

PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO BÁSICA



RAIMUNDO FERREIRA IGNÁCIO



Equação da energia para
escoamento incompressível e
permanente



1.20 - Equação da
energia para um
escoamento
incompressível e em
regime permanente





Antes, reforço que pelo fato de considerarmos o escoamento incompressível e em regime permanente, só analisaremos o balanço de energias mecânicas, já que as térmicas permanecem praticamente constante, pois o escoamento é considerado isotérmico.

Considerando a unidade de energia no SI, ou seja, joule, não consigo visualizá-la!

Nem eu, é por isso que trabalhamos com carga, que representamos por H, e que é definida por energia por unidade de peso, portanto, terá como unidade, uma unidade de comprimento e aí todos têm a possibilidade de visualizá-las.

$$[H] = \frac{[\text{Energia}]}{[\text{peso}]} = \frac{\text{J}}{\text{N}} = \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{N}}$$

$$[H] = \text{m}$$

Ah! Então é por isso que vejo muitas vezes o pessoa definir carga por mca.



A equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente possibilita o balanço de cargas entre duas seções do escoamento, exemplo seções (1) e seção (2).

Supondo sistema com uma entrada e uma saída e que o escoamento ocorre de (1) para (2), temos:

$$\left(\begin{array}{c} \text{carga total} \\ \text{em (1)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{carga da} \\ \text{máquina} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{carga total} \\ \text{em (2)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{perda de carga} \\ \text{indo de (1) para (2)} \end{array} \right)$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$

H_1 $H_{\text{máquina}}$ H_2 H_{perdas}

Legal!

Vamos refletir sobre cada uma dessas parcelas!

NO BALANÇO SÓ CONSIDERAMOS AS CARGA MECÂNICAS:

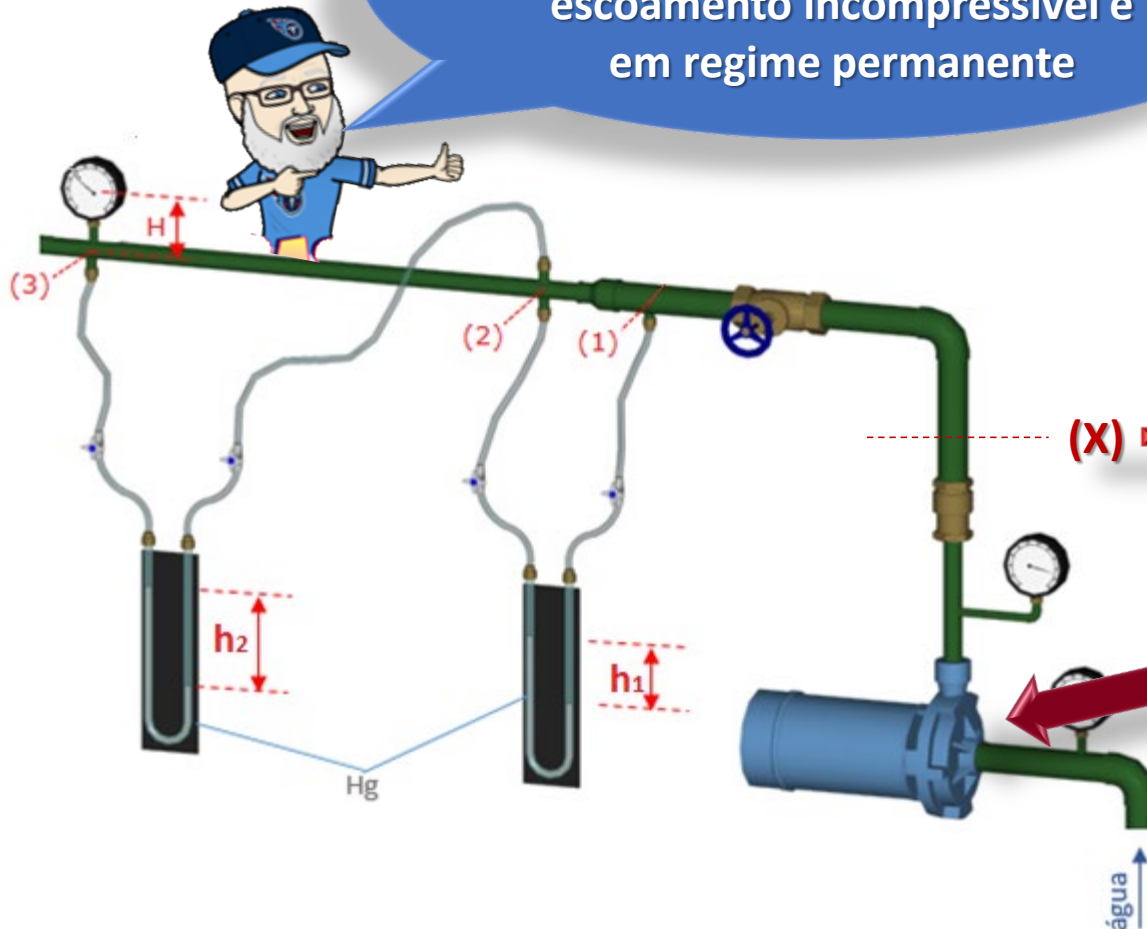


$$\Rightarrow \text{carga potencial de posição} = z = \frac{mgz}{mg} \rightarrow [z] = L$$

$$\Rightarrow \text{carga de pressão} = h = \frac{p}{\gamma} \rightarrow [h] = L$$

$$\Rightarrow \text{carga cinética} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mg} = \frac{v^2}{2g} \rightarrow \left[\frac{v^2}{2g} \right] = L$$

1.21 - Tipos de cargas mecânicas observadas em uma seção do escoamento incompressível e em regime permanente



(X)

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g}$$

Conceito de bomba hidráulica!

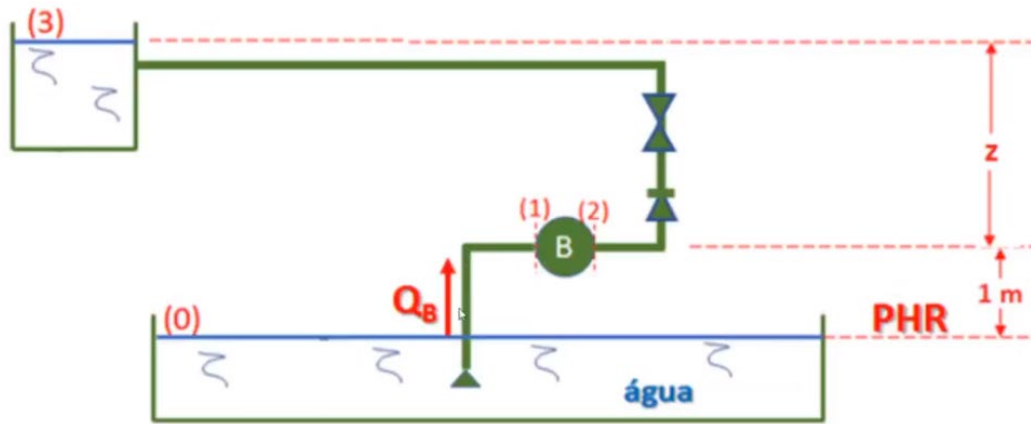




1.22 - Conceito de bomba hidráulica

Bomba hidráulica é o dispositivo que fornece carga ao fluido, esta carga fornecida é denominada de carga manométrica da bomba e representada por H_B .





$$H_{\text{inicial}} + H_B = H_{\text{final}} + H_{p_{i-f}}$$

PARA A FIGURA, TEMOS:

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + H_B = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + H_{p_{0-3}}$$



Observação: O *único trecho que não consideramos as perdas* na equação da energia é entre **a entrada e a saída de uma máquina**, isto porque as perdas já são consideradas no rendimento da máquina. No caso seria entre as seções (1) e (2).

**1.23 - Potências e
rendimentos da bomba
hidráulica**



Bomba hidráulica

É o dispositivo que converte potência mecânica em potência hidráulica e que tem a finalidade de fornecer carga para o fluido, denominada de carga manométrica (H_B).

$$H_B = \frac{\text{energia fornecida ao fluido}}{\text{peso}}$$

$$H_B = \frac{\text{energia que o fluido deixa a bomba}}{\text{peso}} = \frac{E_{\text{fluido}}}{G}$$

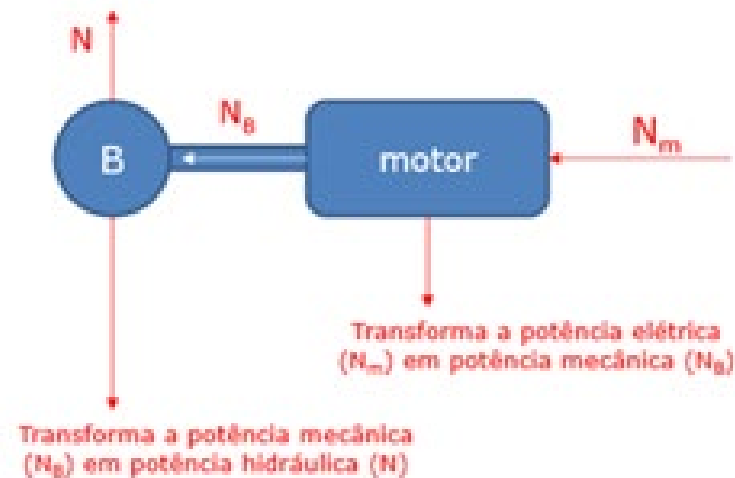
$$\therefore E_{\text{fluido}} = G \times H_B = \gamma \times V \times H_B \Rightarrow \frac{E_{\text{fluido}}}{t} = \frac{G \times H_B}{t} = \frac{\gamma \times V \times H_B}{t}$$

$$\frac{E_{\text{fluido}}}{t} = N; \frac{V}{t} = Q \therefore N = \gamma \times Q \times H_B$$

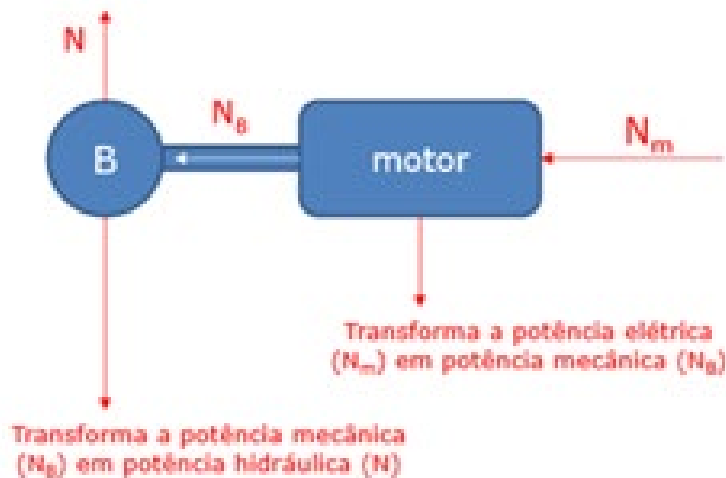
$$[\gamma]_{\text{SI}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^3}; [Q]_{\text{SI}} = \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; [H_B]_{\text{SI}} = \text{m} \therefore [N]_{\text{SI}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \text{m}$$

$$[N]_{\text{SI}} = \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W}$$

$$1\text{CV} = 735\text{W}$$



Rendimento definido pela relação da potência útil com a potência posta em jogo, ou seja, potência que sai sobre a potência que entra!



Vamos considerar:

$\eta_m \rightarrow$ rendimento do motor
 $\eta_B \rightarrow$ rendimento da bomba
 $\eta_g \rightarrow$ rendimento global

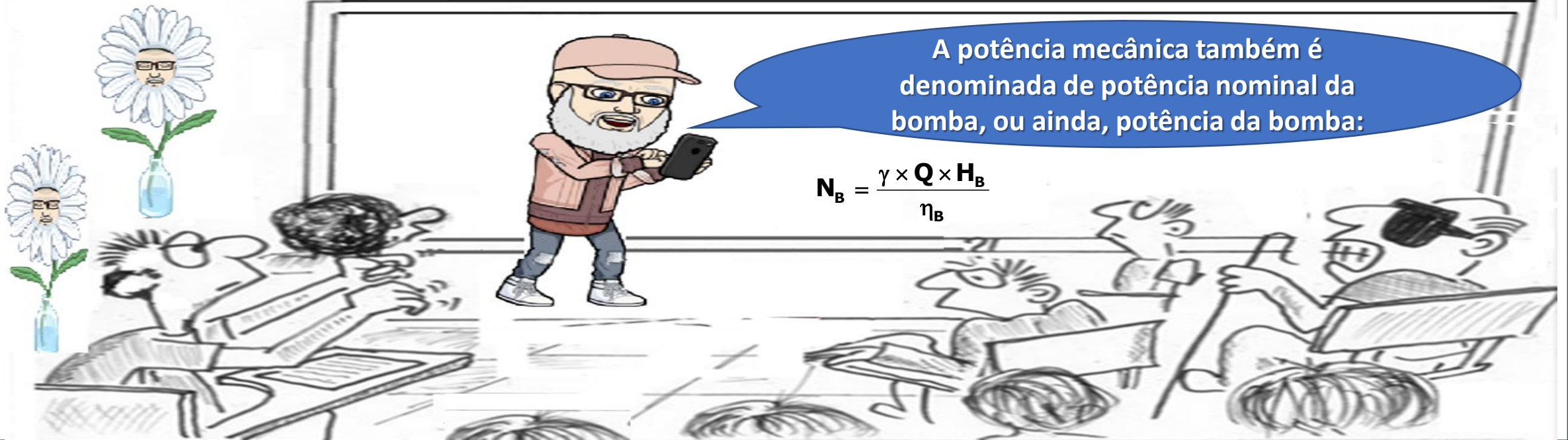
$$\eta_m = \frac{N_B}{N_m}$$

$$\eta_g = \frac{N}{N_m} = \eta_m \times \eta_B$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B}$$

Onde:

$$N = \gamma \times Q \times H_B$$



A potência mecânica também é denominada de potência nominal da bomba, ou ainda, potência da bomba:

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B}$$

A SÍNTESE DA AULA



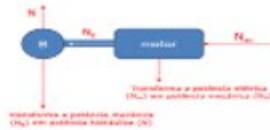
$$N = \gamma \times Q \times H_D$$

$$\eta_b = \frac{N}{N_b}$$

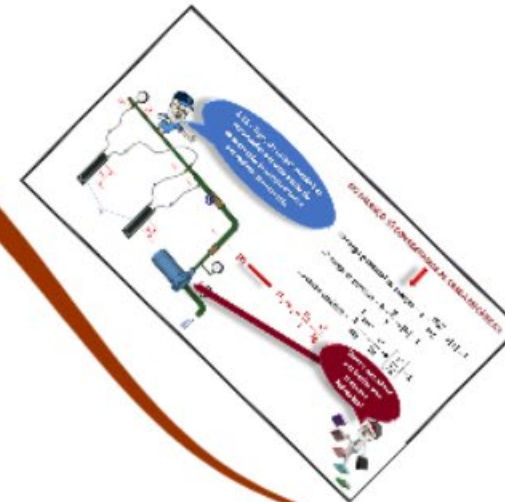
$$\eta_m = \frac{N_s}{N_b}$$

$$\eta_t = \frac{N}{N_s} = \eta_m \times \eta_b$$

$$N_s = \frac{\gamma \times Q \times H_D}{\eta_t}$$



Transferência de potência hidráulica (N_b) ao sistema hidráulico (N_s)	Transferência de potência mecânica (N) ao sistema hidráulico (N_s)	Transferência de potência hidráulica (N_b) ao sistema hidráulico (N_s)	Transferência de potência mecânica (N) ao sistema hidráulico (N_s)
11	11	11	11



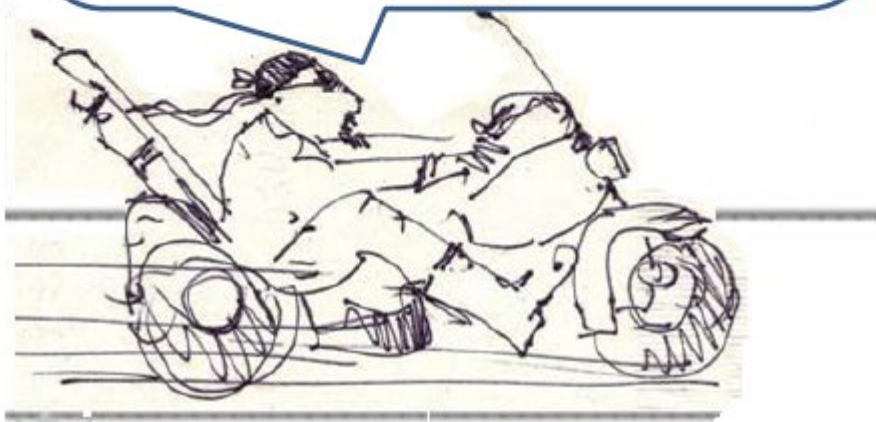
Bomba hidráulica é o dispositivo que fornece carga ao fluido, esta carga fornecida é denominada de carga manométrica da bomba e representada por H_b .

1.22 - Conceito de bomba hidráulica

31. NA LINHA ABAIXO ESQUEMATIZADA DEVERÃO CIRCULAR 15 m³/h DE ÁGUA ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ E $\mu = 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s}$). CALCULAR p_2 , p_3 , p_4 , p_5 , p_6 E p_7 RELATIVAS. São dados: $H_{p_{3-4}} = 3,1 \text{ m}$; $H_{p_{5-6}} = 4,1 \text{ m}$; $H_{p_{6-7}} = 1,8 \text{ m}$; $H_{p_{7-8}} = 10,2 \text{ m}$; ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE $9,8 \text{ m/s}^2$; ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DOS TUBOS: ATÉ 6: $A = 0,001314 \text{ m}^2$ ($D_{\text{int}} = 40,8 \text{ mm}$); DE 7 A 8: $A = 0,002165 \text{ m}^2$ ($D_{\text{int}} = 52,5 \text{ mm}$) E O PONTO 3 PERTENCE AO RESERVATÓRIO.

A SOLUÇÃO PODE SER VISTO NO VÍDEO PUBLICADO NO CANAL Alemão MecFlu Resolve:

<https://youtu.be/nApCRhlCu1Q>



Respostas:

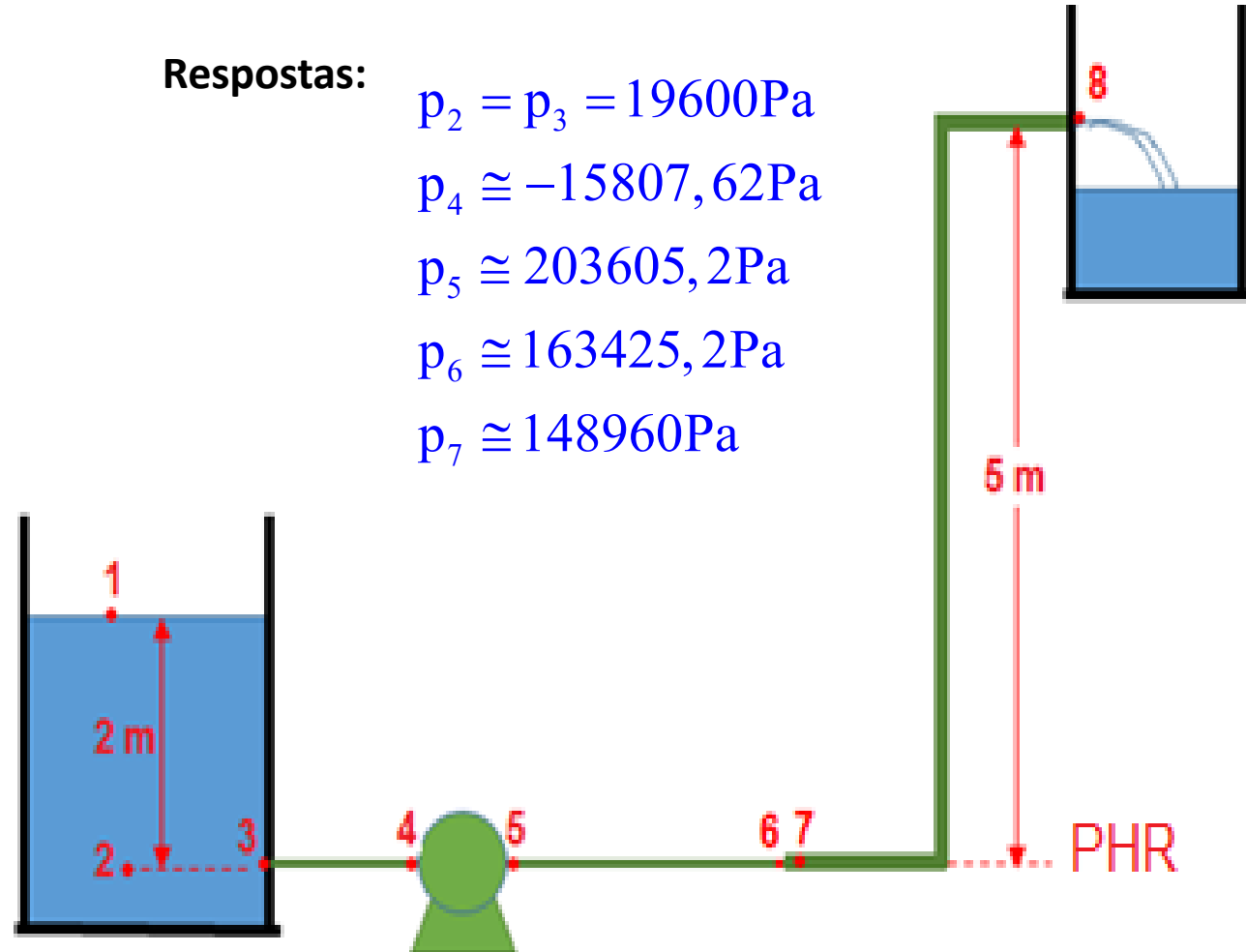
$$p_2 = p_3 = 19600 \text{ Pa}$$

$$p_4 \cong -15807,62 \text{ Pa}$$

$$p_5 \cong 203605,2 \text{ Pa}$$

$$p_6 \cong 163425,2 \text{ Pa}$$

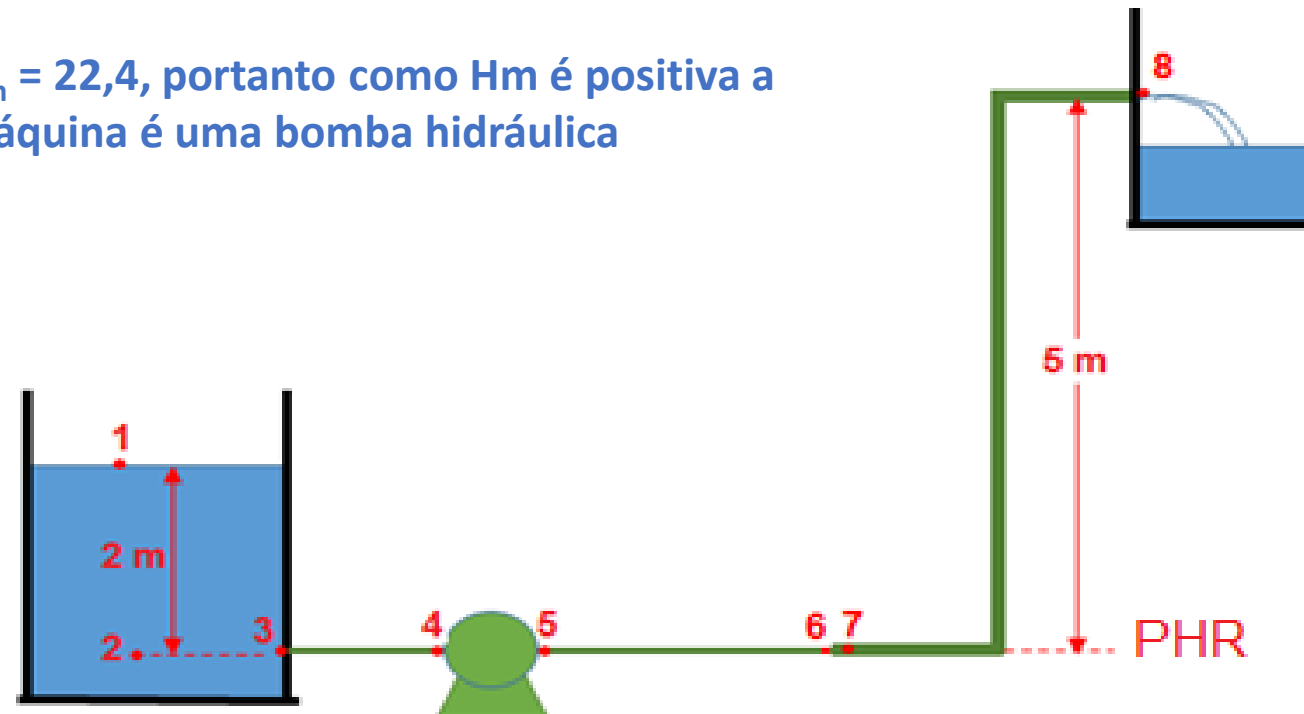
$$p_7 \cong 148960 \text{ Pa}$$



32. Na linha abaixo esquematizada deverão circular $15 \text{ m}^3/\text{h}$ de água ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $\mu = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$). Verificar o tipo de máquina e calcular sua carga manométrica.

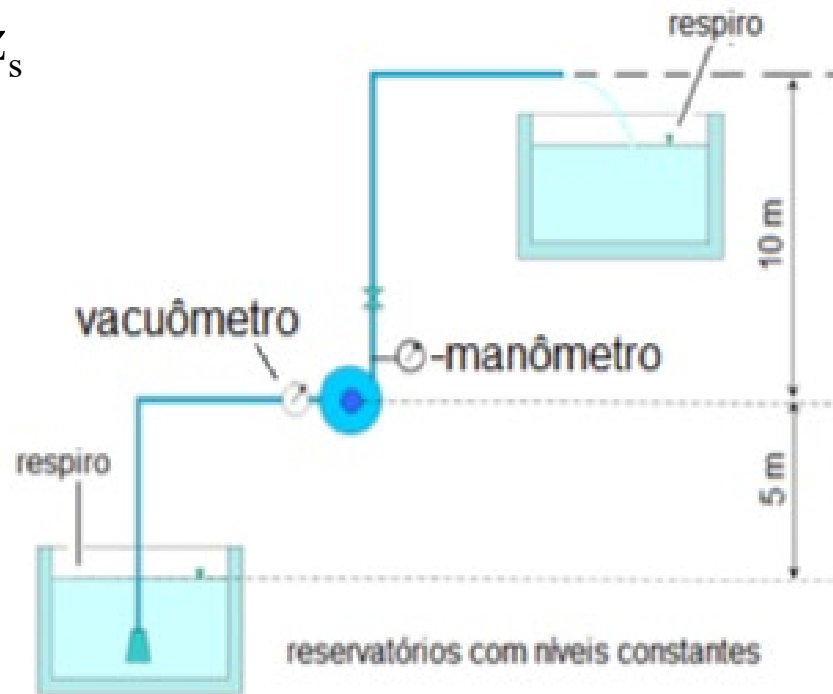
São dados: $H_{p_{3-4}} = 3,1 \text{ m}$; $H_{p_{5-6}} = 4,1 \text{ m}$; $H_{p_{6-7}} = 1,8 \text{ m}$; $H_{p_{7-8}} = 10,2 \text{ m}$; aceleração da gravidade $9,8 \text{ m/s}^2$; área da seção transversal dos tubos: até 6: $A = 0,001314 \text{ m}^2$ ($D_{\text{int}} = 40,8 \text{ mm}$); de 7 a 8: $A = 0,002165 \text{ m}^2$ ($D_{\text{int}} = 52,5 \text{ mm}$).

Respostas: $H_m = 22,4$, portanto como H_m é positiva a máquina é uma bomba hidráulica



33. A instalação de bombeamento representada a seguir transporta água ($\rho = 995 \text{ kg/m}^3$) com uma vazão de 5 L/s . Sabendo que a instalação tem um único diâmetro igual a 63 mm , que a aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$, que a pressão na entrada da bomba, registrada por um vacuômetro é -55870 Pa e que a pressão na saída da bomba, registrada pelo manômetro, é 156016 Pa , pede-se a carga manométrica da bomba; a perda de carga antes da bomba e a perda de carga depois da bomba.

Dado: $z_e \cong z_s$



Respostas:

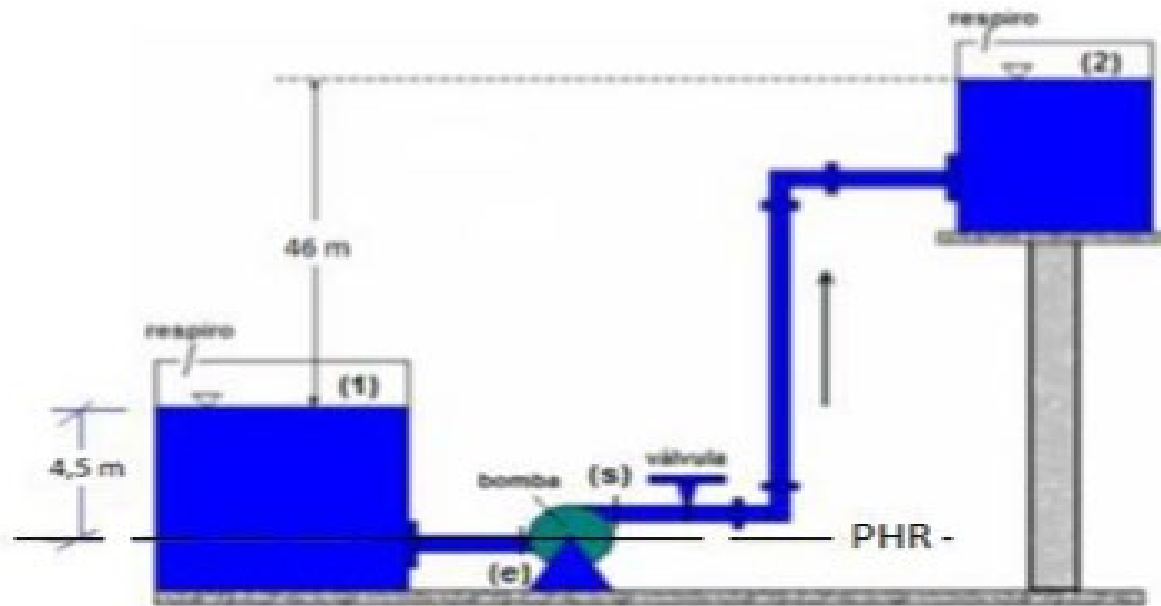
$$H_B \cong 21,73\text{m}$$

$$H_{PaB} \cong 0,6\text{m}$$

$$H_{PdB} = 6\text{m}$$

34. A instalação de bombeamento a seguir opera em regime permanente com uma vazão de 3,2 L/s. A tubulação antes da bomba tem uma perda de carga igual a 2,0 m. A tubulação de recalque (tubulação depois da bomba) tem uma perda de carga de 35,2 m. Sabendo que a tubulação antes da bomba tem um diâmetro interno de 52,5 mm ($A = 21,7 \text{ cm}^2$) e a tubulação de recalque um diâmetro interno igual a 40,8 mm ($A = 13,1 \text{ cm}^2$), pede-se: a carga manométrica da bomba e a sua potência útil.

Dados: peso específico do fluido que escoar igual a 9800 N/m^3 ; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



Respostas:

$$H_B = 83,2 \text{ m}$$

$$N \cong 2609,2 \text{ W}$$

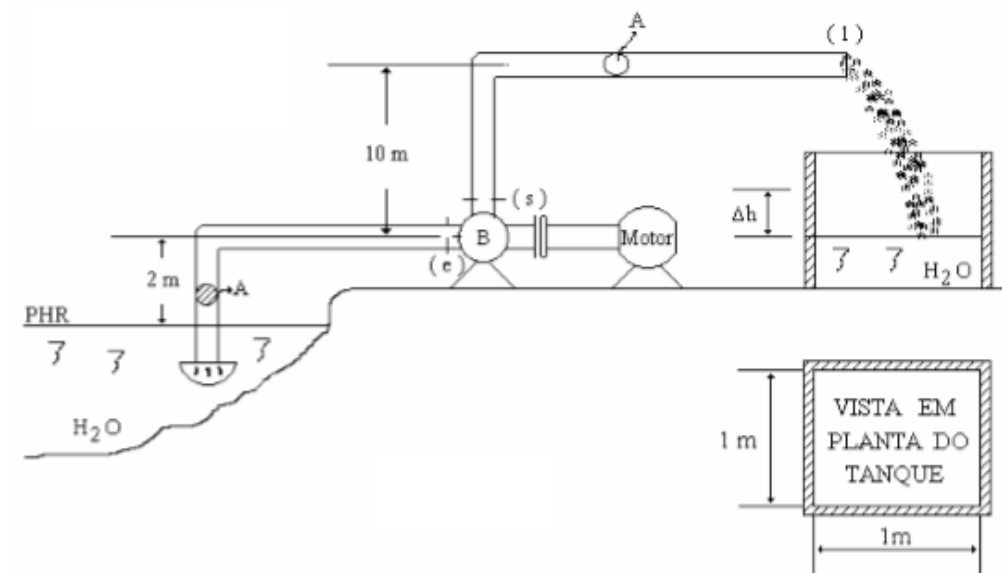
35. Para a instalação representada, o nível do tanque leva 50 segundos para subir $\Delta h = 25$ cm. Sabe-se os valores da perda de carga, que são: $H_{p_{o-e}} = 2$ m e $H_{p_{s-1}} = 2$ m e que as tubulações são todas de diâmetro $D = 4$ cm $\rightarrow A = 12,5$ cm² e ainda que o rendimento da bomba é de 80%. Pede-se:

- a) a vazão em L/s;
- b) a velocidade média da água nas tubulações em m/s;
- c) o tipo de escoamento, sabendo-se que $v_{H_2O} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- d) a carga potencial, a carga de pressão e a carga cinética na entrada da bomba;
- e) a carga potencial, a carga de pressão e a carga cinética na saída da bomba;
- f) a potência da bomba;
- g) a potência consumida da rede elétrica pelo motor elétrico sabendo-se que seu rendimento é de 90%;
- h) o rendimento global do conjunto motobomba;
- i) a carga potencial, a carga de pressão e a carga cinética na seção (1).



Solução no YouTube:

<https://youtu.be/-c6aDEOTfDc>



36. Considerando a entrada e a saída da bomba em uma instalação de recalque como a representada pela foto, onde se tem: a pressão de entrada igual a -180 mmHg; pressão de saída 270 kPa; diâmetro interno da seção de entrada 52,5 mm ($A=21,7 \text{ cm}^2$); diâmetro interno da seção de saída 40,8 mm ($A = 13,1 \text{ cm}^2$); que o nível de água no reservatório, que tem área transversal igual a $0,546 \text{ m}^2$, levou 20,8 s para subir 100 mm, pede-se determinar a carga manométrica da bomba em questão e a sua potência.

Respostas:

$$H_B = 30,4\text{m}$$

$$N_B \cong 1086,2\text{W}$$



Dados:

$$\rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho_{\text{Hg}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \eta_B = 72\%$$

37. Sabendo que a bomba da bancada ao trabalhar a 1,2 L/s tem uma carga manométrica igual a 9,4m, pede-se determinar a perda de carga total no circuito e a potência da bomba. Dado: $\rho_{\text{água}} = 998,2 \text{ kg/m}^3$; $\eta_B = 80\%$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

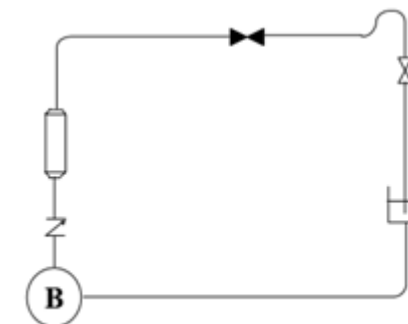


Respostas:

$$H_{P_{\text{total}}} = 9,4\text{m}$$

$$N_B \cong 138\text{W}$$

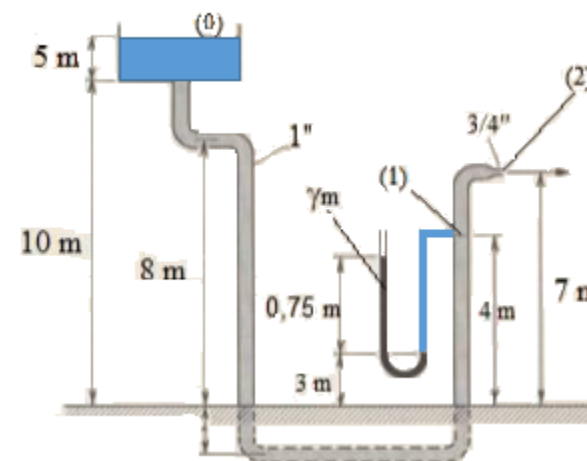
Esquema da bancada



38. Para a instalação esquematizada abaixo, pede-se:

- a perda de carga total que ocorre no escoamento de 1,6 L/s de água;
- a perda de carga entre as seções (1) e (2)

Respostas: $H_{p_{total}} \cong 6,9\text{m} \rightarrow H_{p_{1-2}} \cong 5,5\text{m}$



Dados:

$$D_{1"} = 26,6 \text{ mm};$$

$$A_{1"} = 5,57 \text{ cm}^2;$$

$$D_{3/4"} = 20,9 \text{ mm};$$

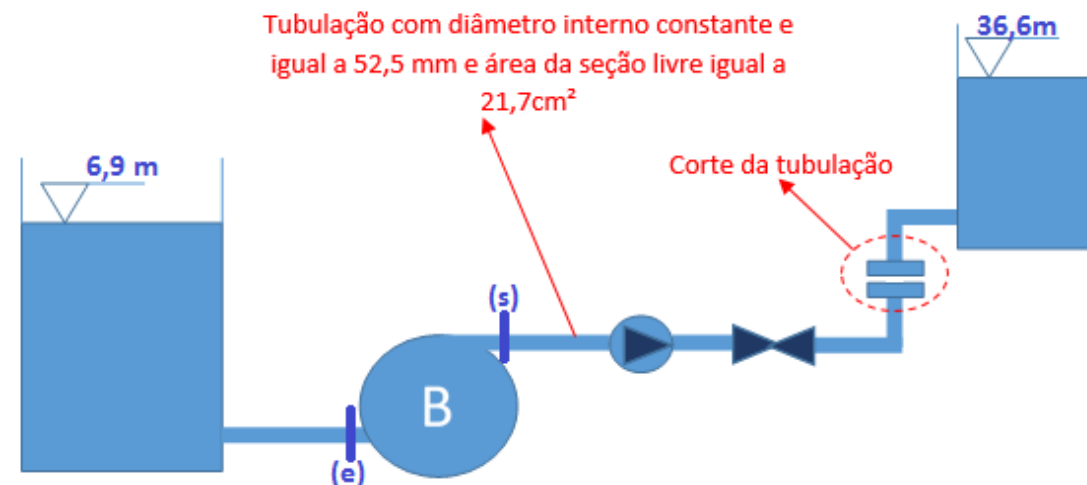
$$A_{3/4"} = 3,44 \text{ cm}^2;$$

$$\gamma_{\text{água}} = 9780,4 \text{ N/m}^3$$

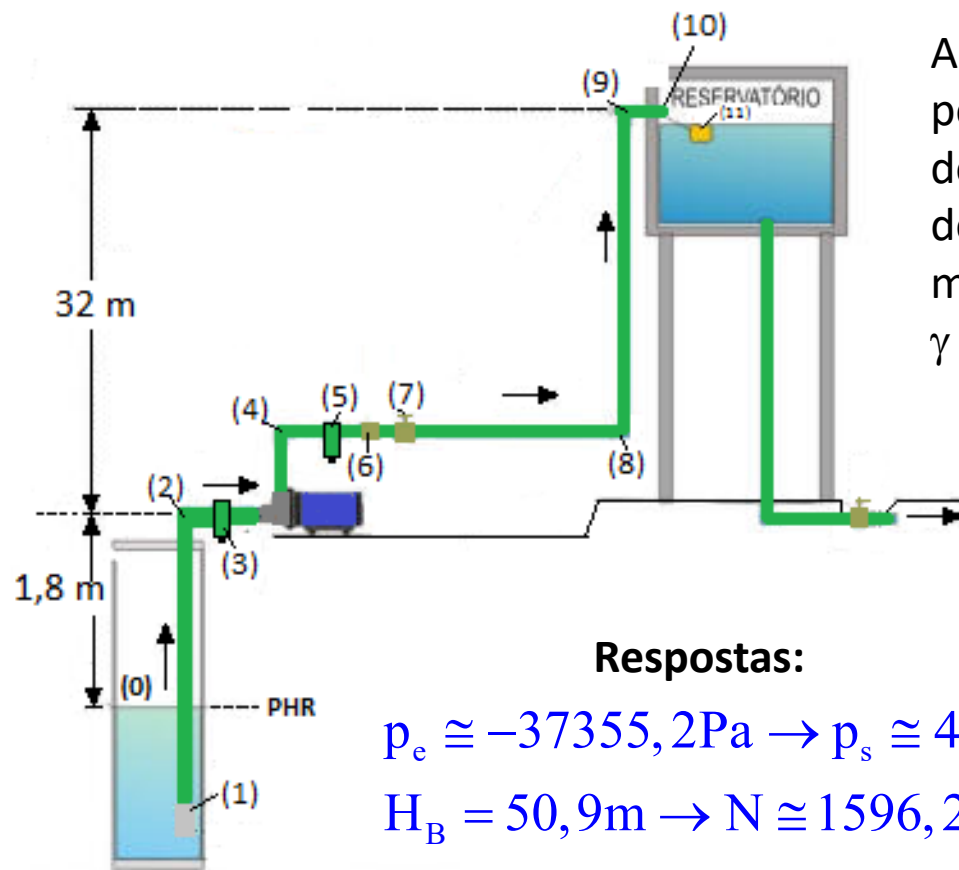
$$\gamma_{\text{Hg}} = 132603,8 \text{ N/m}^3$$

39. Através da instalação hidráulica esquematizada a seguir é transportada água ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) com uma vazão de 3,2 L/s. Sabendo que a cota da seção de entrada e da seção de saída, são respectivamente 1,9 m e 2,4 m, que a perda de carga antes da bomba é 2,6 m e depois da bomba é 13,8 m, pede-se: a pressão na entrada da bomba (p_e); a pressão na saída da bomba (p_s); a carga manométrica da bomba (H_B) e a sua potência útil.

Respostas: $p_e \cong 22432,7 \text{ Pa} \rightarrow p_s \cong 469312,7 \text{ Pa} \rightarrow H_B = 46,1 \text{ m} \rightarrow N \cong 1445,7 \text{ W}$



40. Para a instalação de bombeamento representada a seguir (1) é uma válvula de poço; (2), (4), (8) e (9) são joelhos fêmea de 90°; (3) e (5) são filtros; (6) uma válvula de retenção horizontal; (7) válvula globo reta sem guia; (10) é saída de tubulação e (11) bóia. O fluido bombeado é a água com massa específica igual a 1000 kg/m³ e com uma vazão igual a 3,2 L/s. A tubulação antes da bomba é de aço 40 com $D_N = 2''$ ($D_{int} = 52,5$ mm e $A = 21,7$ cm²) e a tubulação depois da bomba é de aço 40 com $D_N = 1,5''$ ($D_{int} = 40,8$ mm e $A = 13,1$ cm²).



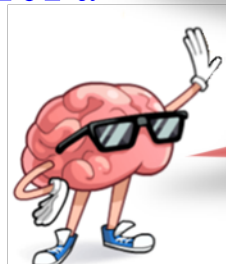
Respostas:

$$p_e \cong -37355,2 \text{ Pa} \rightarrow p_s \cong 459620 \text{ Pa}$$

$$H_B = 50,9 \text{ m} \rightarrow N \cong 1596,2 \text{ W}$$

A instalação ao lado operando com uma vazão de 3,2 L/s tem uma perda de carga antes da bomba igual a 1,9 m e uma perda de carga depois da bomba igual a 14,9 m, nesta situação pede-se determinar a pressão na entrada e na saída da bomba, a carga manométrica da mesma e a potência útil da bomba, adotando-se $\gamma = 9800$ N/m³.

Só avance no curso, após resolver os 10 problemas propostos, lembre, a obtenção das suas soluções são ginásticas para seu cérebro com o intuito de aumentar sua inteligência!



Obrigado!

