO UM  
EQUIPAMENTO QUE  
EXIGE UMA PRESSÃO  
MÍNIMA DE 6,2 mca,  
PERGUNTA-SE SE É  
POSSÍVEL INSTALÁ-LO  
PARA A VAZÃO MÁXIMA  
DA BANCADA?





# DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE FORMA DIRETA

vazão =  $Q$

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$

$$V = A_{\text{tanque}} \times \Delta h$$

$$A_{\text{tanque}} = ? \text{ m}^2$$



BANCADA 1

$P_1$







BANCADAS 2, 3, 4 E 5

$p_{m3}$

$H$

$p_1$

$H_2O$

$p_3$

$p_2$

$h_2$

$h_1$

$Hg$

$Hg$

1 9 2004

# BANCADA 6

$P_1$

