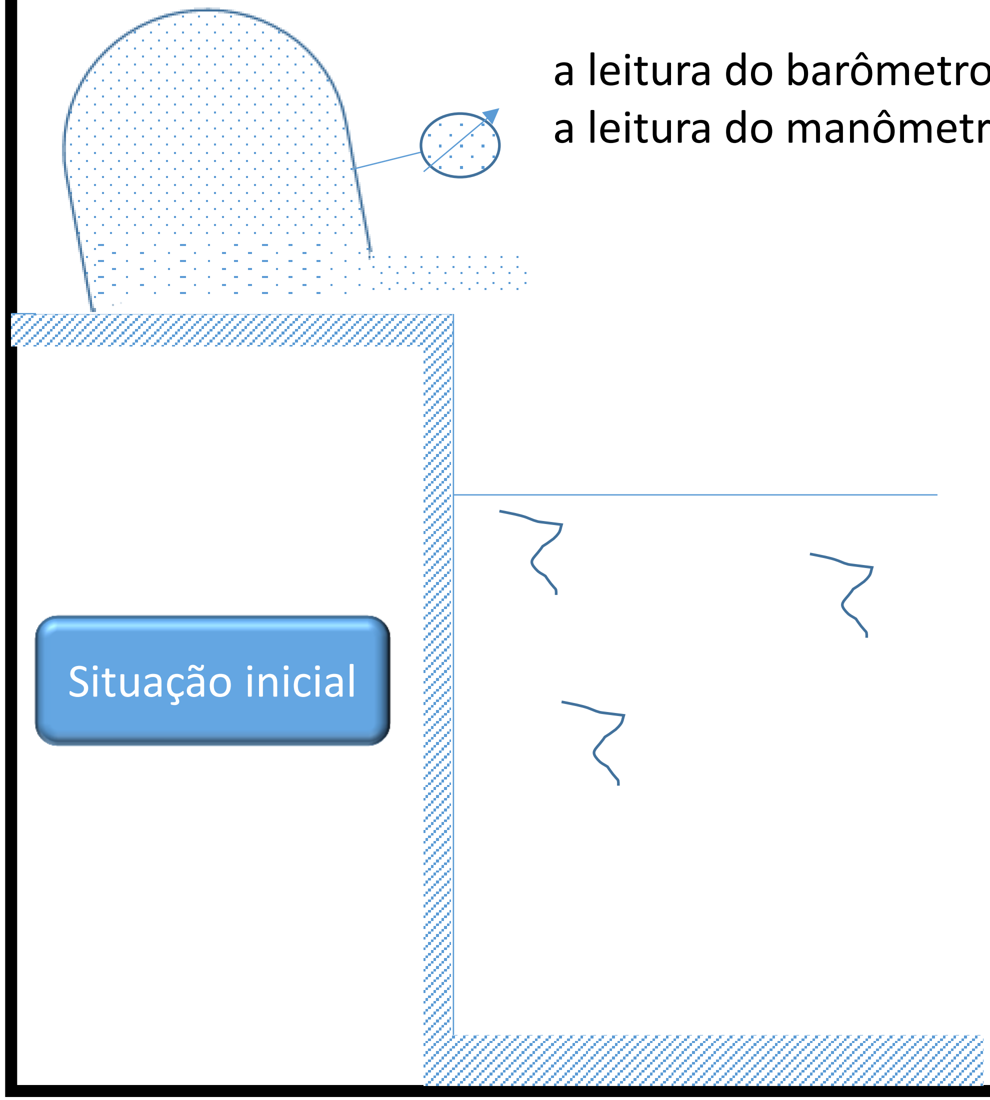
Terceira aula de laboratório de ME4310

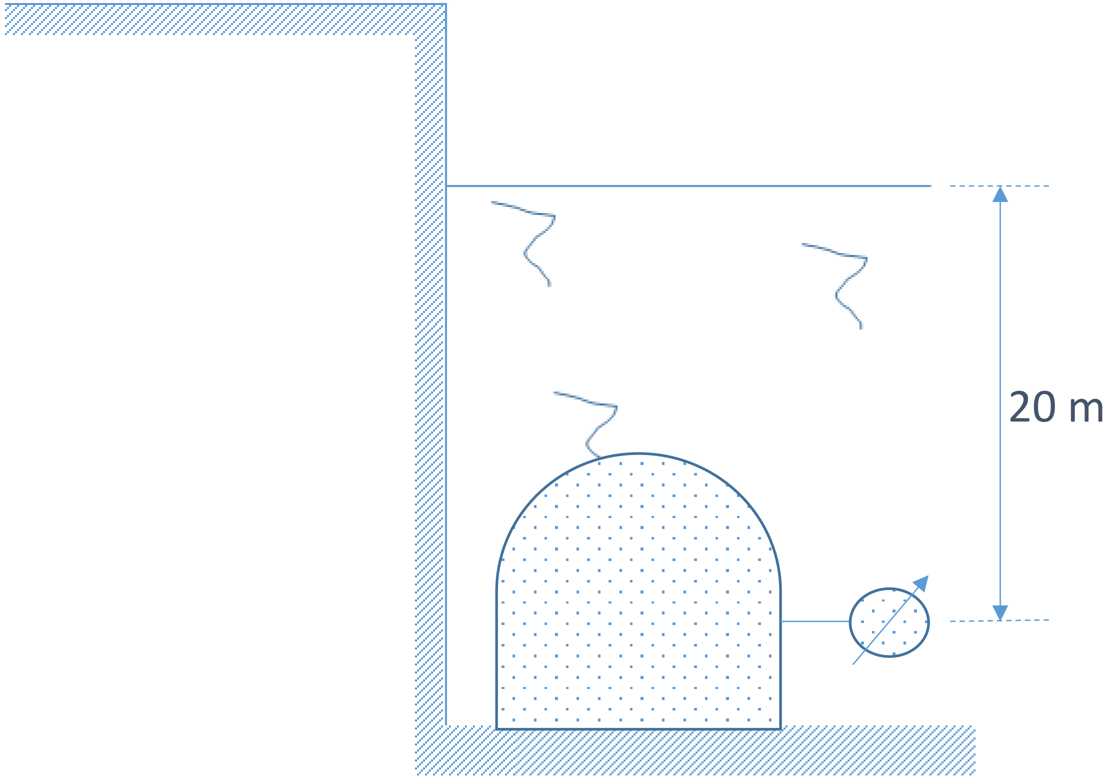
Primeiro semestre de 2015

O tempo passa e continuo tendo como companheira a morte **e como amante a vida!**

Uma cúpula de aço inicialmente está aberta à pressão atmosférica de 753 mmHg nas margens de um lago onde a temperatura ambiente é de 22 ^{0}C. Depois de fechada é submersa à profundidade de 20 metros em suas águas, onde a temperatura está em 8 ^{0}C. No interior da cúpula há um barômetro e em sua superfície um manômetro metálico. Posto isto, determinar:

a leitura do barômetro no interior da cúpula;
a leitura do manômetro metálico.





Resolvendo o item a

Cúpula na superfície:

$$\frac{p \times V}{T} = m \times \frac{R}{M} \rightarrow \frac{0{,}753 \times 136000}{(22 + 273)} = m \times \frac{R}{M} \rightarrow (I)$$

Cúpula submersa:

$$\frac{p \times V}{T} = m \times \frac{R}{M} \rightarrow \frac{p_{bar} \times 136000}{(8 + 273)} = m \times \frac{R}{M} \rightarrow (II)$$

Considerando (I)=(II), resulta:

$$\frac{0{,}753}{p_{bar}} = \frac{295}{281} \therefore p_{bar} \cong 0{,}717 mHg = 717 mmHg$$

Portanto 717 mmHg é a leitura do barômetro na cúpula submersa

Resolvendo o item b

Evocando o conceito de pressão manométrica, temos:

$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

Aonde temos:

$$p_{int} = (0{,}717 - 0{,}753) \times 136000$$

$$p_{int} \cong -4896 \frac{N}{m^2}$$

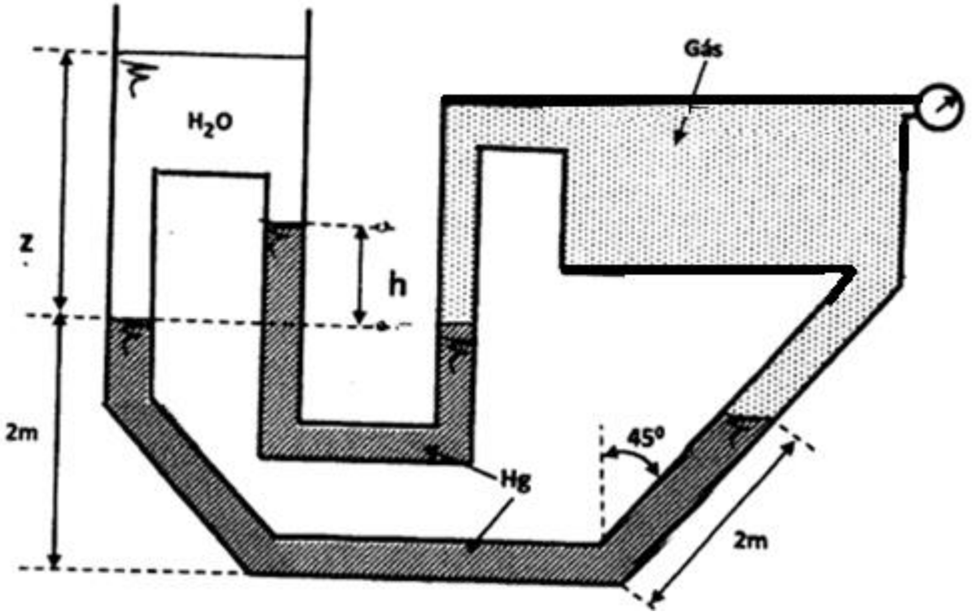
$$p_{ext} = 20 \times 10000 = 200000 \frac{N}{m^2}$$

$$\therefore p_m = -4896 - 200000 = -204896 \frac{N}{m^2} \cong -205 kPa$$

Seria uma situação impossível, pois estaria abaixo do vácuo absoluto!

Na figura mostrada abaixo a constante do gás é de 300 m²/(s²*K); os diversos fluidos estão em equilíbrio a 27 ^{0}C e nesta condição a massa específica do gás é de 2 kg/m³. Pede-se determinar:

a. a leitura do manômetro metálico (kPa);
b. a cota z em mm;
c. a cota h em mm.



a) $P_g = \rho_g\, R_g . T_g = 2(kg/m^3)(300\, \frac{m^2}{s^2 K})(300K) = 180000\, Pa = 180\, kPa$

$P_{ATM} = (0{,}69)(136\, kN/m^3) = 93{,}84\, kPa$ (0,5)

$P_M = P_g - P_{ATM} = 180 - 93{,}84 = 86{,}16\, kPa$ $\boxed{P_M = 86{,}16\, kPa}$

b) $\gamma_{H_2O} . z + \gamma_{Hg}(2 - 2\cos 45°) = P_g$

$10z + 136(2 - 2\,\sqrt{2}/2) = 86{,}16$

$10z + 136(0{,}5858) = (86{,}16)$

$\boxed{z = 0{,}649\, m = 649\, mm}$ (1,0)

c) $\gamma_{H_2O}(z - h) + \gamma_{Hg} . h = P_g$

$10z + h(\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) = P_g$

$10(0{,}649) + h(136 - 10) = 86{,}16$

$h(126) = 86{,}16 - 6{,}49$

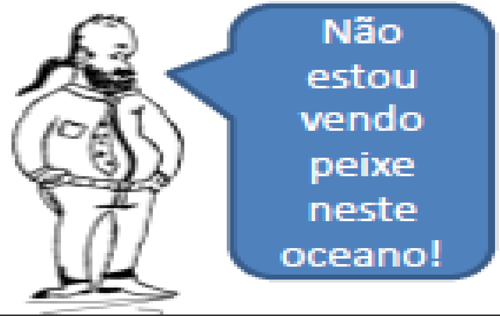
$\boxed{h = 0{,}632\, m = 632\, mm}$ (1,0)

Uma cúpula de aço cheia de ar está a de 13 metros de profundidade no oceano. No interior da cúpula, que encontra-se totalmente isolada, tem-se um barômetro que indica h_2 = 765 mmHg.

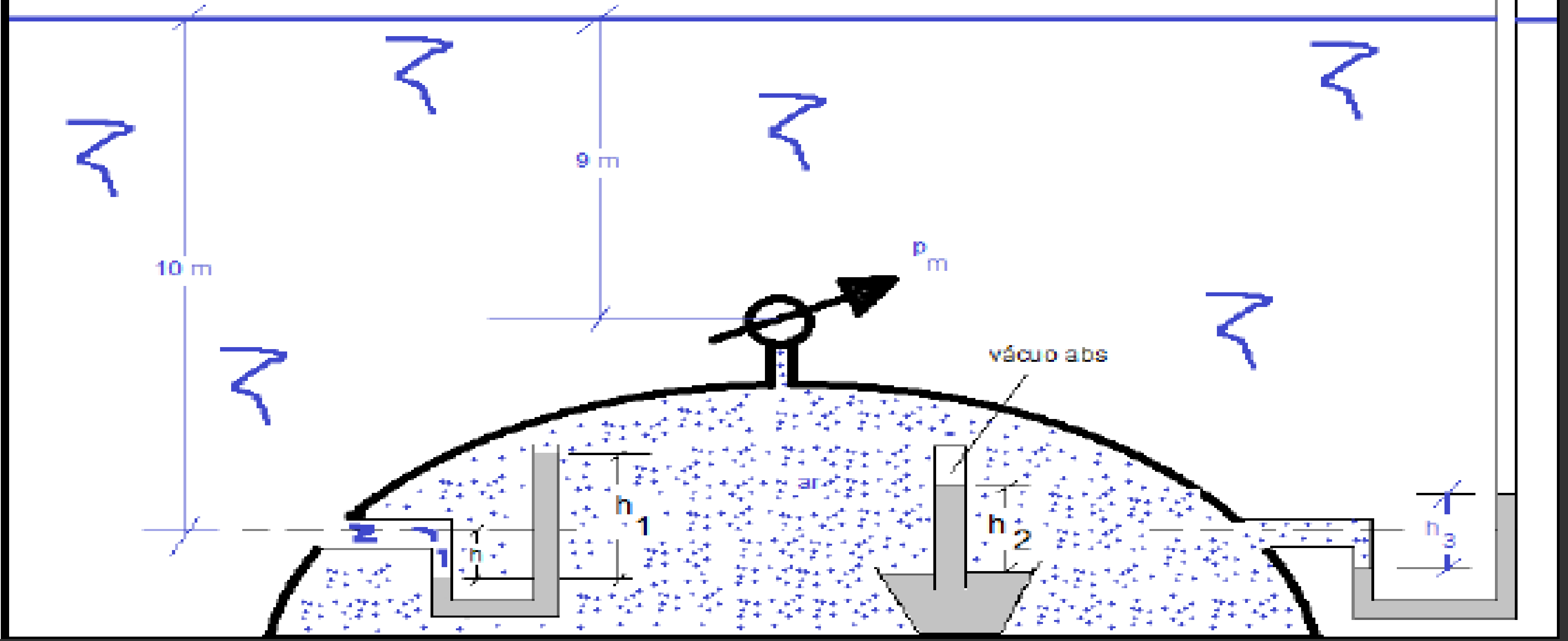
Instalou-se na cúpula dois manômetros diferenciais em U, sendo um interno que registra um desnível h_1 = 745 mmHg e outro externo que registra um desnível a h_3 de mmHg.

Pede-se determinar:

a. a pressão atmosférica local;
b. A pressão do ar no interior da cúpula;
c. A leitura manométrica;
d. o desnível h_3.



Dados: $h = 260\ \text{mm};\ \gamma_{Hg} = 13600\dfrac{kgf}{m^3}$ e $\gamma_{água_{oceano}} = 1010\dfrac{kgf}{m3}$

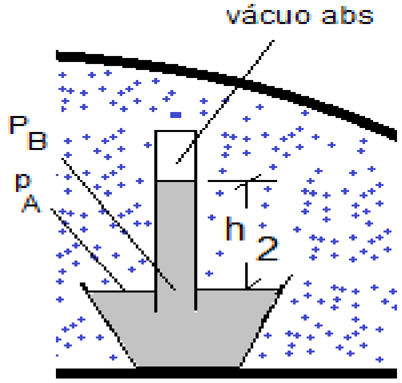


b

Iniciamos pelo item b), ou seja, pela leitura do barômetro

$$p_A = p_B \Rightarrow p_{ar} = 0{,}765 \times 13600$$

$$\therefore p_{ar} = 10404 \frac{kgf}{m^2} (abs)$$



a

Para o item a), nós evocamos o teorema de Stevin e o aplicamos no manômetro diferencial interno:

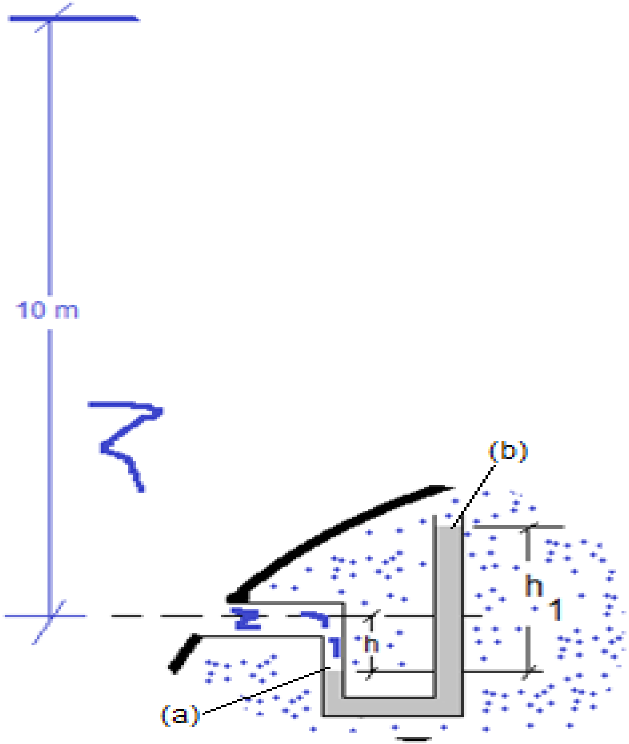
$$p_a - p_b = \gamma_{Hg} \times h_1$$

$$p_a = p_{atm} + 10 \times 1010 + 0{,}26 \times 1010$$

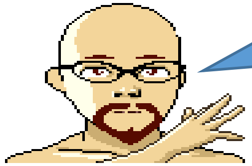
$$p_b = p_{ar} = 10404 \frac{N}{m^2}$$

$$\therefore p_{atm} + 10 \times 1010 + 0{,}26 \times 1010 - 10404 = 0{,}745 \times 13600$$

$$\therefore p_{atm} = 10173{,}4 \frac{kgf}{m^2}$$



c



NESTE ITEM EVOCA-SE A LEITURA DE UM MANÔMETRO METÁLICO TIPO BOURDON, NO CASO UM VACUÔMETRO.

$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

$$p_m = (10404 - 10173{,}4) - 9 \times 1010$$

$$\therefore p_m = -8859{,}4 \frac{kgf}{m^2}$$

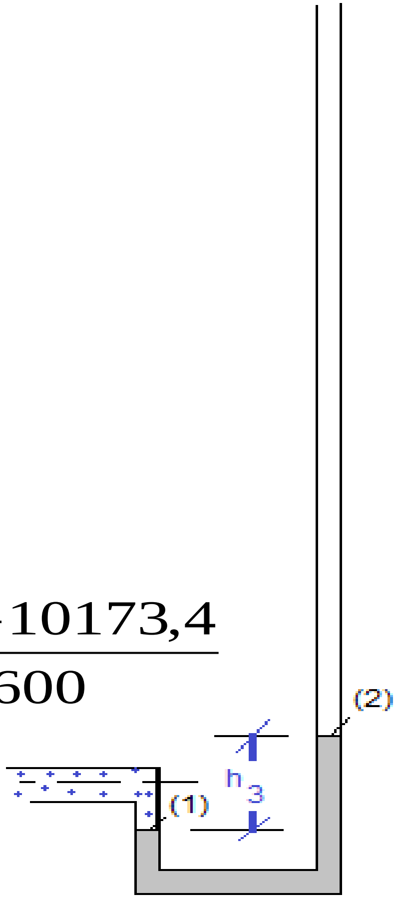
d

No item d), nós evocamos o teorema de Stevin e o aplicamos no manômetro diferencial externo:

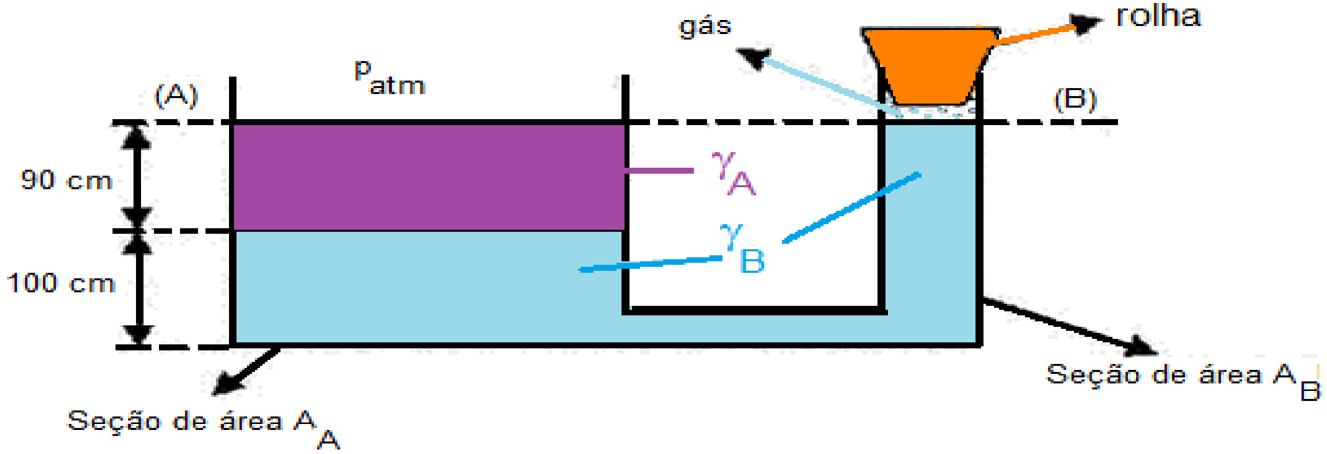
$$p_1 - p_2 = h_3 \times \gamma_{Hg} \therefore p_{ar} - p_{atm} = h_3 \times \gamma_{Hg}$$

$$10404 - 10173{,}4 = h_3 \times 13600 \therefore h_3 = \frac{10404 - 10173{,}4}{13600}$$

$$h_3 \cong 17mm$$



O recipiente da figura apresenta os fluidos (A) e (B) no mesmo nível superior. Ao retirar a rolha, o nível (B) desce e o nível (A) sobe. Na nova posição de equilíbrio o desnível entre (A) e (B) é de 10 cm. Pergunta-se:



a) Qual o peso específico γ_B ?
b) Qual a pressão em kPa sobre o fluido (B) antes de retirar a rolha?
c) Qual a nova cota do fluido (B), em relação ao fundo do recipiente após a retirada da rolha?

Dados:

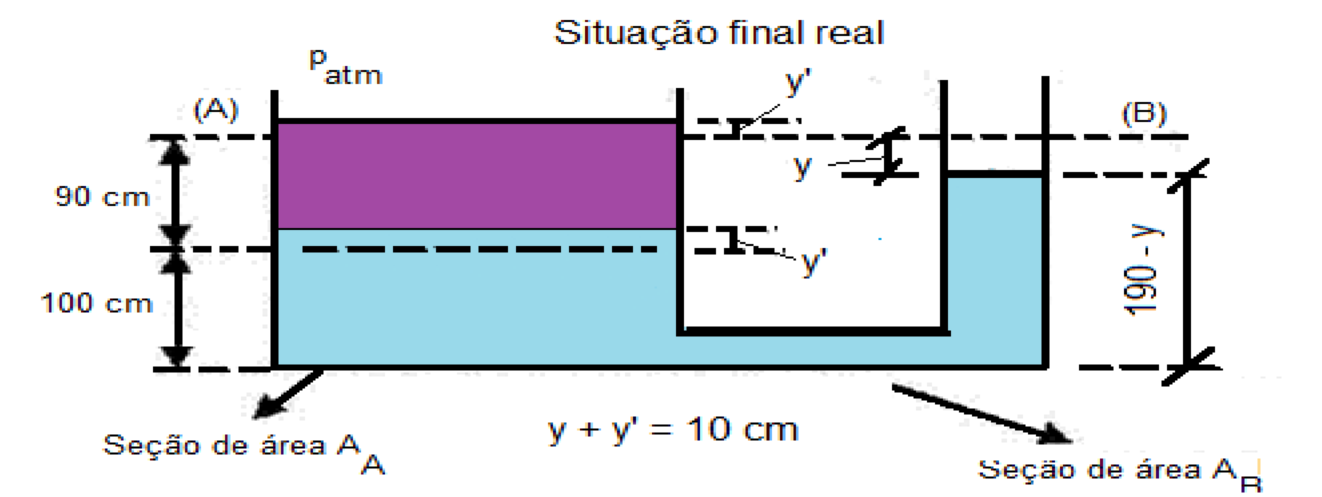
$A_A = 200 cm^2$

$A_B = 50 cm^2$

Dado:

$\gamma_A = 10^4 \frac{N}{m^3}$

A figura ao lado mostra o fluido B descendo e o A subindo.



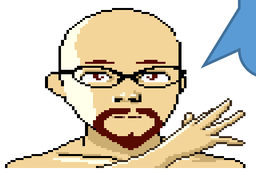
fluido (A) = 10000N/m³

Fluido B = γ_B

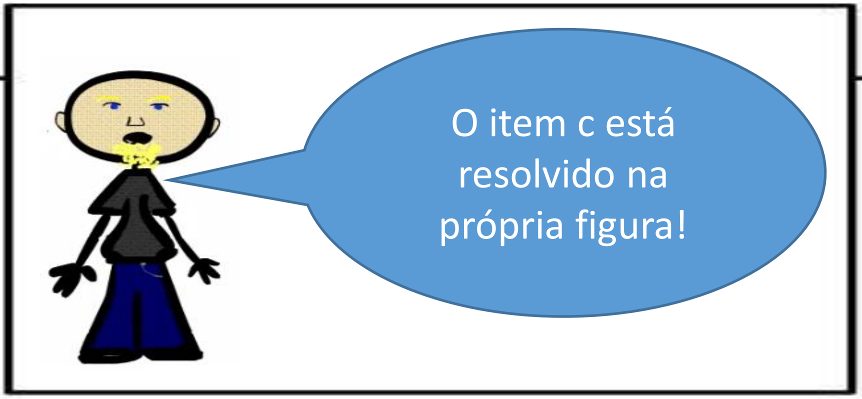
$$y' \times 200 = y \times 50 \therefore y = 4y' \therefore 4y' + y' = 10 \Rightarrow y' = 2cm$$

$$y + y' = 10 \Rightarrow y = 10 - 2 = 8cm$$

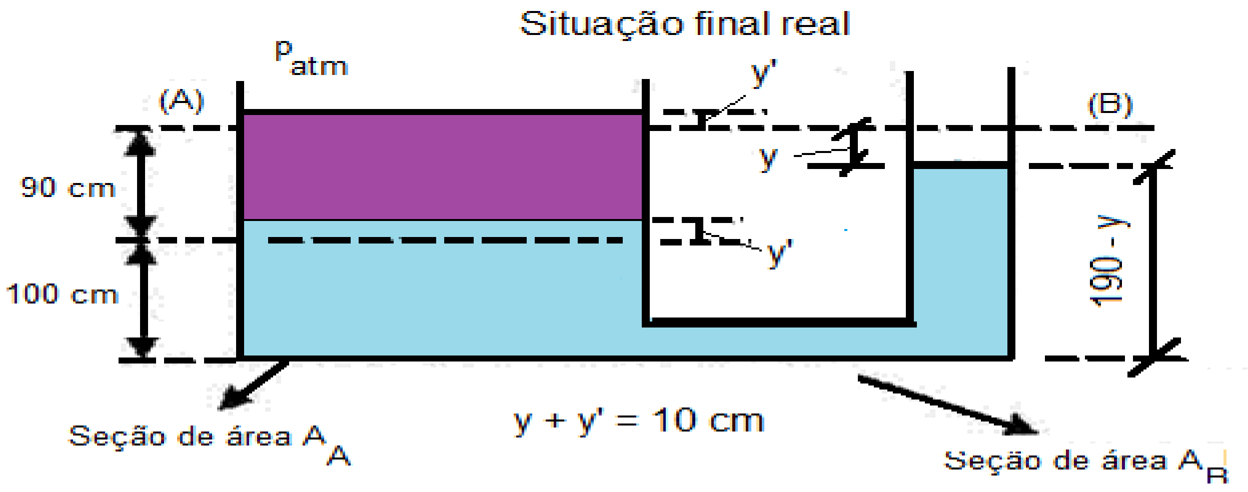
$$0{,}9 \times 10000 + 1{,}02 \times \gamma_B - 1{,}82 \times \gamma_B = 0 \therefore \boxed{\gamma_B = 11250 \frac{N}{m^3}}$$



Esta é uma situação totalmente possível de ser observada na pratica!



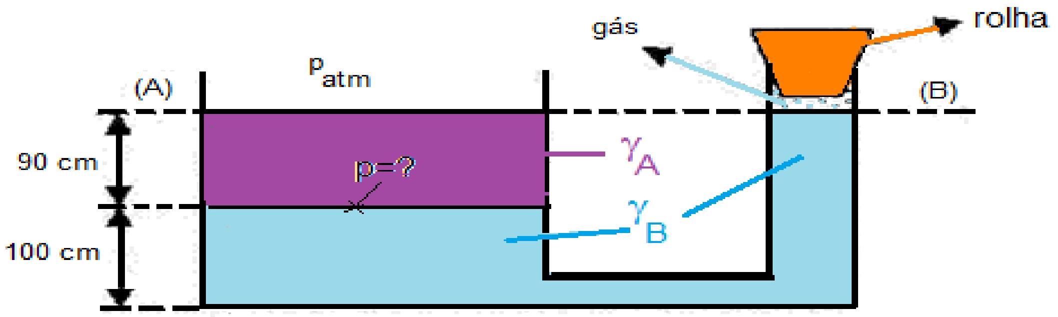
c

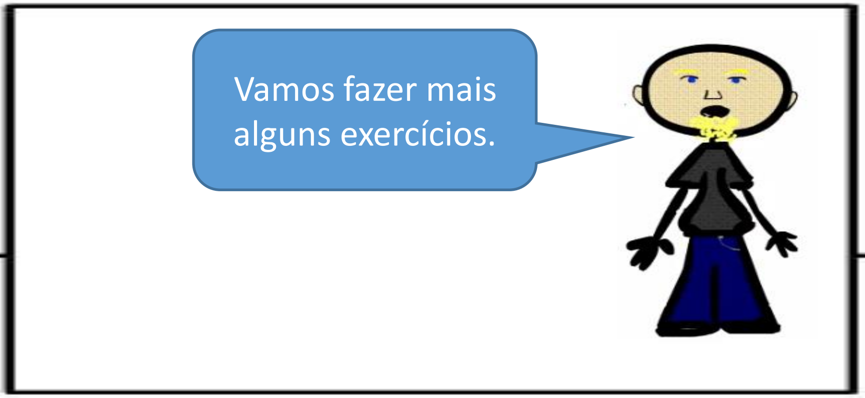


$$z_{final} = 190 - y = 190 - 8 = 182\text{cm}$$

b

$$p_{atm} + 0{,}9 \times 10000 - 0{,}9 \times 11250 = p_{gás} \therefore p_{gás} = -1125\text{Pa} = -1{,}125\text{kPa}$$





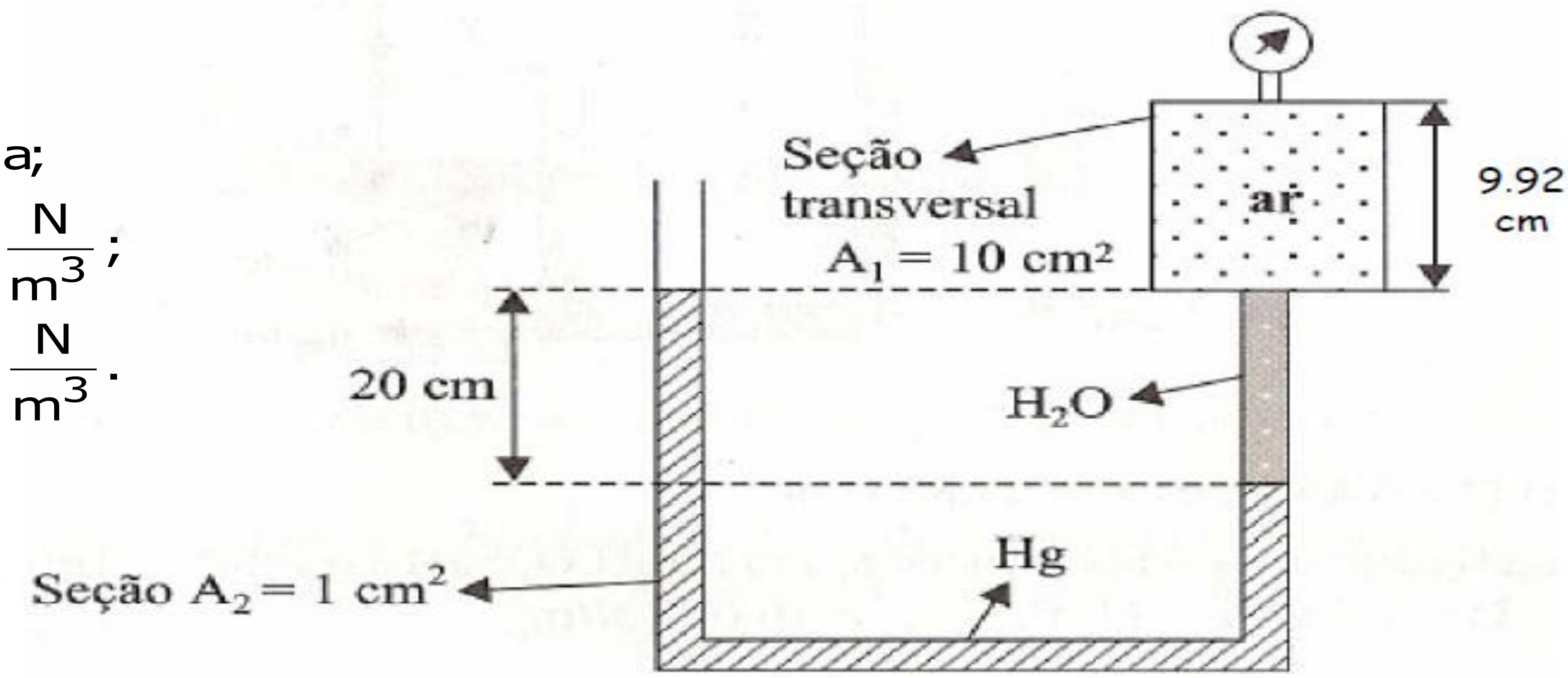
2.14 – A figura mostra o ar contido num recipiente, inicialmente a 100 ^{0}C. O ar é resfriado e a água do manômetro sobe 0,5 cm para dentro do recipiente. (a) Qual é a leitura inicial do manômetro em Pa? (b) Qual é a leitura final do manômetro em Pa? (c) Qual é a temperatura final em ^{0}C?

Dados:

$p_{atm} = 100\,\text{kPa};$

$\gamma_{H_2O} = 10000\,\dfrac{N}{m^3};$

$\gamma_{Hg} = 136000\,\dfrac{N}{m^3}.$

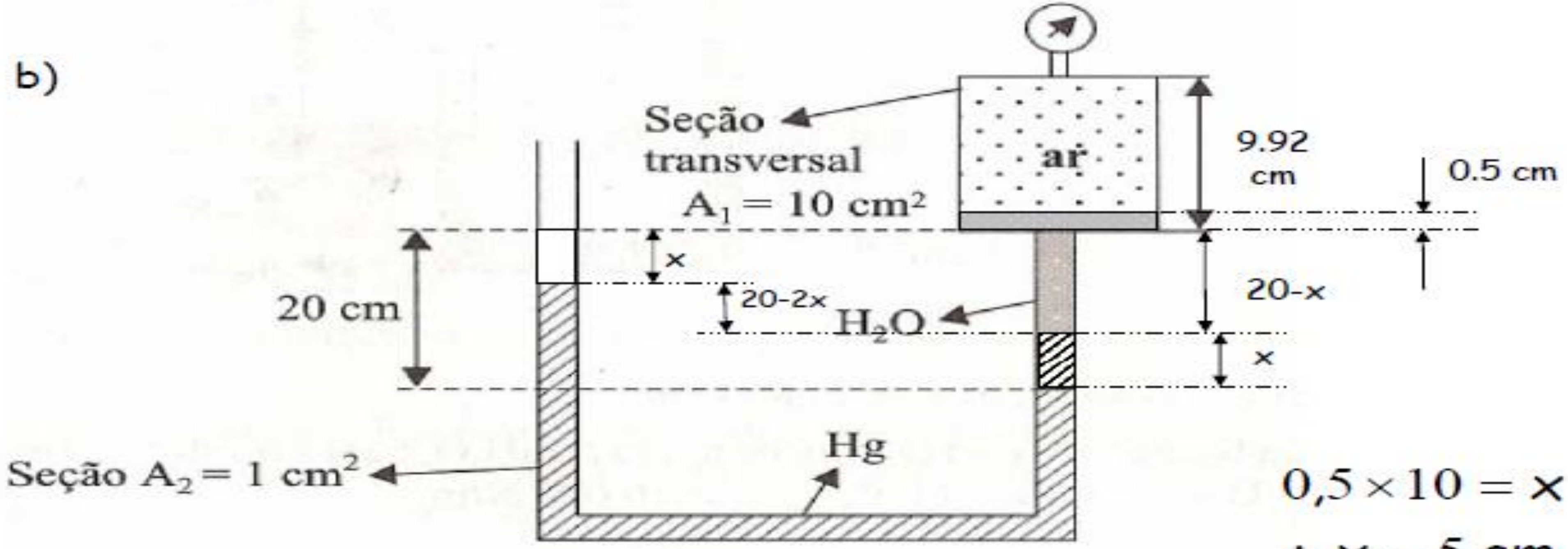


Resolução

a) $0{,}20 \times 136000 - 0{,}20 \times 10000 = p_{ar_{inicial}} = p_{mi}$

$\therefore p_{mi} = 25200\ \text{Pa} = 25{,}2\ \text{kPa}$

b)



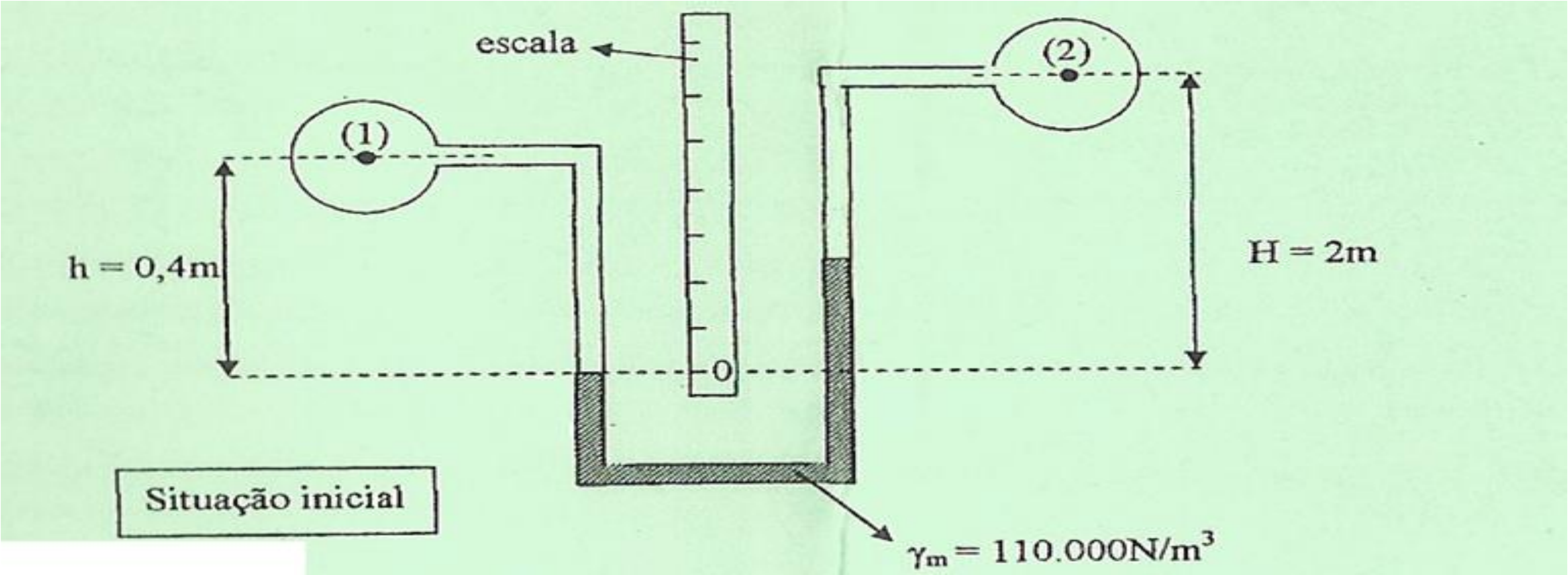
$0{,}5 \times 10 = x$

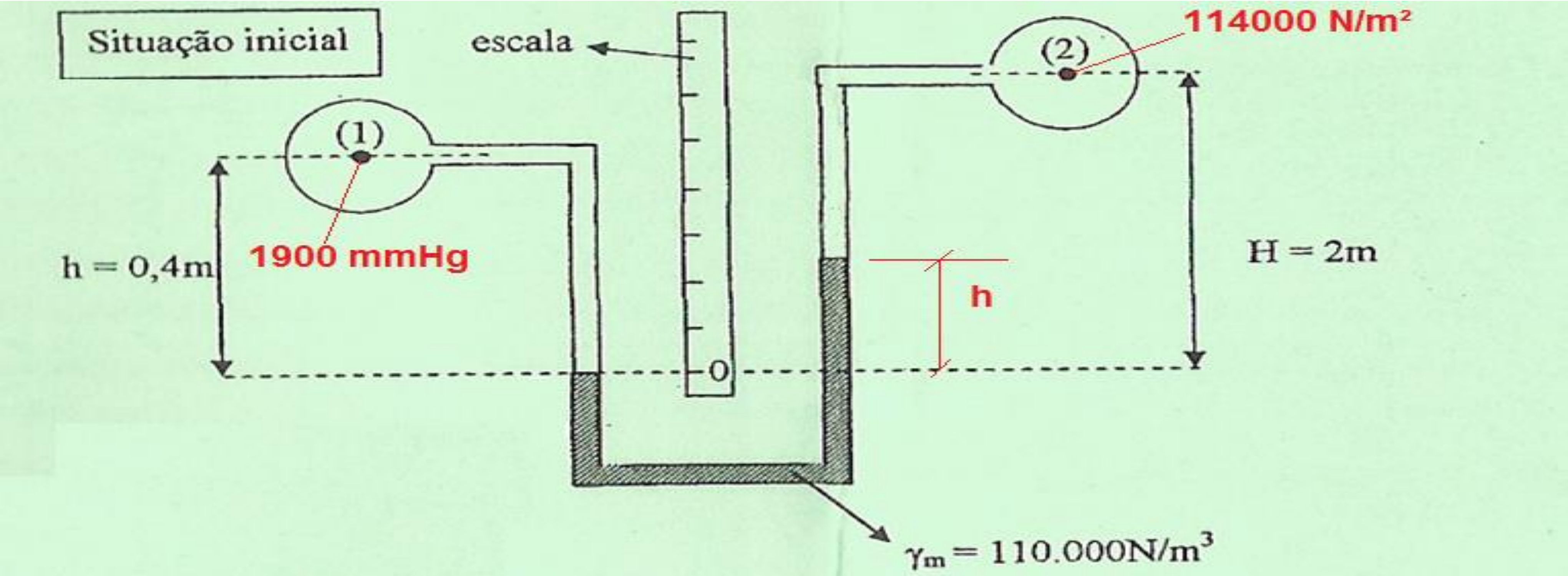
$\therefore x = 5\ \text{cm}$

$0{,}10 \times 136000 - 0{,}155 \times 10000 = p_{ar_{final}} = p_{mf}$

$\therefore p_{mf} = 12050\ \text{Pa} = 12{,}05\ \text{kPa}$

Um manômetro diferencial é instalado entre dois condutos por onde escoa o mesmo fluido, de massa específica 800 kg/m³, como mostra a figura. A pressão no tubo (2) é constante e igual a 114 kPa. Quando, numa primeira situação p_1 = 1900 mmHg, o nível do fluido manométrico na coluna esquerda coincide com o zero da escala. Determinar a altura do fluido manométrico, na coluna da direita, em relação ao zero da escala, quando a pressão em (1) aumenta para 2280 mm Hg ($\gamma_{Hg} = 1{,}36 \times 10^5$ N/m³)





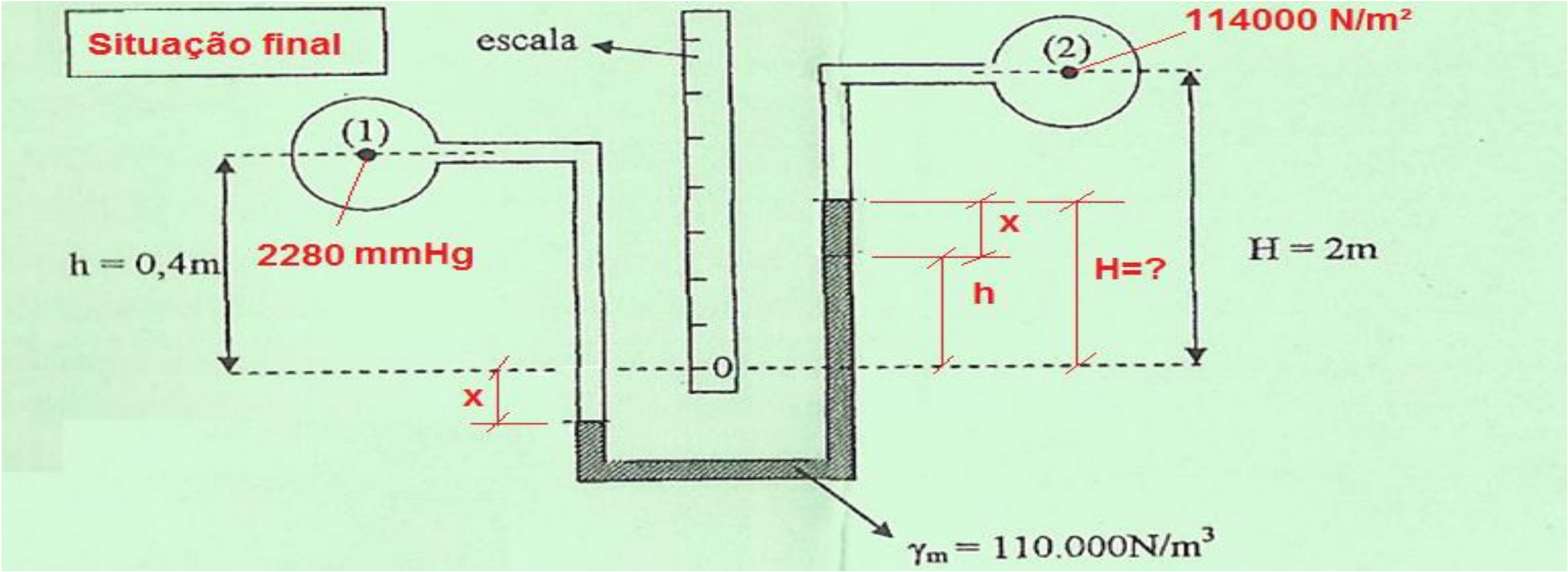
Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2), adotando-se como origem (1):

$$\mathbf{p_1 + \gamma \times 0{,}4 - \gamma_m \times h - \gamma \times (2 - h)) = p_2}$$

$$\therefore \frac{1900}{1000} \times 1{,}36 \times 10^5 + 8000 \times 0{,}4 - 110000 \times h - 8000 \times (2 - h) = 114000$$

$$258400 + 3200 - 110000 \times h - 16000 + 8000h = 114000$$

$$131600 = 102000h \Rightarrow h = \frac{131600}{102000} \cong 1{,}29m$$



Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2), adotando-se como origem (1):

$$\mathbf{\frac{2280}{1000}\times 1{,}36\times 10^{5}+8000\times\left(0{,}4+x\right)-110000\times\left(1{,}29+2x\right)-8000\times(2-1{,}29-x)=114000}$$

$$\mathbf{310080+3200+8000x-141900-220000x-5680+8000x=114000}$$

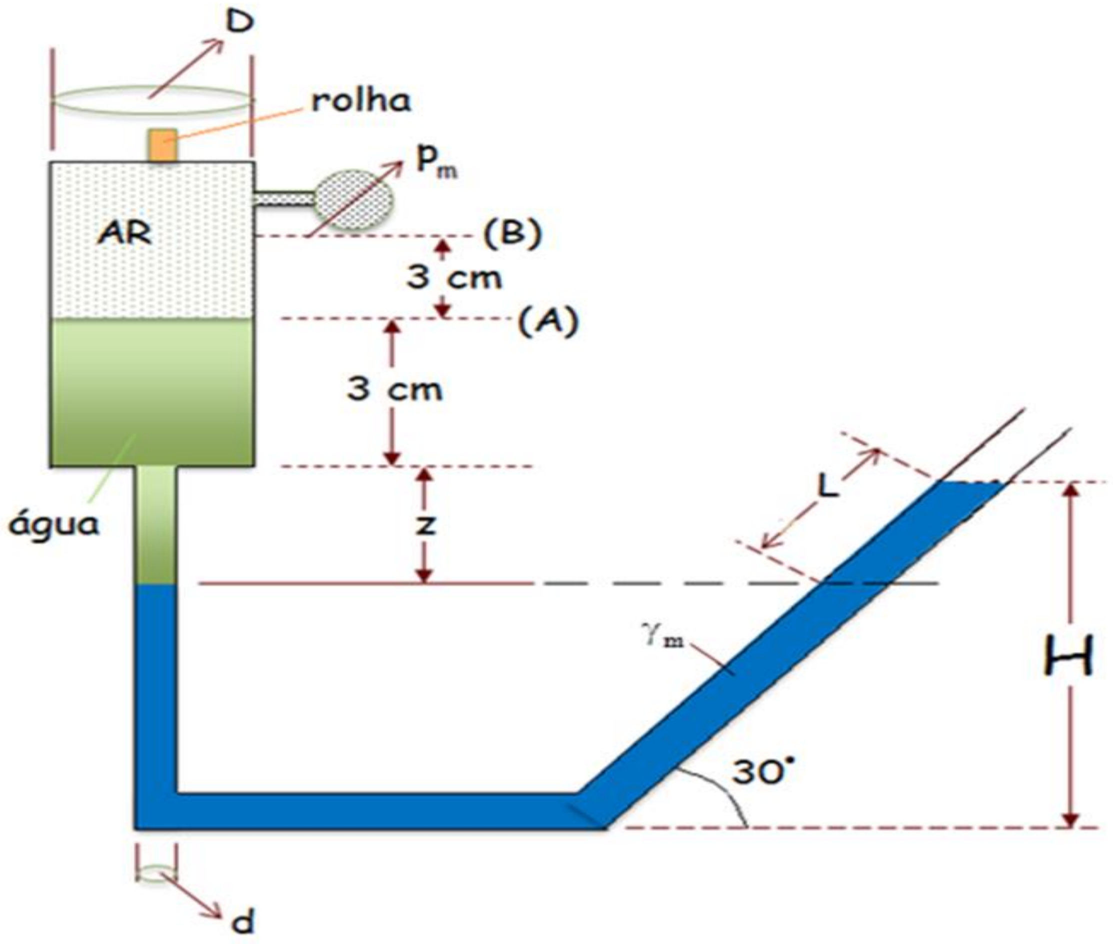
$$\mathbf{51700=204000x\ \therefore\ x=\frac{51700}{20400}\cong 0{,}253m}$$

$$\mathbf{H=h+x=1{,}29+0{,}253=1{,}543m}$$

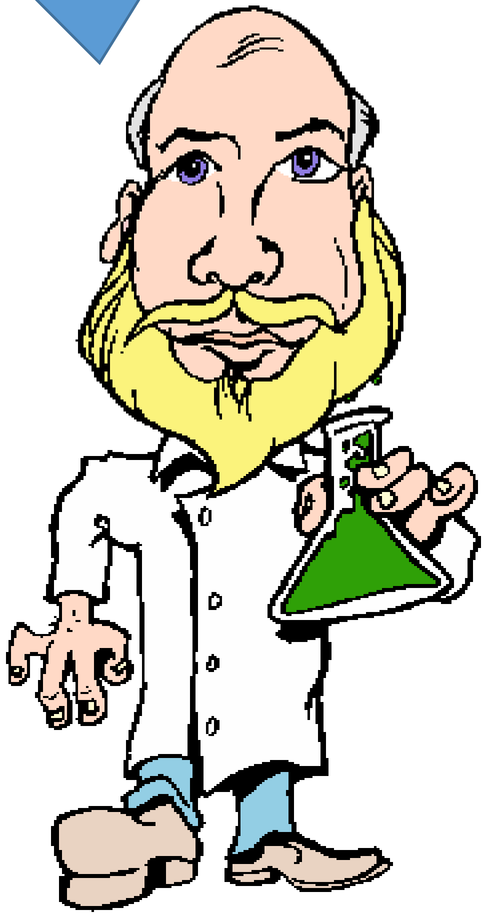
Outro de prova

Na figura, a superfície da água está em (A), pois neste nível a pressão absoluta do ar é de 104 kPa. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manômetro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25 cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/L, o peso específico do mercúrio de 136 N/L e o diâmetro do reservatório D = 13 cm. Pede-se:

a. Qual o peso específico do fluido manométrico (γ_m)?
b. Qual a leitura barométrica local em mmHg?
c. Se na condição da figura (com a rolha), a cota H = 65 cm; qual será a nova cota H quando se retirar a rolha?
d. Qual o diâmetro do tubo manométrico d?



VAMOS INICIAR RESOLVENDO O ITEM B E PARA TAL EVOCAMOS O CONCEITO DE PRESSÃO MANOMÉTRICA (p_m)



p_m = é a pressão registrada em um manômetro metálico ou de Bourdon a qual encontra-se na escala efetiva, a escala que adota como zero a pressão atmosférica local, que também é chamada de pressão barométrica.

$$\mathbf{p_m = p_{int} - p_{ext}}$$

$$\mathbf{p_{ext} = p_{atm} = 0}$$

$$\mathbf{\therefore p_m = p_{int} = p_{ar} = 0{,}8mca}$$

VAMOS ANALISAR A UNIDADE mca!

A unidade metro de coluna d’água é uma unidade de carga de pressão (h), portanto para a determinação da pressão basta multiplicar a carga de pressão pelo peso específico do fluido considerado que no caso é a água.

$$\gamma_{H_2O} = 10\frac{N}{L} = 10\frac{N}{10^{-3}m^3} = 10000\frac{N}{m^3}$$

$$p_{ar} = h \times \gamma_{H_2O} = 0,8 \times 10000$$

$$p_{ar} = 8000\frac{N}{m^2}(\text{ou Pa})$$

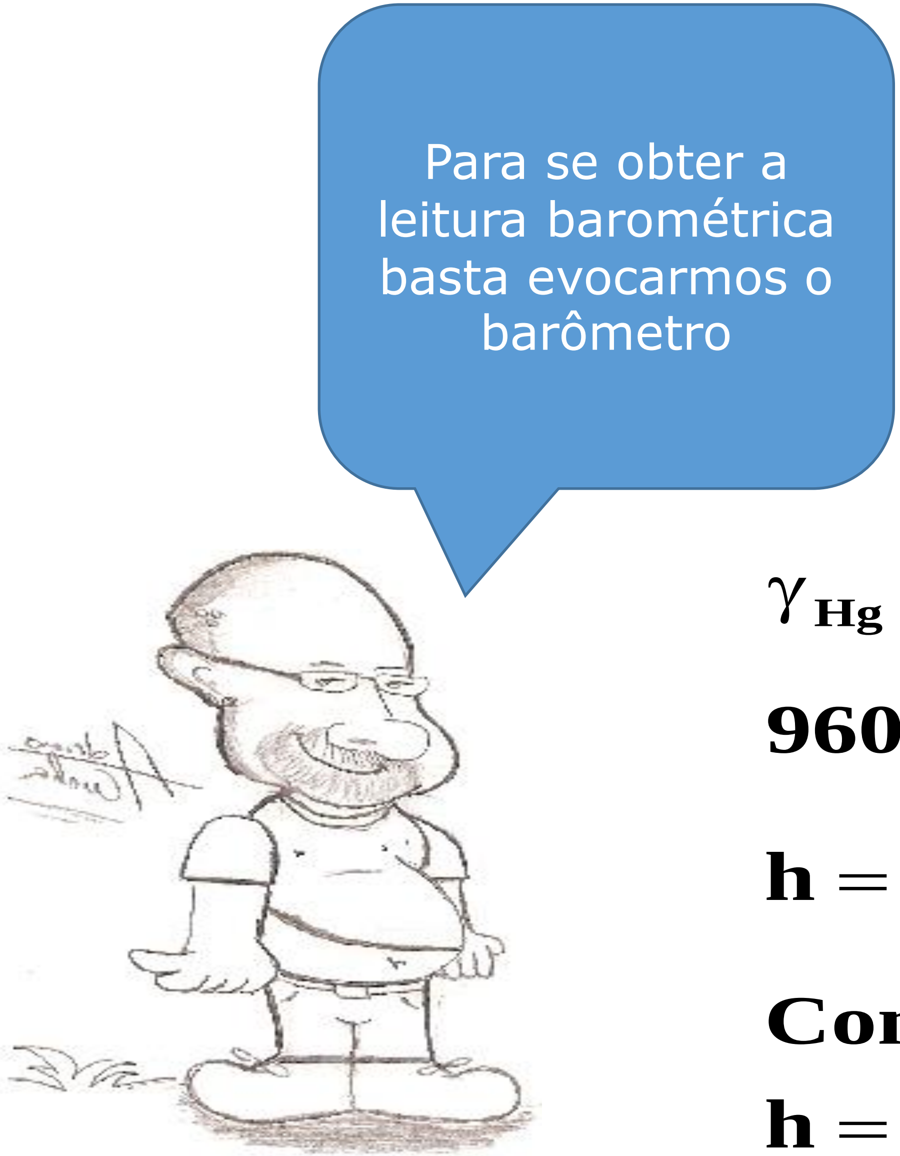
PARA OBTERMOS A PRESSÃO ATMOSFÉRICA LOCAL EVOCAMOS A RELAÇÃO ENTRE A PRESSÃO NA ESCALA ABSOLUTA E A PRESSÃO NA ESCALA EFETIVA, OU SEJA:

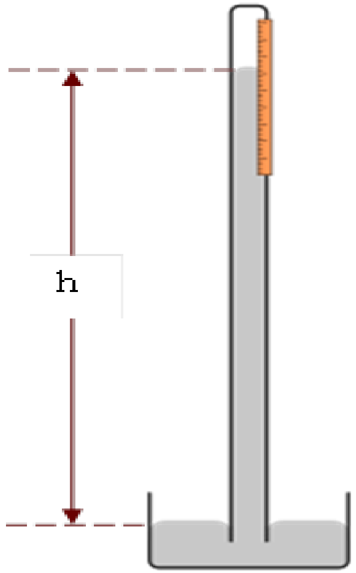
$$\mathbf{p}_{\mathbf{absoluta}} = \mathbf{p}_{\mathbf{efetiva}} + \mathbf{p}_{\mathbf{atm}_{\mathbf{local}}}$$

$$\mathbf{p}_{\mathbf{ar}_{\mathbf{abs}}} = \mathbf{p}_{\mathbf{ar}} + \mathbf{p}_{\mathbf{atm}_{\mathbf{local}}}$$

$$\mathbf{104000} = \mathbf{8000} + \mathbf{p}_{\mathbf{atm}_{\mathbf{local}}}$$

$$\mathbf{p}_{\mathbf{atm}_{\mathbf{local}}} = \mathbf{96000}\,\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{m}^{2}}\,(\mathbf{ou\ Pa})$$





$$\gamma_{Hg} = 136\frac{N}{L} = 136\frac{N}{10^{-3}m^3} = 136000\frac{N}{m^3}$$

$$96000 = 136000 \times h$$

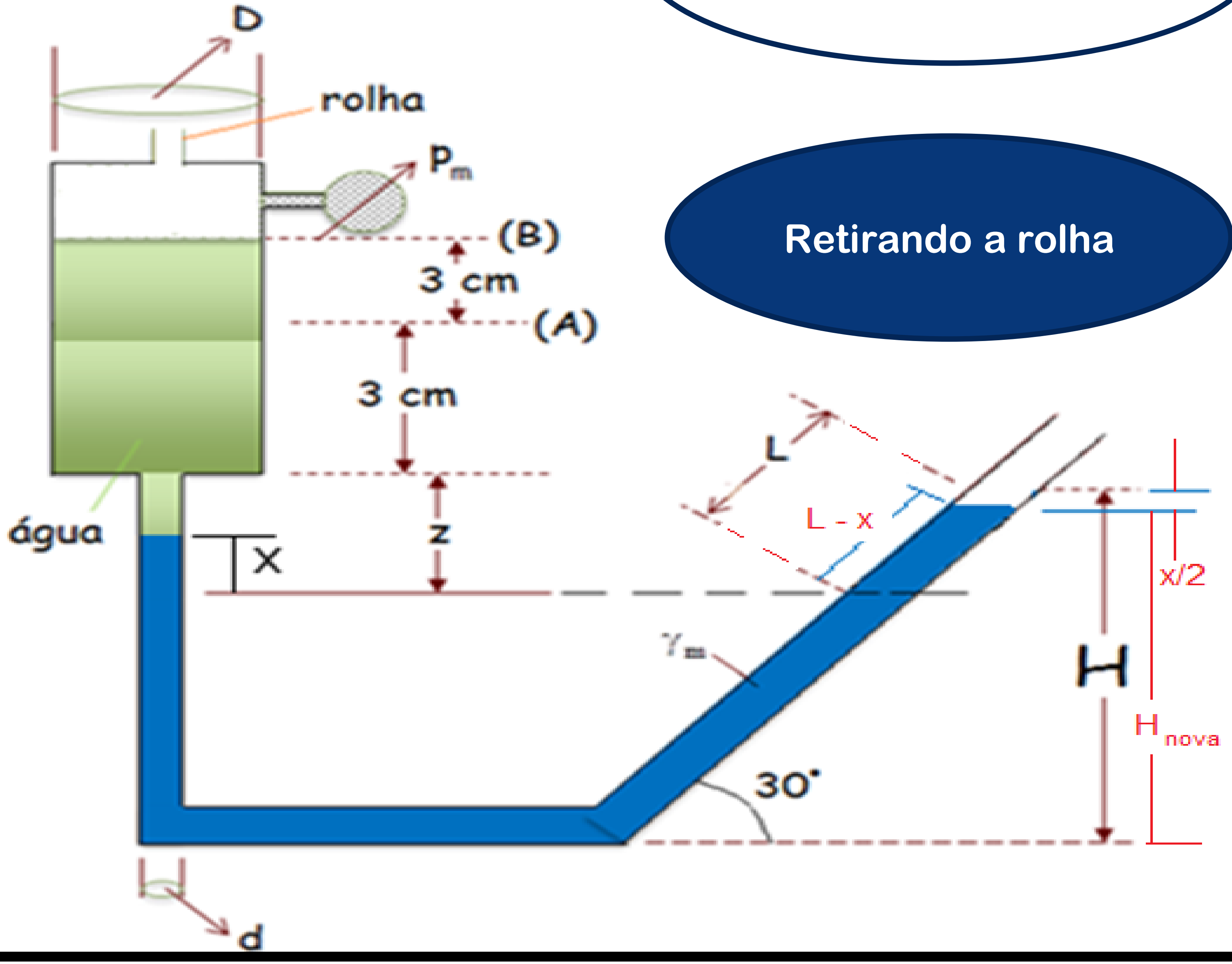
$$h = \frac{96000}{136000} \cong 0{,}706mHg$$

$$\text{Como } 1m = 1000\,mm, \text{ temos}:$$

$$h = 0{,}706 \times 1000 = 706mmHg$$

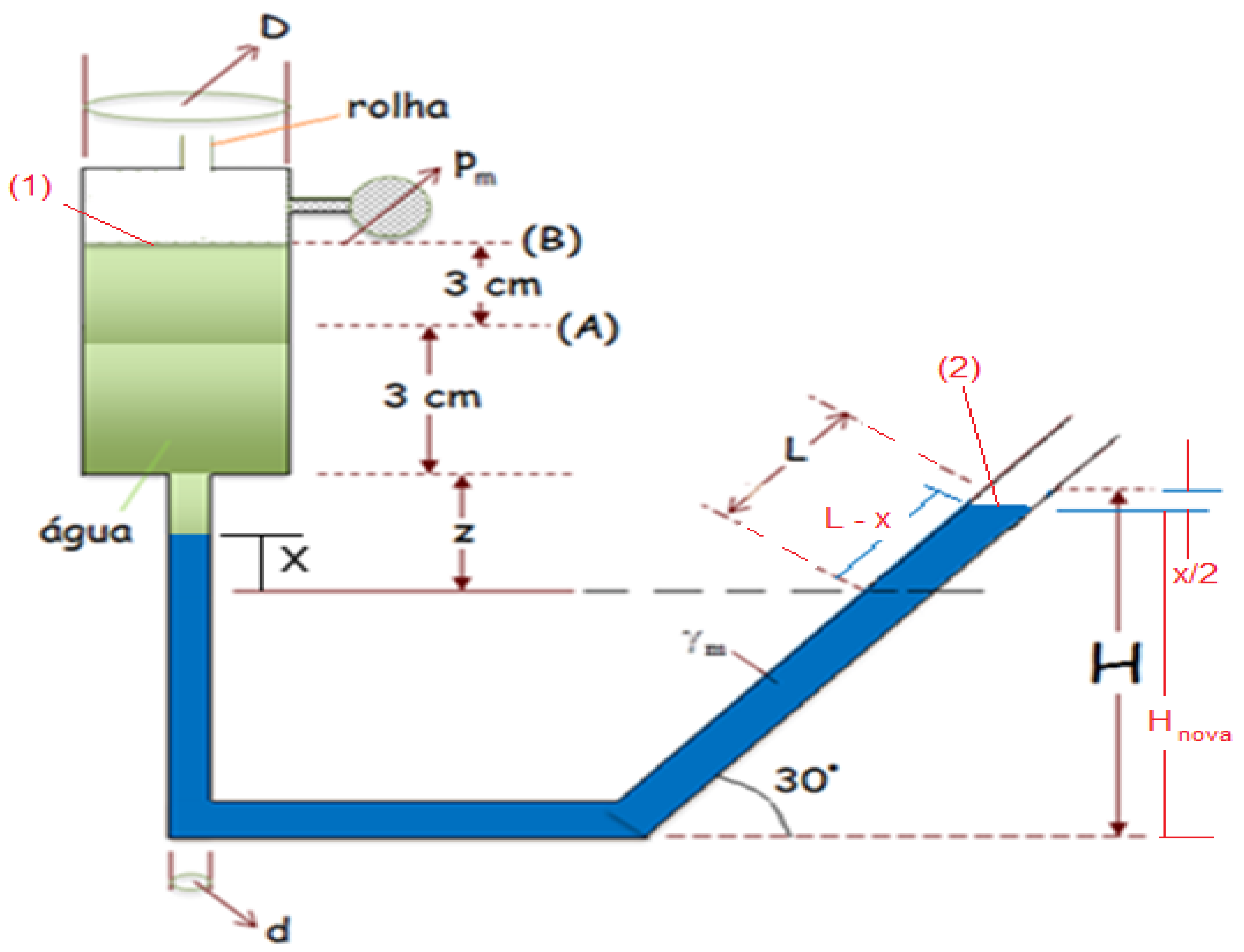
RESOLVENDO O ITEM C

Retirando a rolha



Não pode haver variação de volume do líquido.

Portanto o volume que subiu no reservatório de diâmetro D é igual ao volume que subiu em d.



Para facilitar a solução deste item, vamos evocar o conceito de equação manométrica. Equação manométrica é uma regra pratica para se obter a diferença de pressão entre dois pontos fluidos e para aplicá-la devemos:

1.escolher dois pontos;

2.adotar um deles como origem e ir para o outro somente na vertical e horizontal;

3.marcando a pressão que atua na origem a ela soma-se os γ x h descentes e subtrai-se os γ x h ascendente e a expressão obtida iguala-se à pressão que age no ponto não adotado como origem.

Aplica-se a equação manométrica de (1) a (2) adotando a origem em (1)

$$p_1 + 0{,}06 \times \gamma_{H_2O} + (z - x) \times \gamma_{H_2O} - (L - x) \times sen30 \times \gamma_m = p_2$$

$$p_1 = p_2 = p_{atm_{local}} = 0 \Rightarrow \text{escala efetiva}$$

$$0{,}06 \times 10000 + (0{,}25 - x) \times 10000 - (0{,}68 - x) \times 0{,}5 \times 31764{,}7 = 0$$

$$x = \frac{7699{,}998}{37647{,}05} \cong 0{,}205m = 20{,}5cm$$

$$H_{nova} = H - \frac{x}{2} = 65 - \frac{20{,}5}{2} = 54{,}75cm$$

Vamos agora resolver o item d

Já que não pode haver variação de volume, podemos afirmar que o volume que subiu no reservatório de diâmetro D é igual ao volume que subiu em d, portanto:

$$3 \times \frac{\pi \times 13^2}{4} = 20,5 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$\therefore d = \sqrt{\frac{3 \times 13^2}{20,5}} \cong 5\text{cm}$$