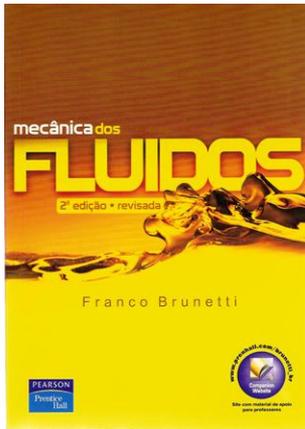


Segunda aula de fenômenos de transporte para engenharia civil

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



BIBLIOGRAFIA BÁSICA

NESTA
BIBLIOGRAFIA
ESTUDAMOS
FLUIDO
ESTÁTICO E EM
MOVIMENTO.



VAMOS INICIAR
COM FLUIDO EM
REPOUSO

OU SEJA, COM A
ESTÁTICA DOS
FLUIDOS

AS AULAS PODEM
SER
ACOMPANHADAS
TANTO NO
YOUTUBE COMO NA
PÁGINA:



www.escoladavida.eng.br

Entrando na página
clique “Na engenharia”

E depois em “fenômenos de
transporte na eng. civil”



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 m² (200000 pol²) exerce uma pressão sobre o chão equivalente a 0,345 bar (aproximadamente 5 lbf/pol² (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/cm², mm H₂O, 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.

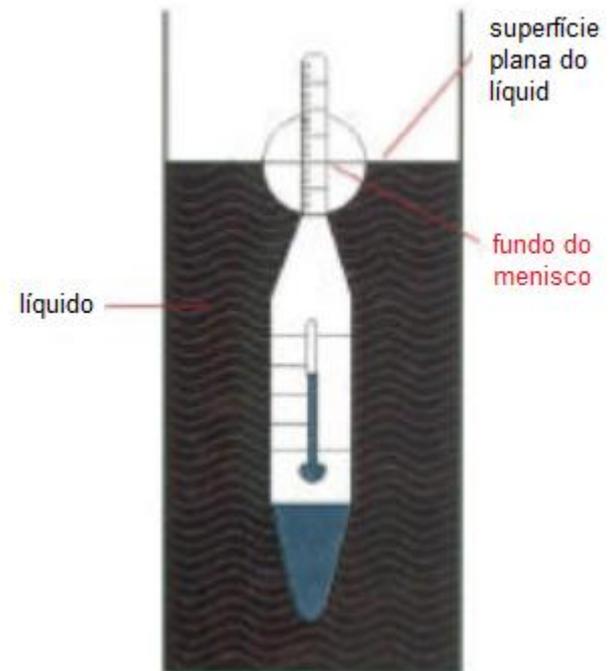
**VAMOS PENSAR AGORA NA
PRESSÃO EM UM PONTO
FLUIDO A QUAL DARÁ INÍCIO
AOS ESTUDOS DE PRESSÃO EM
UMA COLUNA FLUIDA. PARA
ISTO DEVEMOS PENSAR NOS
CONCEITOS DE DENSIDADE OU
MASSA ESPECÍFICA E PESO
ESPECÍFICO.**



A densidade absoluta ou massa específica é definida como a massa dividida pelo volume. Sua unidade é expressa em 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 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 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 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 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 N/m^3 .

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

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



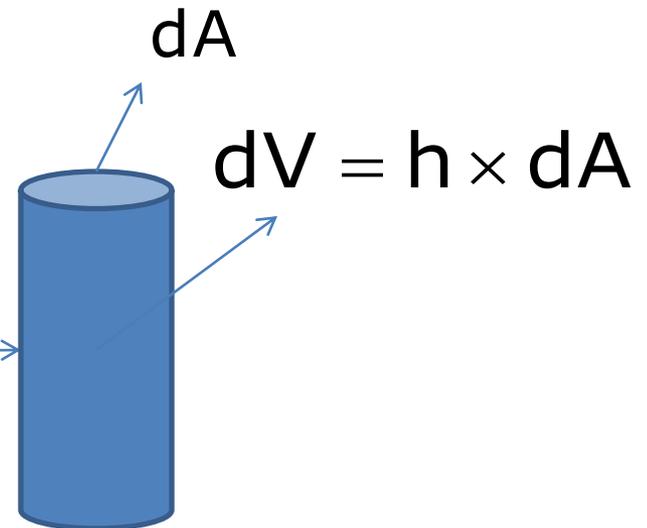
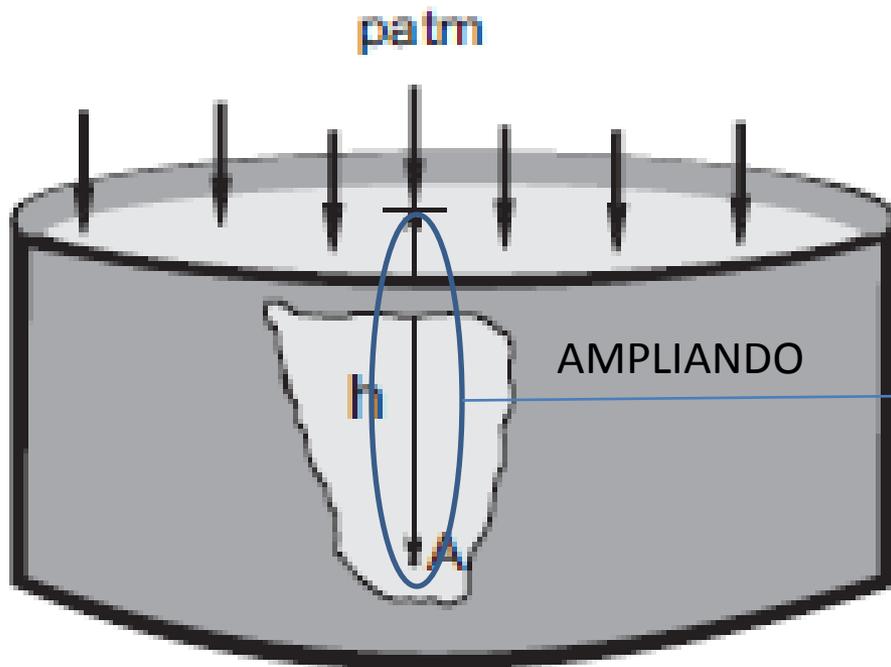
Pressão em um ponto fluido (p)

Vamos considerar um fluido em repouso, contínuo e incompressível ($\gamma = \text{constante}$), o qual se encontra no recipiente representado no próximo slide. No meio fluido consideramos um ponto A que está a uma profundidade h .

Trabalhando na escala efetiva ou relativa de pressão ($p_{\text{atm}} = 0$), podemos determinar a expressão que permite calcular a pressão em um ponto fluido.



Sobre o ponto fluido existe um volume elementar (dV) do fluido, o qual tem um peso também elementar dG .



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

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

A pressão efetiva do ponto fluido (p), permite introduzir o conceito de carga de pressão (h),

A unidade de carga de pressão será sempre uma unidade de comprimento + o nome do fluido considerado. Exemplos: mca e mmHg

$$p = \gamma \times h \therefore h = \frac{p}{\gamma}$$





Após o conceito de pressão em um ponto fluido e carga de pressão, podemos evocar o TEOREMA DE STEVIN QUE SERÁ UTILIZADO NA SOLUÇÕES DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS NESTA AULA.

teorema de Stevin

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

p_B → pressão no ponto B

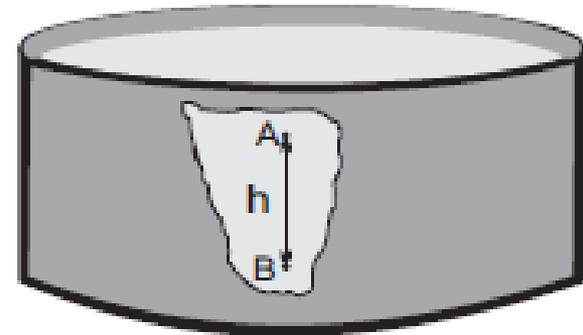
p_A → pressão no ponto A

h → diferença de cotas entre o ponto B e A

γ → peso específico do fluido

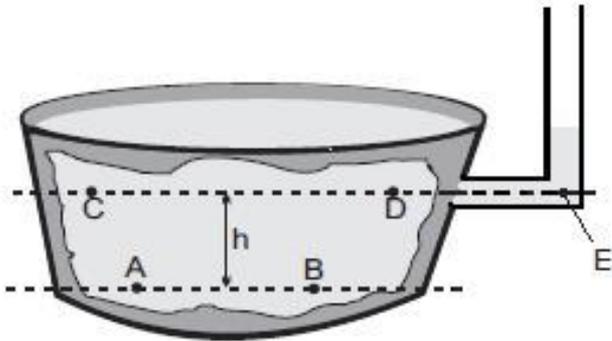
Pressão

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 na
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?

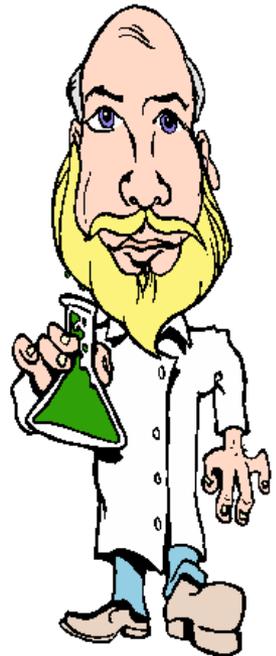


Determinação
da vazão do
escoamento
na bancada.



$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tan que}}}{t}$$

Vamos
trabalhar!



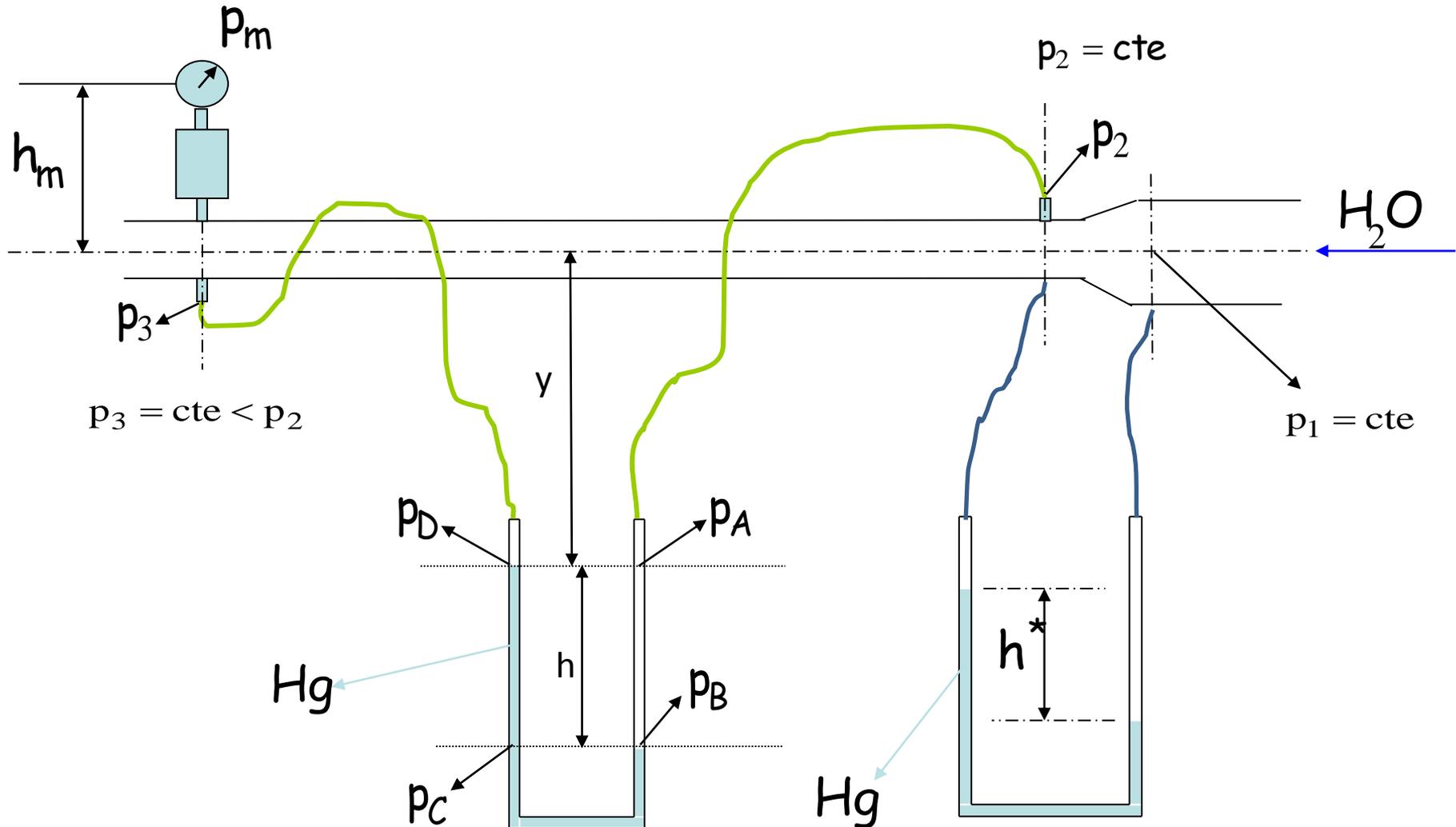
BANCADA 1

P_1



Enunciado e esboço da bancada

Com os dados especificados determine a pressão na seção (0) na escala efetiva e especifique a vazão do escoamento do fluido.



Dados :

$$h^* = 148\text{mm}$$

$$h = 195\text{mm}$$

$$h_m = 105\text{mm}$$

$$p_m = 17\text{psi}$$

$$\Delta h = 100\text{mm}$$

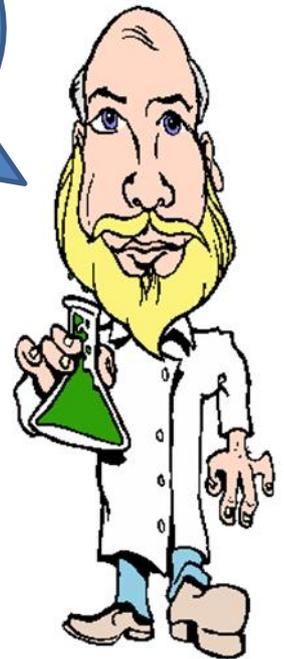
$$t = 21,72\text{s}$$

$$A_{\text{tanque}} = 0,54612\text{m}^2$$

$$\gamma_{\text{agua}} = 9800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

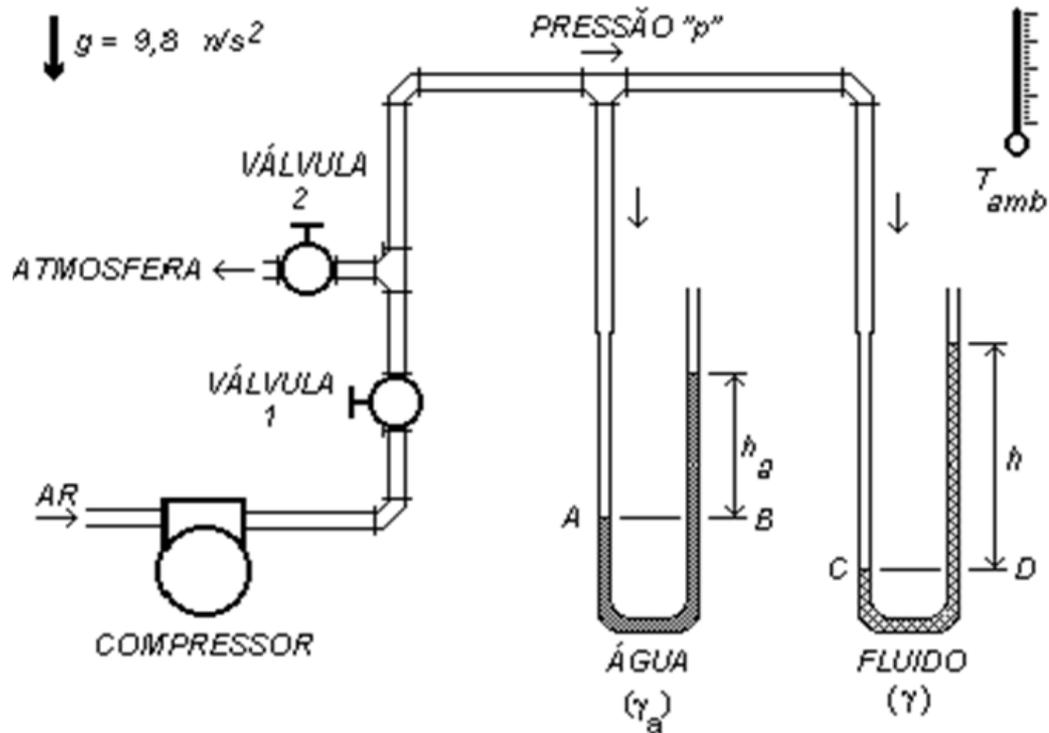
$$\gamma_{\text{Hg}} = 136000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

AGORA É
SÓ
RESOLVER!

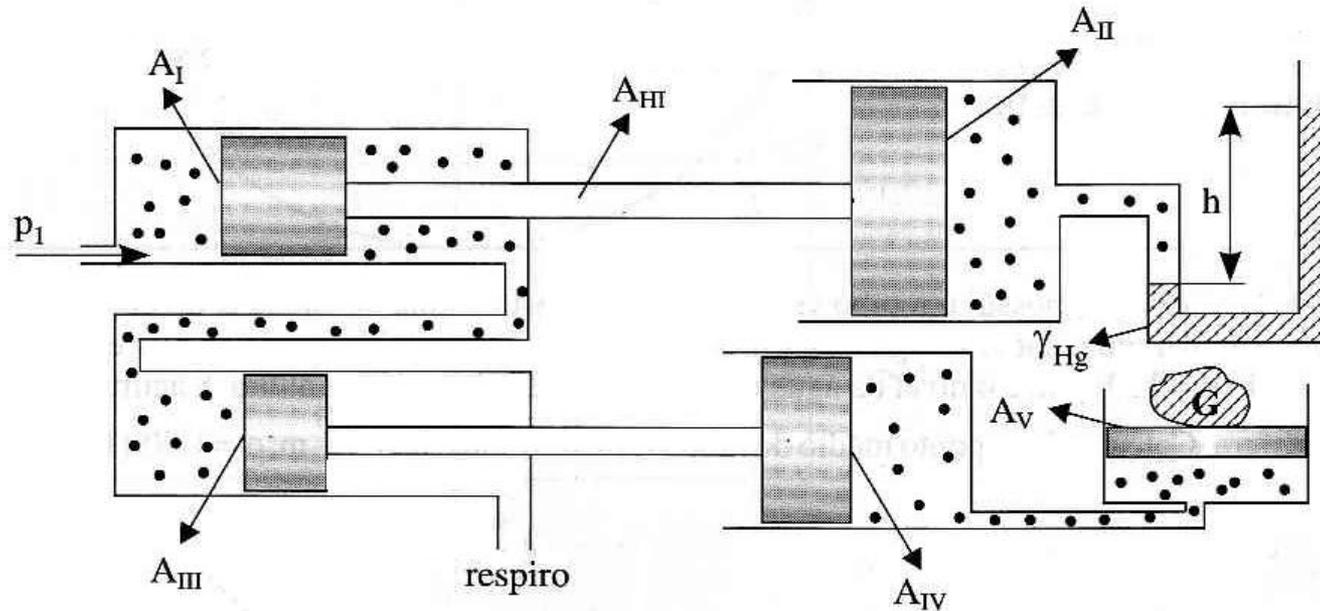


Outro exercício

Conhecendo-se o peso específico d' água igual a $9872,4 \text{ N/m}^3$, o seu desnível $h_2 = 25 \text{ cm}$ e o desnível $h = 1,84 \text{ cm}$, determine a pressão do ar na escala efetiva e o peso específico γ



- 2.1 No sistema da figura, desprezando-se o desnível entre os cilindros, determinar o peso G , que pode ser suportado pelo pistão V . Desprezar os atritos. Dados: $p_1 = 500 \text{ kPa}$; $A_I = 10 \text{ cm}^2$; $A_{III} = 2 \text{ cm}^2$; $A_{II} = 2,5 \text{ cm}^2$; $A_{III} = 5 \text{ cm}^2$; $A_{IV} = 20 \text{ cm}^2$; $A_V = 10 \text{ cm}^2$; $h = 2 \text{ m}$; $\gamma_{\text{Hg}} = 136.000 \text{ N/m}^3$.



- 2.3 Qual é a altura da coluna de mercúrio ($\gamma_{\text{Hg}} = 136.000 \text{ N/m}^3$) que irá produzir na base a mesma pressão de uma coluna de água de 5 m de altura? ($\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 10.000 \text{ N/m}^3$)

Vamos a solução do exercício 2.1 do livro professor Brunetti

