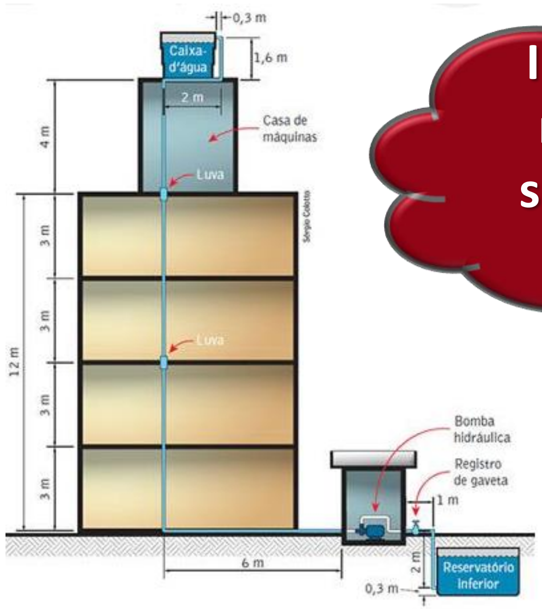
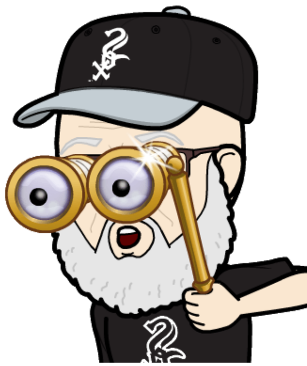
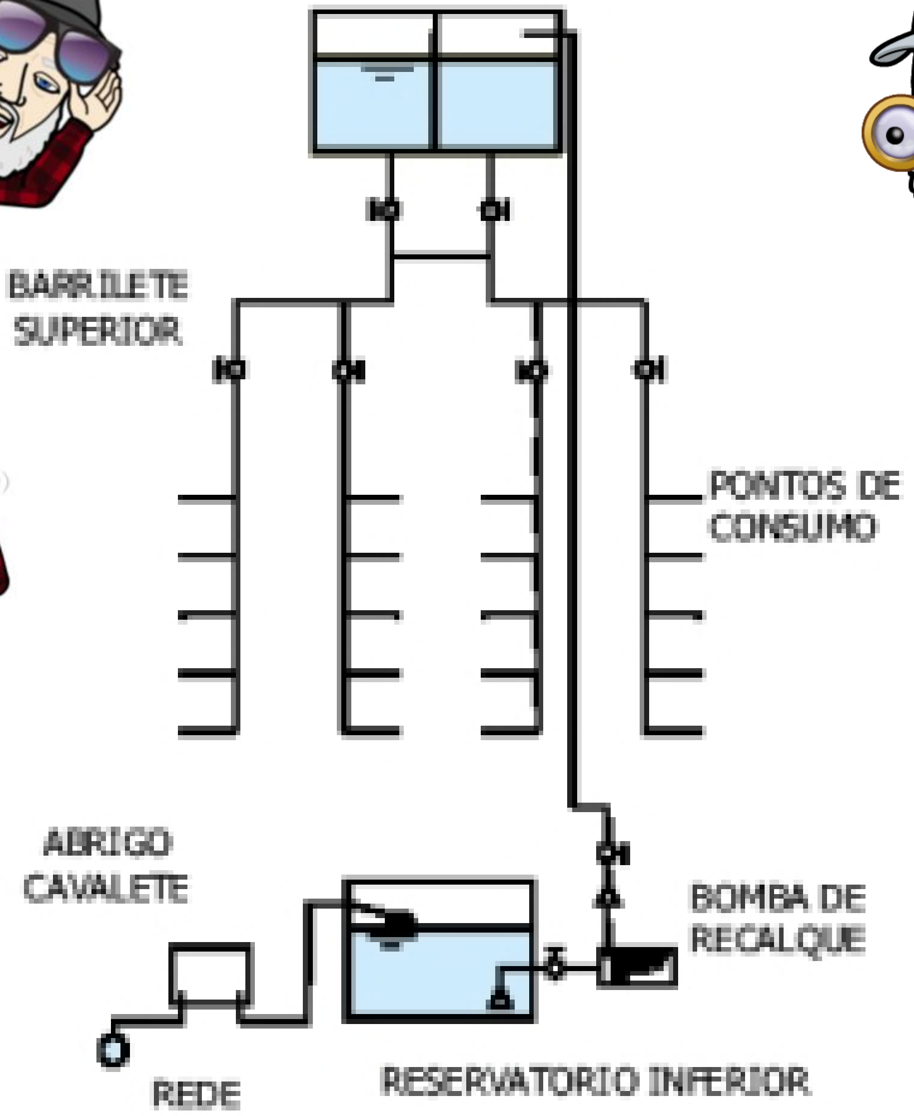
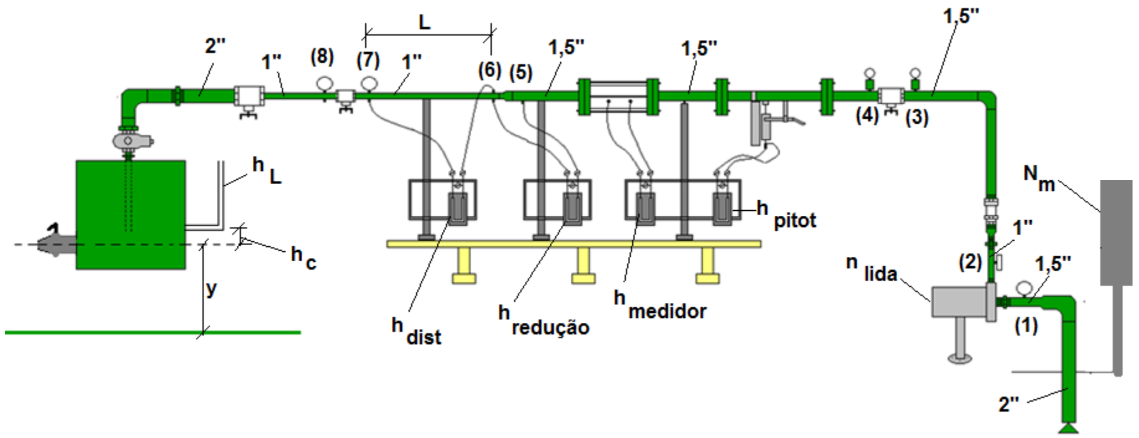


Instalações de recalque e as suas perdas de carga!







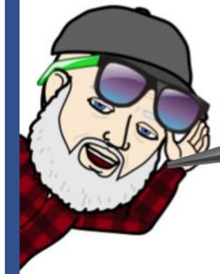
Hidráulica

Aula 2

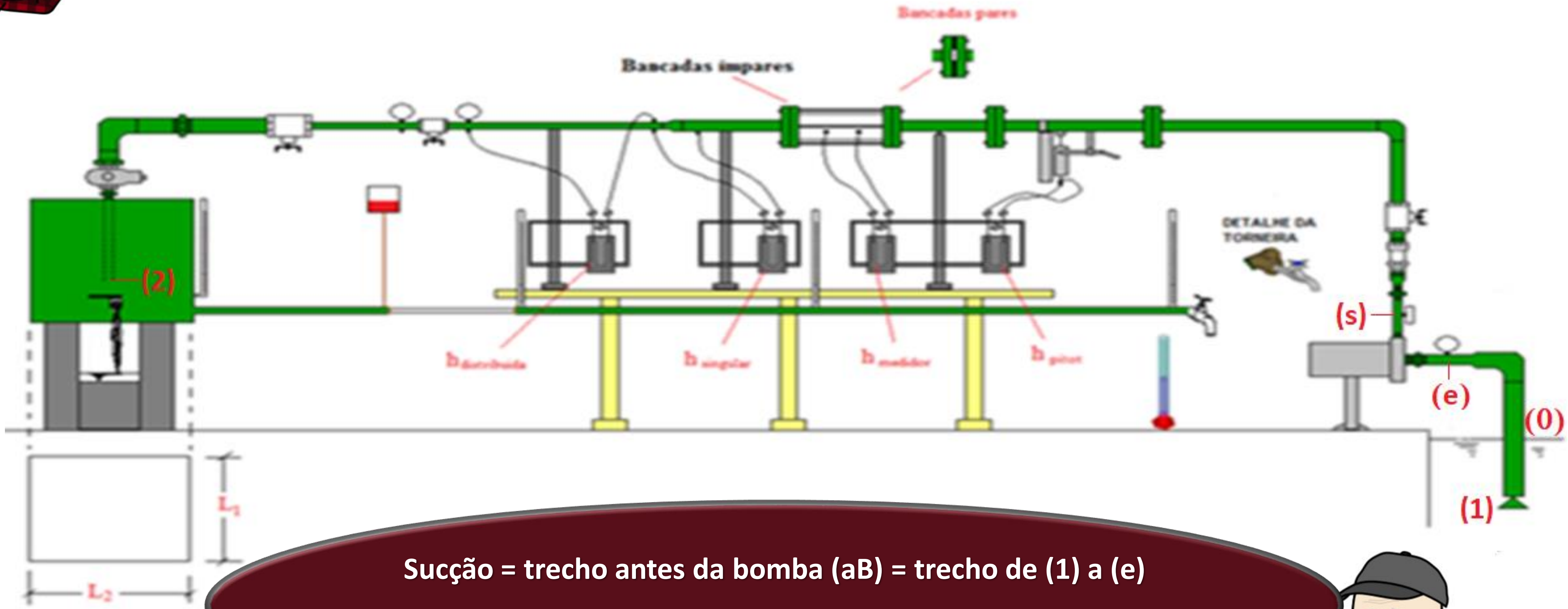

Uma instalação de recalque é uma instalação de bombeamento, que transporta o fluido de uma cota inferior para uma cota superior. A tubulação da instalação de recalque se divide em duas, a tubulação após a bomba é denominada de tubulação de recalque, já a tubulação antes da bomba, pode ser, ou não, uma tubulação de sução!


O exercício proposto na primeira aula já era um exemplo de instalação de recalque e sua solução pode ser vista no YouTube:
https://youtu.be/2Y7jNSnSHKE
Nele as perdas de carga foram dadas, será sempre assim?


Para projetos elas não serão dadas, isto implica que devem ser calculadas, ou em casos especiais obtidas na prática!
Você pode dar um exemplo da sua obtenção na prática?

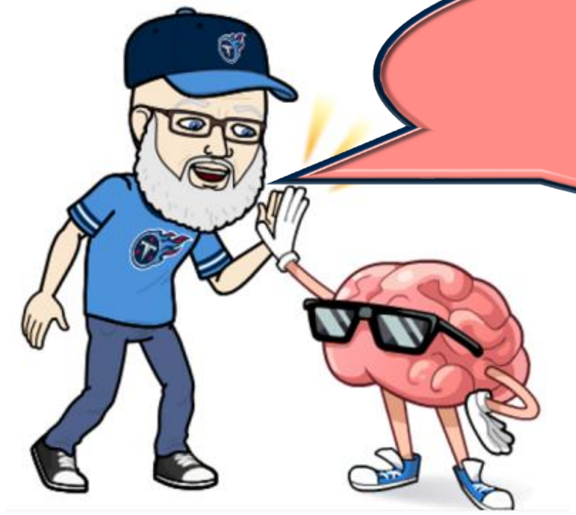


Claro, considere a instalação de recalque abaixo:

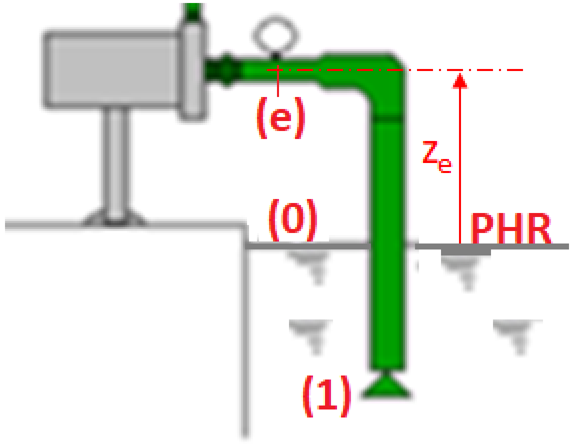


Sucção = trecho antes da bomba (aB) = trecho de (1) a (e)

Recalque = depois da bomba (dB) = trecho de (s) a (2)

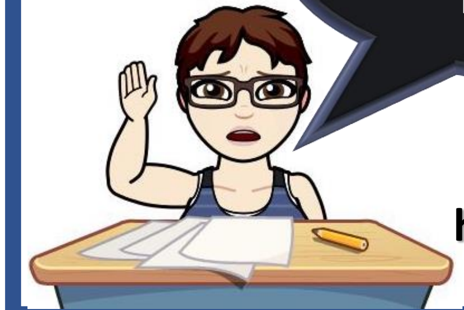


Para calcular a perda antes da bomba, vamos escrever a equação da energia para um escoamento incompressível, em regime permanente, com uma entrada e uma saída!



$$H_0 = H_e + Hp_{aB}$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2g} + Hp_{aB}$$



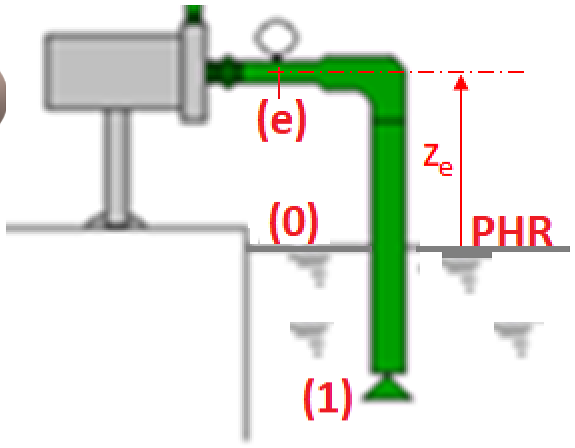
O que preciso conhecer e ler na bancada?

1. O fluido bombeado e a sua temperatura, assim determinarmos as suas propriedades, tais como massa específica e viscosidade ! Para água e mercúrio, consulte:

Precisa conhecer:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12015/consulta11.htm

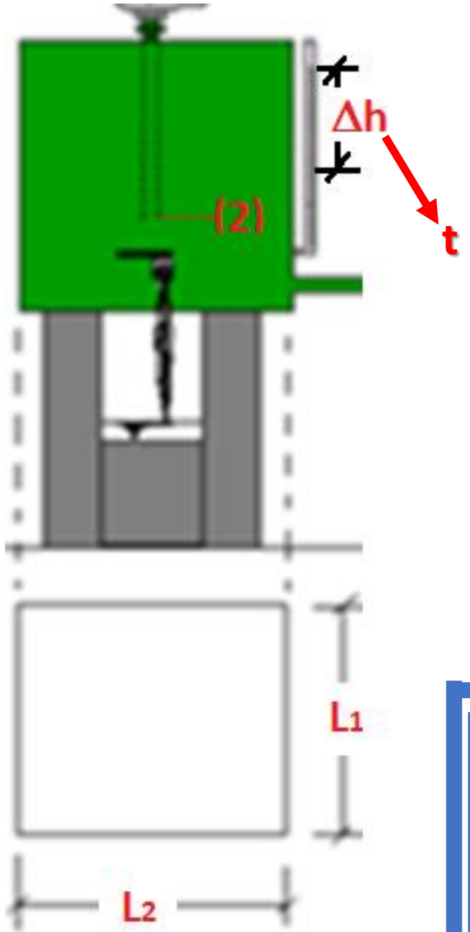
Precisa medir a cota do nível até o eixo da seção de entrada (Z_e) e conhecer para a seção de entrada da bomba: o seu diâmetro interno e a sua área da seção livre!



No caso, o PHR foi adotado no nível de captação e trata-se de uma tubulação de aço 40 com diâmetro nominal de 1,5", portanto devemos recorrer a norma ANSI B3610.

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12015/consulta11.htm

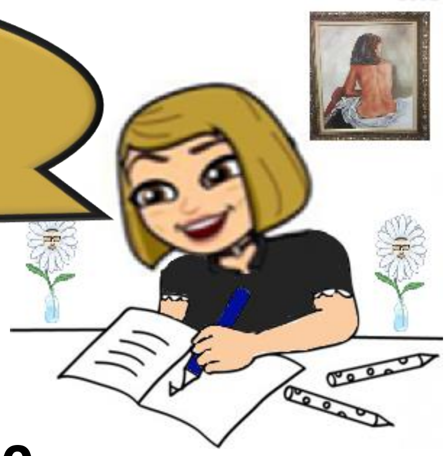
Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm^2)	Área da seção de metal (cm^2)	Superfície externa (m^2/m)	Peso aproximado (kg/m) Tubo vazio (Nota 5)	Peso aproximado (kg/m) Conteúdo de água	Momento de inércia (cm^4)	Momento resistente (cm^3)	Raio de giração (cm)
1½ - 48	Std, 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39



Precisamos determinar a vazão de forma direta, para isto, medimos L_1 e L_2, depois disso, deixamos o nível do fluido subir um Δh e cronometramos o tempo (t) para isso ocorrer!

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A}{t} = \frac{\Delta h \times (L_1 \times L_2)}{t}$$

Tendo a Q e a área da seção livre do tubo (A), como o mesmo é forçado, podemos calcular a velocidade média do escoamento e o número de Reynolds, isto para definir o coeficiente de Coriolis!

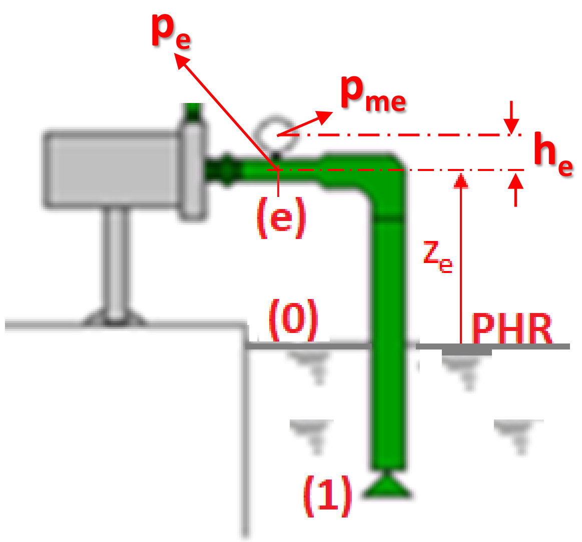


$$Q = v \times A \therefore v = \frac{Q}{A} \Rightarrow Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{v \times D_{int}}{\nu}$$

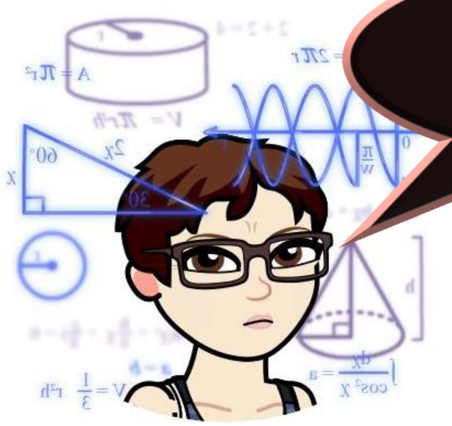
$$\Rightarrow \text{laminar} \Rightarrow \alpha = 2{,}0$$

$$\Rightarrow \text{turbulento} \Rightarrow \alpha \cong 1{,}0$$

Calculamos a pressão no ponto central da seção de entrada da bomba a partir da pressão manométrica lida no manovacuômetro (ou vacuômetro) e da cota h_e, isto porque:



$$p_e = p_{me} + \gamma \times h_e$$



Aí é só calcular:

$$0 + 0 + 0 = z_e + \frac{p_{me} + \gamma \times h_e}{\gamma} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2g} + Hp_{aB}$$

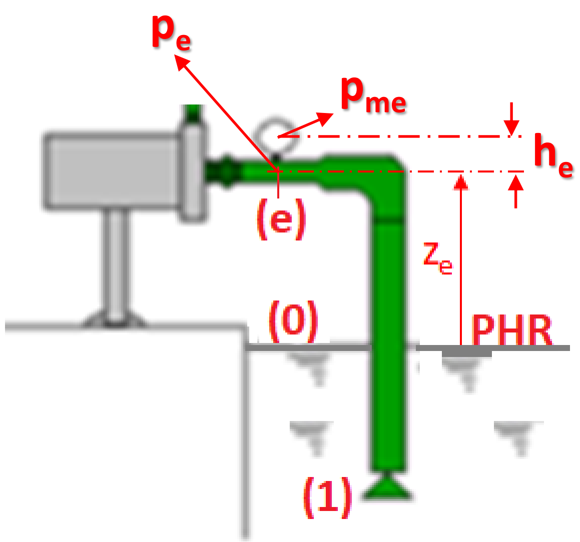

A determinação dos dados e os cálculos que possibilitam a determinação da perda de carga antes da bomba podem ser vistos também no YouTube:
https://youtu.be/Krz7qKWBYDc

Dados obtidos:

$$z_e = 112\text{cm};\ \text{temperatura}=68\,^0\text{F}$$

$$L_1 = 73{,}5\text{cm}; L_2 = 74{,}5\text{cm}; \Delta h = 100\text{mm} \Rightarrow t = 26{,}3\text{s}$$

$$h_e = 12\text{cm}; p_{me} = -170\text{mmHg}$$

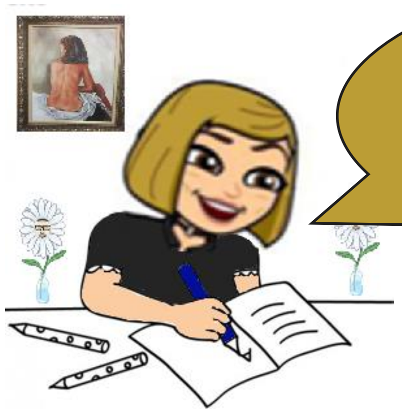


Por outro lado, sabemos que:

θ [°C]	ρ_w [kg/m³]	ν_w $\times 10^6$ [m²/s]
20	998,2	1,004

$$t_C = \frac{5}{9}\times\left(t_F - 32\right) \therefore t_C = \frac{5}{9}\times\left(68-32\right) = 20\,^0\text{C}$$

$$\therefore 0 = 1{,}12 + \frac{p_{me} + 998{,}2\times 9{,}8\times 0{,}12}{998{,}2\times 9{,}8} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2\times 9{,}8} + Hp_{aB} \rightarrow (1)$$



$$\frac{bmmHg}{1000} \times 13600 \times 9,8 = aPa$$

$$\therefore \frac{-170mmH}{1000} \times 13600 \times 9,8 = -22657,6Pa$$

$$0 = 1,12 + \frac{-22657,6 + 998,2 \times 9,8 \times 0,12}{998,2 \times 9,8} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2 \times 9,8} + Hp_{aB} \therefore 0 = 1,12 - 2,20 + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2 \times 9,8} + Hp_{aB} \rightarrow (2)$$

$$Q = \frac{\Delta h \times A}{t} \therefore Q = \frac{0,1 \times (0,735 \times 0,745)}{26,3}$$

$$Q \cong 2,08 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Com a Q, calculamos a velocidade média, com esta calculamos o número de Reynolds e definimos o coeficiente de Coriolis (α)

$$Q = v \times A \therefore v = \frac{2.08 \times 10^{-3}}{13,1 \times 10^{-4}} \cong 1,6\,\frac{m}{s}$$

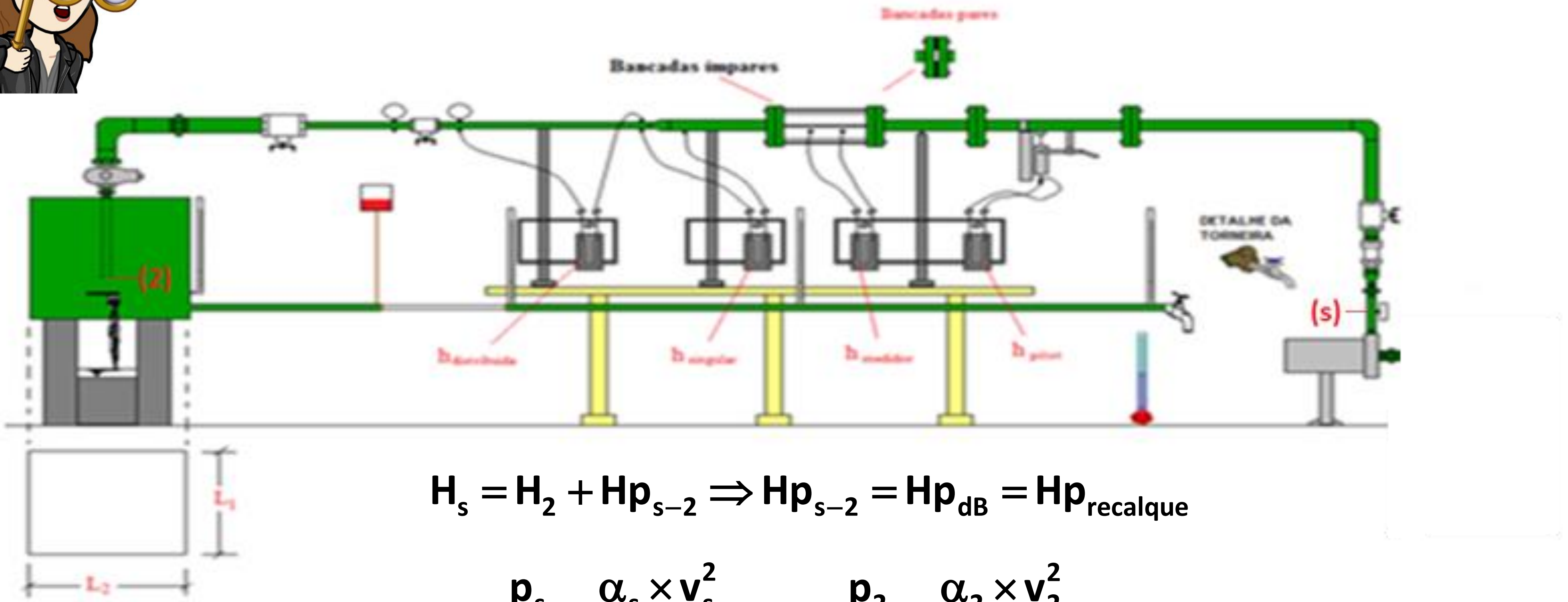
$$Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{1,6 \times 0,0408}{1,004 \times 10^{-6}} \cong 65020 \rightarrow \text{turbulento} \therefore \alpha \cong 1,0$$

Finalmente, voltamos a equação (2) e calculamos as perdas:

$$0 = 1,12 - 2,20 + \frac{1 \times 1,6^2}{19,6} + Hp_{aB}$$

$$\therefore Hp_{aB} \cong 0,95m$$

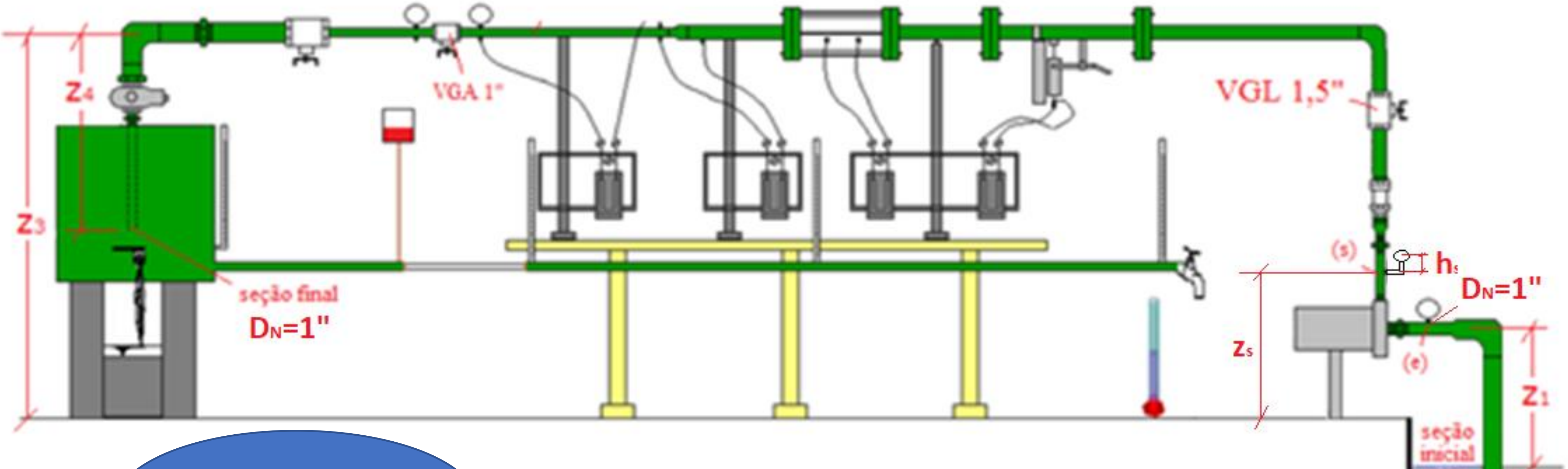

Vamos exercitar, e com dados do laboratório de mecânica dos fluidos, calcular a perda para depois da bomba, ou seja, para a tubulação de recalque.



$$H_s = H_2 + Hp_{s-2} \Rightarrow Hp_{s-2} = Hp_{dB} = Hp_{recalque}$$

$$z_s + \frac{p_s}{\gamma} + \frac{\alpha_s \times v_s^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g} + Hp_{dB}$$


A determinação dos dados e os cálculos que possibilitam a determinação da perda de carga depois da bomba podem ser vistos também no YouTube:
https://youtu.be/jOMcNyUkCYI



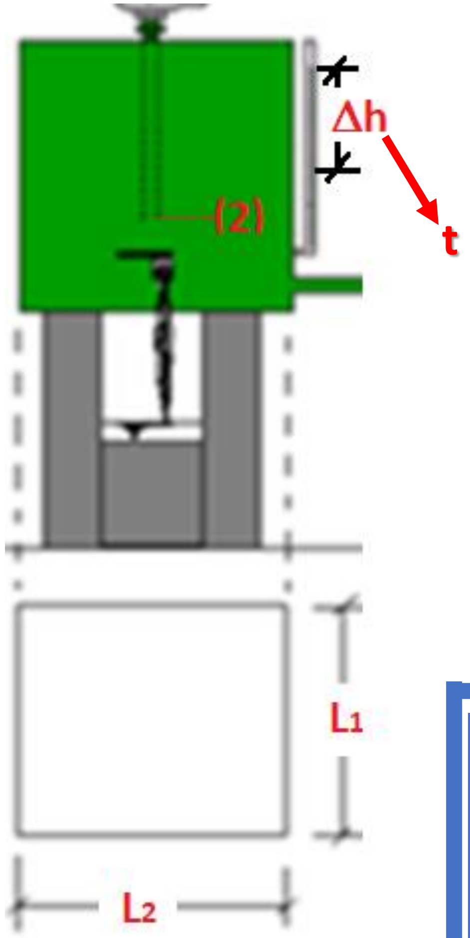
Dados coletados na bancada:

$$\text{água} \Rightarrow 68\,^{0}F \Rightarrow \rho = 998,2\,\frac{kg}{m^3};\ \nu = 1,004\times10^{-6}\,\frac{m^2}{s};$$

$$h_s = 9cm;\ p_{ms} = 140kPa;$$

$$L_1 = 73,5cm;\ L_2 = 74,5cm;\ \Delta h = 100mm \Rightarrow t = 26,3s;$$

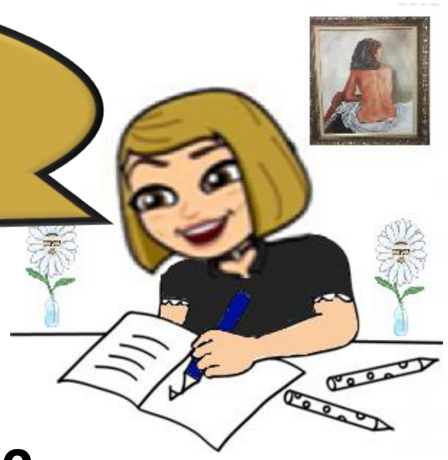
$$z_s = 112,5cm;\ z_3 = 207cm;\ z_4 = 114cm$$



Precisamos determinar a vazão de forma direta, para isto, medimos L_1 e L_2, depois disso, deixamos o nível do fluido subir um Δh e cronometramos o tempo (t) para isso ocorrer!

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A}{t} = \frac{\Delta h \times (L_1 \times L_2)}{t}$$

Tendo a Q e a área da seção livre do tubo (A), como o mesmo é forçado, podemos calcular a velocidade média do escoamento e o número de Reynolds, isto para definir o coeficiente de Coriolis!

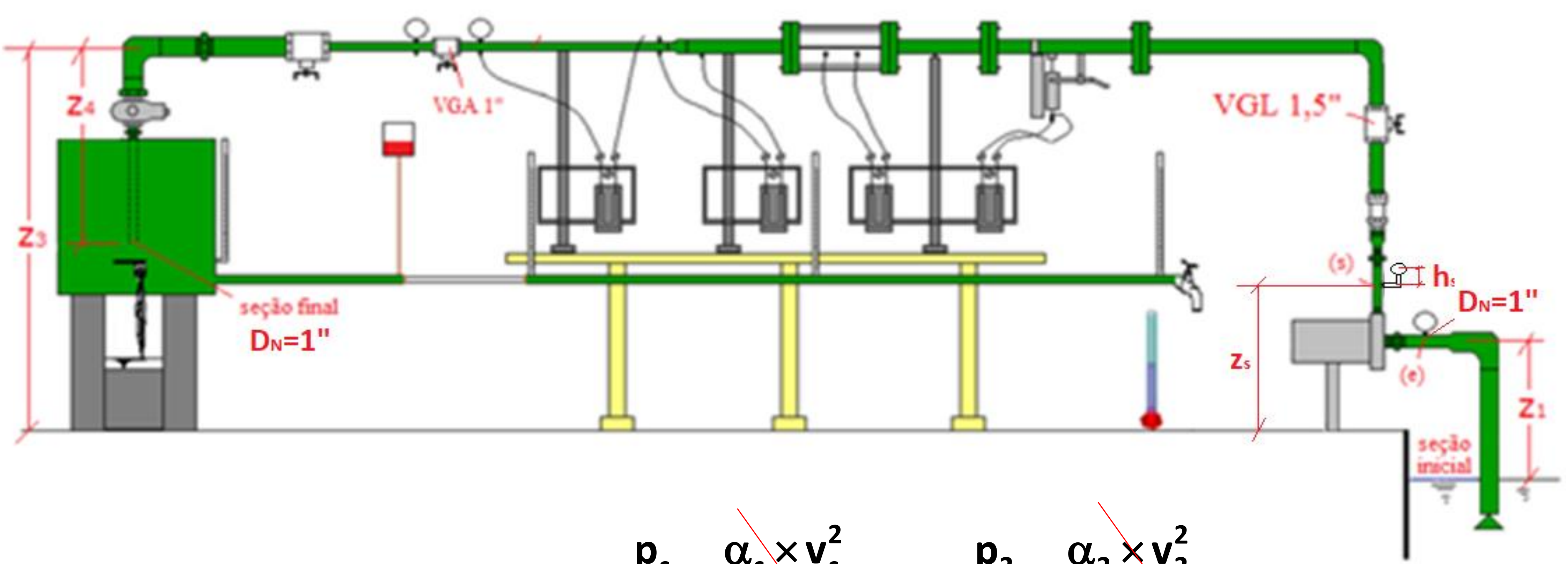


$$Q = v \times A \therefore v = \frac{Q}{A} \Rightarrow Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{v \times D_{int}}{\nu}$$

$$\Rightarrow laminar \Rightarrow \alpha = 2,0$$

$$\Rightarrow turbulento \Rightarrow \alpha \cong 1,0$$


No cálculo da $Hp_{recalque}$ nem calculamos, porque os diâmetros Ds e D2 são iguais, portanto as cargas cinéticas se anulam!



$$D_s = D_2 \Rightarrow v_s = v_2 ; \alpha_s = \alpha_2 \rightarrow z_s + \frac{p_s}{\gamma} + \cancel{\frac{\alpha_s \times v_s^2}{2g}} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \cancel{\frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g}} + Hp_{dB}$$

$$1,125 + \frac{140000 + 0,09 \times 998,2 \times 9,8}{998,2 \times 9,8} = (2,07 - 1,14) + 0 + Hp_{dB} \quad \therefore Hp_{dB} \cong 14,6m$$

O exercício a seguir foi uma das questões da P2 de mecflu na FEI em 27/05/2013

Respostas:

$$Q = 21\frac{L}{s}; N_B = 210\frac{kgf \times m}{s};$$

$$Hp_{2-3} = 2m; p_4 = 1600\frac{kgf}{m^2}.$$

No sistema da figura os reservatórios são de pequenas dimensões, mas mantém seus níveis constantes. A potência da bomba é cinco vezes maior que a potência da turbina e os rendimentos são iguais a 80%. As tubulações têm seções transversais de áreas 75 cm². Determinar: a vazão (Q); a potência da bomba (N_B); a perda de carga entre 2 e 3 (Hp_{2-3}) e a pressão na seção 4 (p_4).

Dados: $\gamma_{água}$ = 1000 kgf/m³; g = 9,8 m/s²; p_2 = 0,56 kgf/cm²; Hp_{3-4} = 2m; Hp_{5-0} = 0,5m e Hp_{0-1} = 1m.