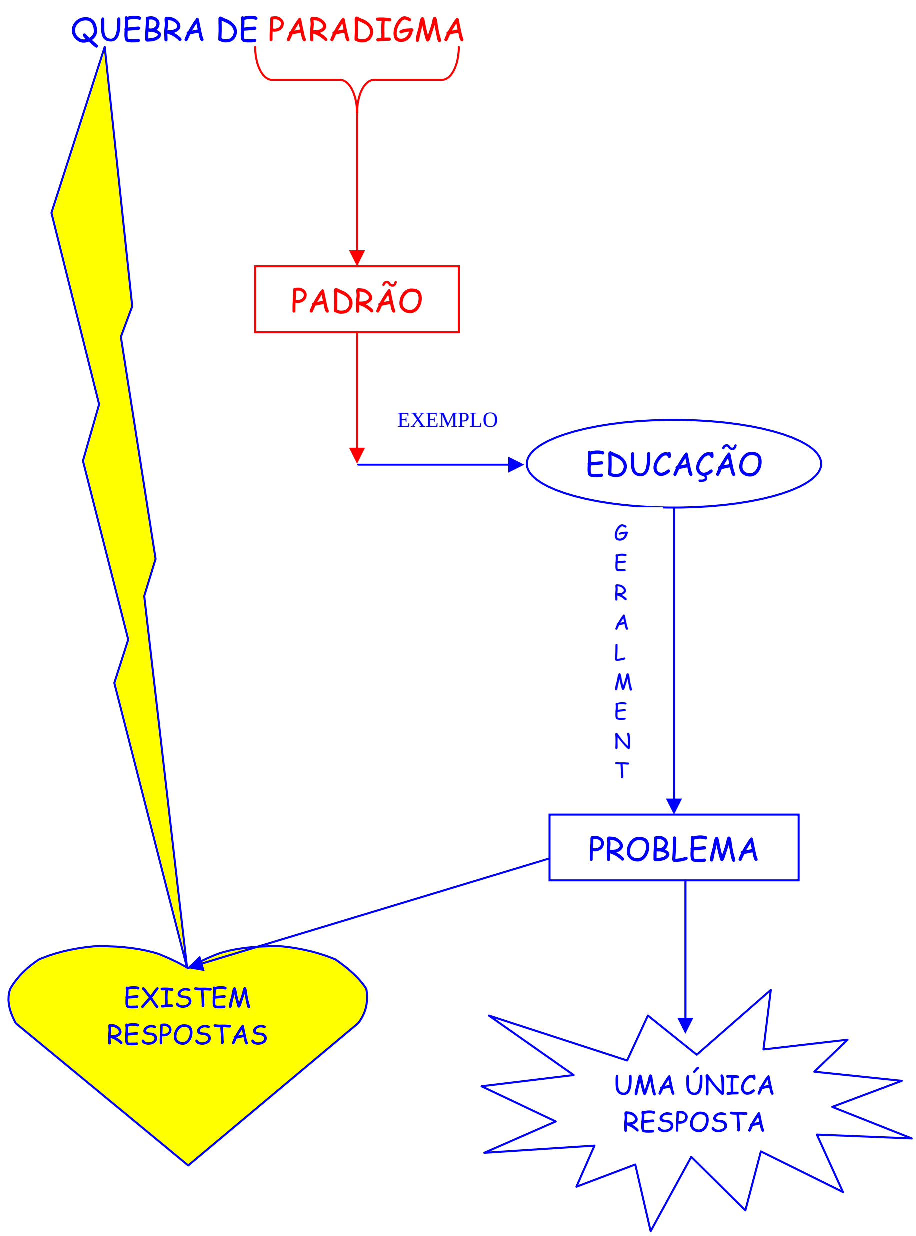
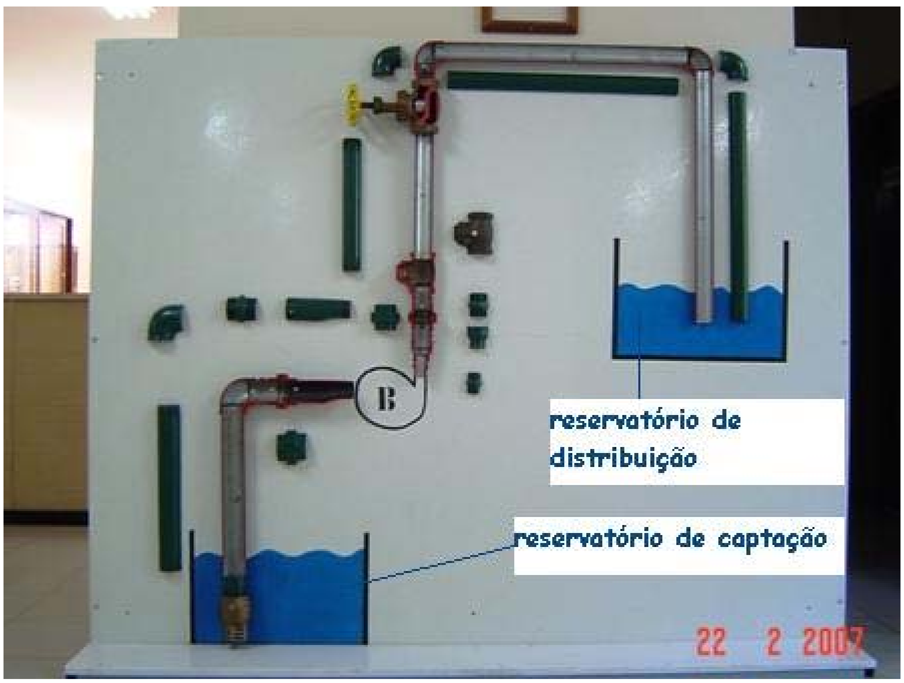
Segunda aula de projeto – 19/02/2008

O principal objetivo das perguntas da 1ª atividade foi provocar tanto a saída da região do conforto (região onde se conhecem todas as perguntas e todas as respostas), como a quebra de um dos mais antigos paradigmas da educação, que a existência de uma única resposta para cada pergunta feita.



Para se responder as perguntas feitas, o conceito de instalação de recalque deve ser recordado.

Instalação de recalque é a instalação hidráulica projetada para transportar o fluido de uma cota inferior para uma cota superior e como geralmente este tipo de escoamento não é espontâneo, há a necessidade da instalação de uma bomba hidráulica e a sua escolha será analisada nos estudos aqui propostos.



Instalação de recalque 1

Como sabemos a carga inicial do fluido (H_i)? Para a determinação de H_i deve considerar a somatória da carga potencial + carga de pressão + carga cinética + cargas térimicas, ou seja:

$$H_i = \frac{\text{energia que o fluido possui}}{\text{peso do fluido}} = z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} + CT_i$$

$\alpha \rightarrow$ não é utilizado em níveis de reservatórios e se tratando de seção transversal de tubos, tem - se $\alpha = 1{,}0$ se o escoamento for turbulento e $\alpha = 2{,}0$ se o escoamento for laminar.

escoamento laminar $\rightarrow$ Re $\leq$ 2000 (existem literarturas que consideram valores até 2500, por exemplo : 2300.

escoamento turbulento $\rightarrow$ Re $\geq$ 4000 (valor utilizado pela grande maioria das referências e reconhecido pela ABNT)

$$H_f = \frac{\text{energia que o fluido deve ter na seção final}}{\text{peso do fluido}} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + CT_f$$

Em relação às cargas térmicas é importante lembrar que as mesmas variam com a temperatura e como em nos estudos propostos se considera escoamento isotérmico (condição para se ter o escoamento considerado incompressível) as mesmas permanecem constantes ao longo de todo o escoamento.

Como o fluido tem viscosidade (μ) e existem os acessórios hidráulicos, tem-se certeza da existência da perda de carga (H_p) ao longo do escoamento, portanto: $H_i + H_s = H_f + H_p$ e onde H_s é a carga que o sistema precisa para o fluido percorrer a instalação com uma vazão Q.

Portanto, $H_s = H_f + H_p - H_i$, onde a parcela $H_f + H_p - H_i$ representa a energia por unidade de peso que deve ser vencida para se ter o escoamento em regime permanente com uma vazão Q.

Nota: Em projetos de instalações de bombeamento a vazão desejada (Q) é utilizada no dimensionamento do tubo, por exmplo através do conceito da velocidade economica e o conceito $Q = v \times A$.

Considerando a equação $H_s = H_f + H_p - H_i$, reflete-se sobre as seguintes situações:

1ª - H_i < H_p $\rightarrow H_s = H_f + (H_p - H_i) = H_f + a$ e sendo "a" um número positivo, portanto: se $H_f > 0$ tem $H_s > 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma bomba hidráulica; se $H_f < o$ e for menor que a tem $H_s > 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma bomba hidráulica; se $H_f < o$ e for maior que a tem $H_s < 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma turbina hidráulica e se $H_f < o$ e for igual a "a" tem $H_s = 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente em queda livre desde que $(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} < 0$.

2ª - $H_i = H_p$ $\rightarrow H_s = H_f + (H_p - H_i) = H_f$ se $H_f > o$ tem $H_s > 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma bomba hidráulica; se $H_f < o$ tem $H_s < 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma turbina hidráulica e se $H_f = o$ tem $H_s = 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente em queda livre desde que $(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} < 0$.

3ª - $H_i = z_c + H_p$ onde $z_c = z_f - z_i$ $\rightarrow H_s = \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} - z_c$ se $\frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} > z_c \rightarrow H_s > 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma bomba hidráulica; se $\frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} < z_c \rightarrow H_s < 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma turbina hidráulica e se $\frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} = z_c \rightarrow H_s = 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente em queda livre desde que $(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} < 0$.

Resumindo para a existência de um escoamento em regime permanente deve analisar a equação $H_s = H_f + H_p - H_i$ e sempre existirão três possibilidades:

1ª - $H_s > 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma bomba hidráulica;

2ª - $H_s < 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente com uma vazão Q na presença de uma turbina hidráulica;

3ª - $H_s = 0$ e aí só existe o escoamento em regime permanente em queda livre desde que $(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} < 0$.

Diante de todas as considerações anteriores, criaram-se as condições de responder as perguntas[1] que constituiram a primeira atividade, são elas:

1ª - Um fluido escoando em regime permanente, em uma dada instalação a uma vazão Q, apresenta perda de carga?

2ª - Como calculamos a energia por unidade de peso que o fluido possui?

3ª - Se a energia por unidade de peso que o fluido possui, for inferior a perda de carga total, que ele dissiparia ao percorrer a instalação com uma vazão Q, pode haver o escoamento em regime permanente sem a presença da bomba hidráulica?

4ª - A energia por unidade de peso que o fluido possui sendo igual à perda de carga total que ele dissiparia ao percorrer a instalação com uma vazão Q é condição necessária e suficiente para que haja o escoamento em regime permanente com uma vazão Q?

5ª - Se a energia por unidade de peso que o fluido possui é igual à soma da cota crítica (Zc) com a perda de carga total (H_{pT}), isto garante que haja o escoamento em regime permanente?

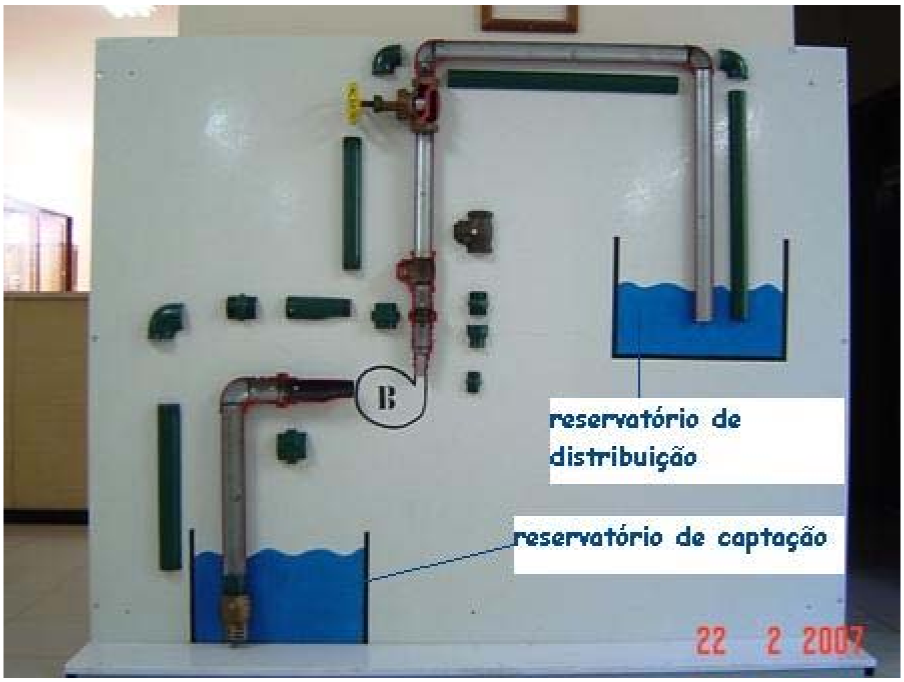
6ª - Considerando uma instalação de bombeamento com uma entrada e uma saída, como determinamos a energia por unidade de peso que deve ser vencida para que o fluido escoe em regime permanente com uma vazão Q?

---

[1] A sala decidiu substituir a primeira atividade já que chegaram à conclusão que não haviam se saído muito bem e para demonstrar que a avaliação deve ser apenas uma parte da metodologia do processo ensino aprendizagem a sugestão de substituir a primeira atividade foi por mim acatada.

Atividade substitutiva[2] da primeira que era formada pelas perguntas da página anterior.

Considerando a instalação de recalque representada a seguir pede-se escrever a equação $H_s = H_f + H_p - H_i$, onde se deseja obter H_s somente em função da vazão (Q) e dos coeficientes de perda de carga distribuída (f).



Uma pessoa afetada na maneira de falar é afetada em outras coisas. Fale com simplicidade. Silêncio também é bom. "A palavra expõe-nos aos mais pesados castigos", disse um sábio. "Mas o silêncio jamais tem contas a dar. Não só não causa sede como confere um traço de nobreza". – trecho do artigo: Como os grandes sábios podem nos ajudar a viver melhor e que foi escrito, por Paulo Nogueira na página 71 da revista Época nº 453 de 22 de janeiro de 2007.

---

[2] Não esquecer que a atividade realizada em casa vale apenas 30% da nota, os outros 70% serão proposto no início da 3ª aula e alicerçado nos conhecimentos adquiridos na execução da atividade

Pergunta valendo 0,5 a mais na nota da P1: subondo uma instalação hidráulica com um único diâmetro, como a esqueamtizada a seguir, demonstre que para existir o escoamento em queda livre a carga estática deve ser negativa, ou seja, $(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} < 0$.

Detalhando a equação $H_s = H_f + H_p - H_i$ resulta:

$$H_s = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} - \left(z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g}\right) + H_p$$

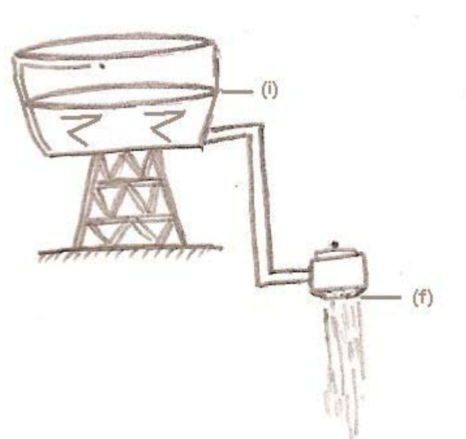
$$H_s = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) + \left(\frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} - \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g}\right) + H_p$$

onde :

$$(z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) = H_{estática} \text{ e } H_p \text{ é sempre} > 0$$

Na queda livre sempre se tem $H_s = 0$ e nesta situação existem três possibilidades a serem analisadas.

Primeira possibilidade representada pelo esquema 1.



Instalação operando em queda livre[3] 1

[3] Desenho constrído com base no desenho feito por Leonardo

Considerando o escoamento em regime permanente, tem-se que o nível (i) permanece constante.

Observa-se ainda que as pressões na seção (i) e na seção (f) são iguais.

Portanto:

$$0=(z_f-z_i)+\left(\frac{p_f-p_i}{\gamma}\right)+\left(\frac{\alpha_f\times v_f^2}{2g}-\frac{\alpha_i\times v_i^2}{2g}\right)+H_p$$

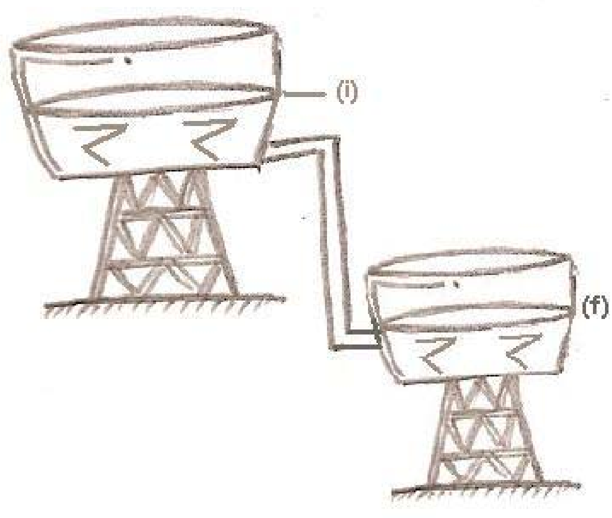
$$0=(z_f-z_i)+\left(\frac{\alpha_f\times v_f^2}{2g}\right)+f\times\frac{(L+\sum Leq)}{D_H}\times\frac{v^2}{2g}$$

$$0=(z_f-z_i)+Q_{qL}^2\times\left\{\frac{1}{2g\times A^2}\times\left[\alpha_f+f\times\frac{(L+\sum Leq)}{D_H}\right]\right\}$$

$$Q_{qL}=\sqrt{\frac{-(z_f-z_i)}{\left\{\frac{1}{2g\times A^2}\times\left[\alpha_f+f\times\frac{(L+\sum Leq)}{D_H}\right]\right\}}}=\sqrt{\frac{-(z_f-z_i)}{B_{inst}}}$$

Neste caso a $H_{estática}=(z_f-z_i)$ e para ter a vazão deve ser <0, ou seja, $z_f<z_i$

Segunda possibilidade representada pelo esquema 2.



Instalação operando em queda livre 2

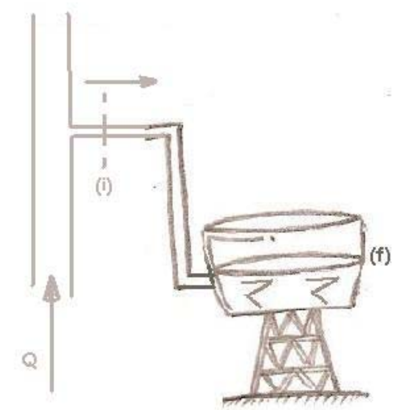
$$0=\left(z_f-z_i\right)+\left(\frac{p_f-p_i}{\gamma}\right)+f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}\times\frac{v^2}{2g}$$

$$0=H_{estática}+f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}\times\frac{Q_{qL}^2}{2g\times A^2}$$

$$Q_{qL}=\sqrt{\frac{-H_{estática}}{f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}\times\frac{1}{2g\times A^2}}}=\sqrt{\frac{-H_{estática}}{B_{inst}}}$$

Novamente para existir a vazão tem - se $H_{estática}<0$

Terceira possibilidade representada pelo esquema 3.



Instalação operando em queda livre 3

$$0=\left(z_f-z_i\right)-\left(\frac{\alpha_i\times v_i^2}{2g}\right)+f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}\times\frac{v^2}{2g}$$

$$0=H_{estático}+Q_{qL}^2\times\left\{\frac{1}{2g\times A^2}\times\left[f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}-\alpha_i\right]\right\}$$

$$Q_{qL}=\sqrt{\frac{-H_{estático}}{\left\{\frac{1}{2g\times A^2}\times\left[f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}-\alpha_i\right]\right\}}}$$

Se $\cdot f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}>\alpha_i$ haverá escoamento em queda livre com $H_{estático}<0$

Se $\cdot f\times\frac{\left(L+\sum Leq\right)}{D_H}<\alpha_i$ (situação rara) haverá escoamento em queda livre com $H_{estático}>0$