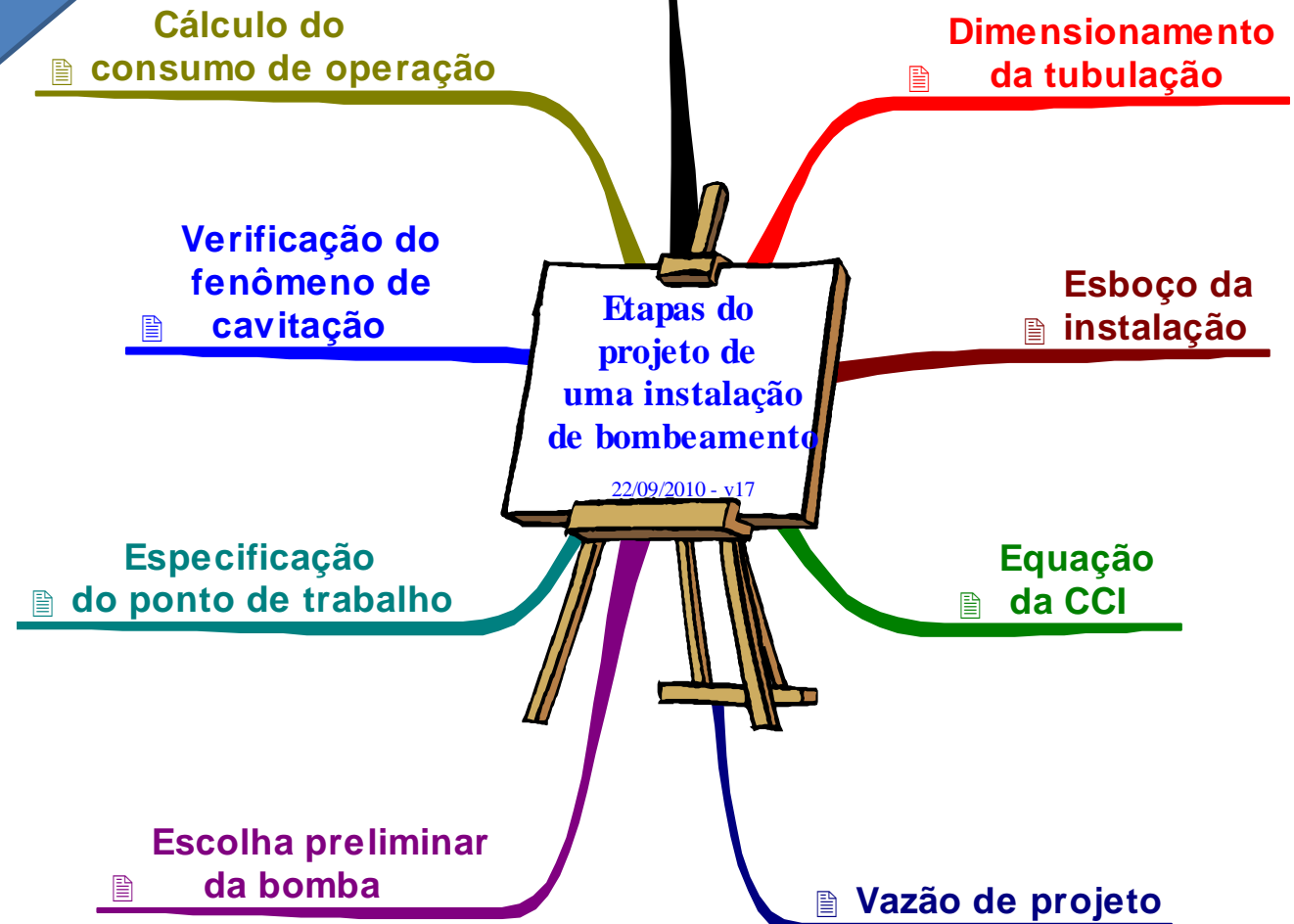



Sétima aula de teoria de ME5330

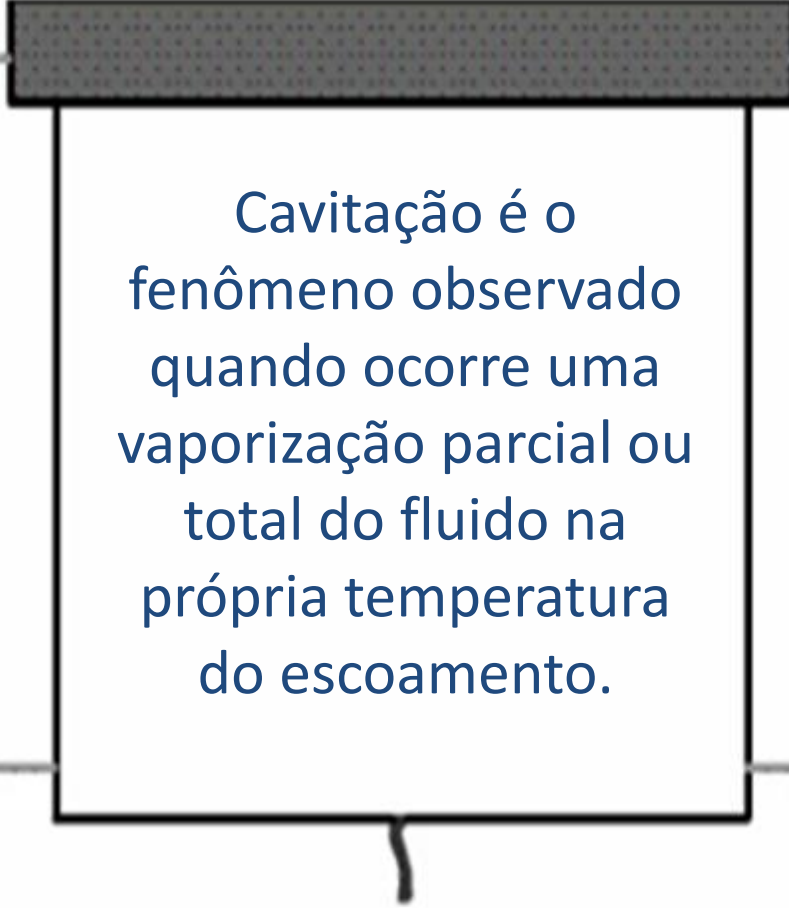
Outubro de 2011

Vamos abordar o item que estava faltando estudar (cavitação) e ampliar os conceitos envolvidos no cálculo do consumo de operação..



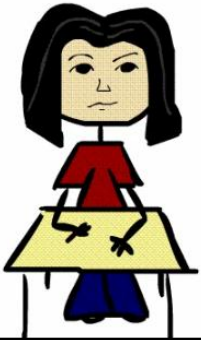


É isso aí,
vamos iniciar
os estudos
referentes a
cavitação.



Cavitação é o
fenômeno observado
quando ocorre uma
vaporização parcial ou
total do fluido na
própria temperatura
do escoamento.

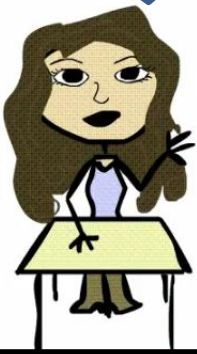
Estou pensando em um escoamento d'água a 20°C e aí me pergunto: com que pode ocorrer a vaporização, seja parcial ou total?



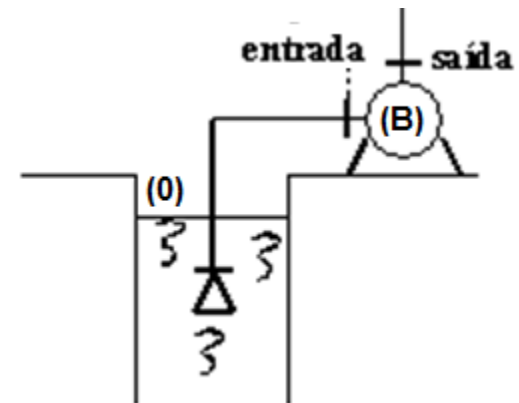
Simplesmente diminuindo a pressão. Com a diminuição da pressão, podemos chegar a um valor de pressão onde observamos o início da transformação de líquido para vapor (pressão de vapor).



E aonde pode ocorrer esta pressão tão baixa?



Inicialmente se pensava ser na entrada da bomba.





Aplicando a equação da energia do nível (0) até a entrada da bomba, temos:

$$H_0 = H_e + H_{p_{aB}}$$

$$z_o + \frac{p_o}{\gamma} + \frac{v_o^2}{2g} = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + H_{p_{aB}}$$

$$H_{p_{aB}} = f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

$$0 = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + H_{p_{aB}}$$

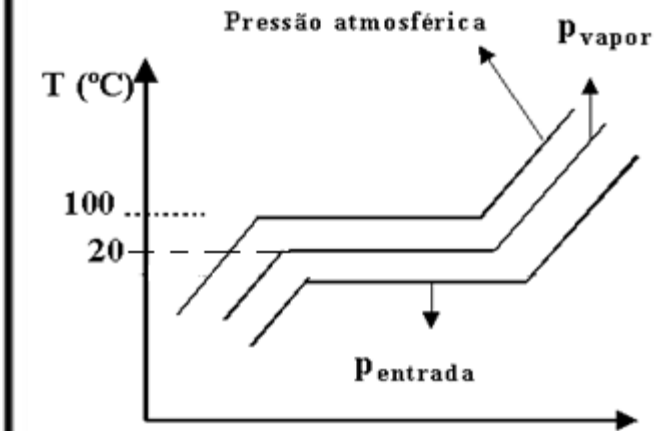
$$\therefore p_e = -\gamma \left[z_e + \frac{v_e^2}{2g} + H_{p_{aB}} \right]$$

$$p_{e_{abs}} = p_e + p_{atm_{local}}$$

Importante observar que só temos a expressão anterior se o PHR for adotado no nível de captação, se o escoamento ocorrer em regime permanente e se for considerada a escala efetiva, certo?

Isso mesmo!





Supondo que a p_{e_abs} é menor ou igual a p_{vapor} afirmamos que ocorre o início do fenômeno de cavitação.



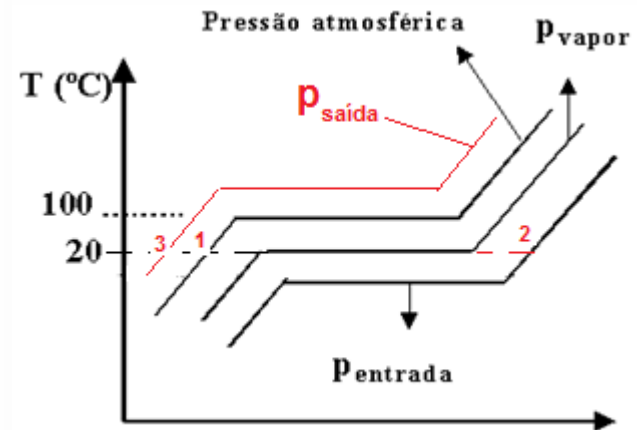
O fluido bombeado é a água a 20°C ?

Exatamente!

Cavitar na entrada é ter a supercavitação!



Na seção de saída a pressão é maior que a pressão atmosférica e o que era vapor se condensa completando o fenômeno de cavitação!



- 1 = líquido subresfriado
- 2 = vapor superaquecido
- 3 = líquido subresfriado

Ocorre a liberação de calor!

O rendimento caí!

Surgem as vibrações!

O tempo vida da bomba é reduzido!



Se estiver cavitando (supercavitando) e desejarmos eliminar esse fenômeno, devemos aumentar a pressão na entrada da bomba.



$$p_e = -\gamma \left[z_e + \frac{v_e^2}{2g} + H_{p_{aB}} \right]$$

$$H_{p_{aB}} = f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

E nesse sentido, devemos:

1. Diminuir a cota da entrada, ou até torná-la negativa (bomba afogada)
2. Adotar para a tubulação antes da bomba um diâmetro imediatamente superior ao dimensionado para o recalque.



3. Ter o comprimento da tubulação antes da bomba o menor possível.
4. Utilizar antes da bomba as singularidades estritamente necessárias.

Infelizmente a condição da $p_{ent_abs} > p_{vapor}$ não é condição suficiente para não se ter o fenômeno da cavitação.



Condição necessária e suficiente para não se ter a cavitação será:



$$NPSH_{\text{disponível}} - NPSH_{\text{requerido}} > 0$$

$$NPSH_{\text{requerido}} = H_{\text{entrada}_{\text{abs}}} - \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma}$$

$NPSH_{\text{requerido}}$ → fornecido pelo fabricante

$$NPSH_{\text{disponível}} = H_{\text{inicial}_{\text{abs}}} - H_{P_{\text{aB}}} - \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma}$$

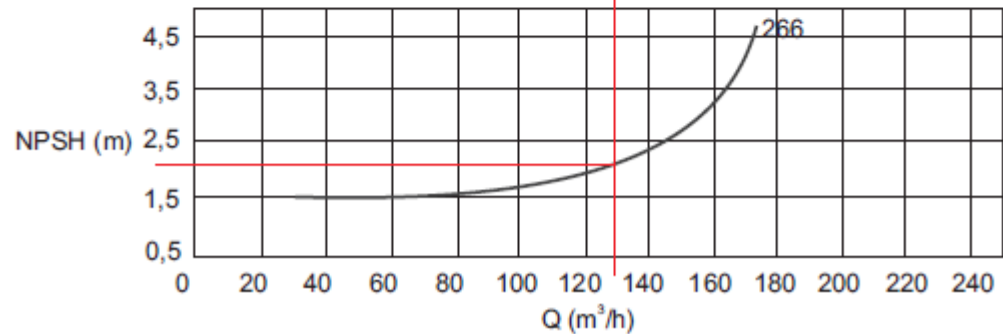
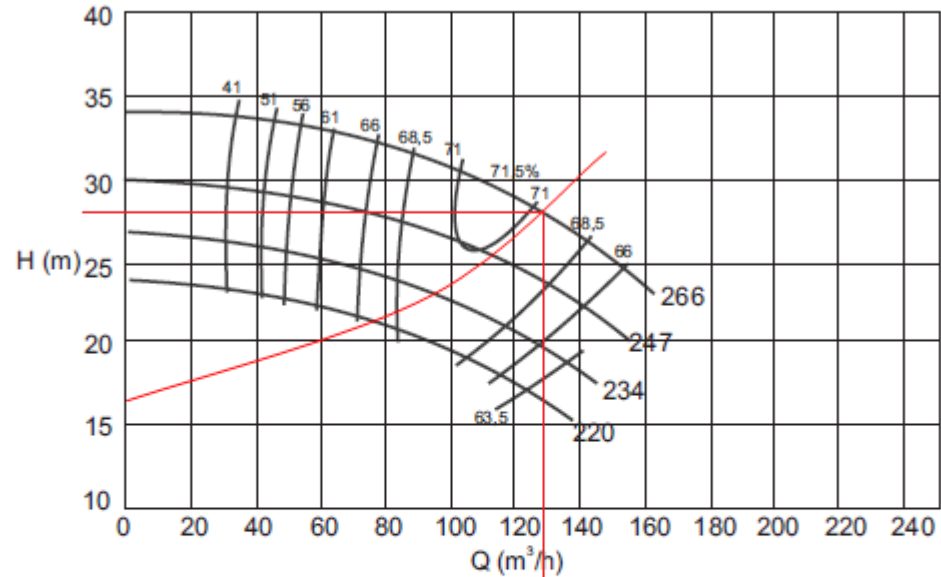
$H_{P_{\text{aB}}}$ → calculada com a Q_{τ}

$$H_{\text{inicial}_{\text{abs}}} = Z_{\text{inicial}} + \frac{P_{\text{inicial}_{\text{abs}}}}{\gamma} + \frac{y_i \times \alpha_i \times Q^2}{2g \times A_{\text{inicial}}^2}$$

Z_{inicial} → obtido com o PHR no eixo da bomba

O $NPSH_{\text{req}}$ é obtido no ponto de trabalho.

KSB Meganorm 80 - 250 - IV pólus (1750 rpm)



$NPSH_{\text{disponível}} - NPSH_{\text{requerido}} = \text{reserva contra cavitação}$



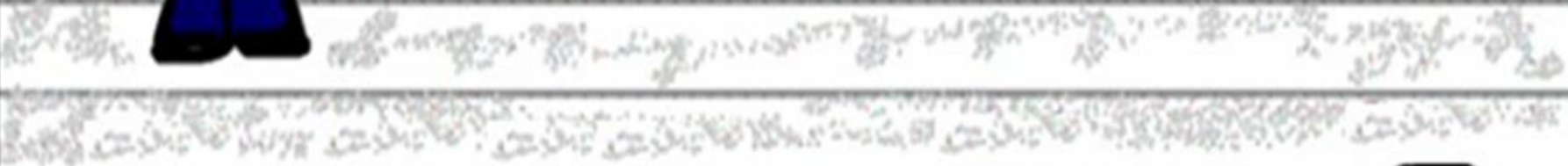
A reserva contra cavitação é fundamental para a escolha da bomba!

Gostaria de ver um exemplo de cálculo ligado a esse assunto!





Atendo a pedido, o próximo slide introduz um exemplo ligado a verificação do fenômeno de cavitação.

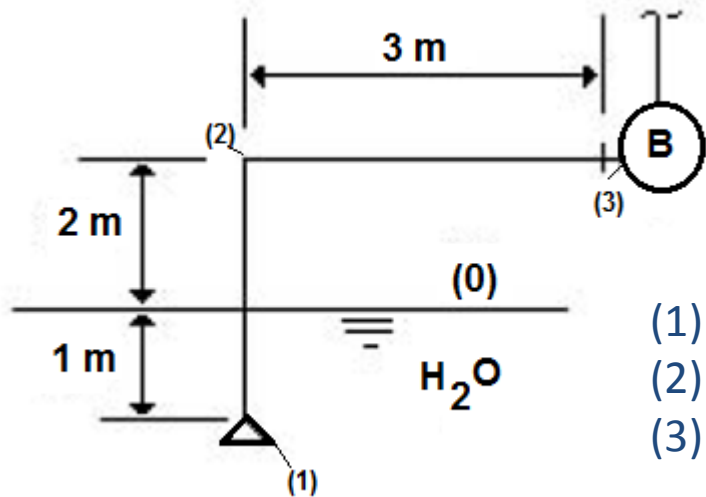


O desenho abaixo representa a tubulação de sucção de uma instalação de bombeamento. Calcule o $NPSH_{\text{disponível}}$.

São Dados:

$p_v = 0,0429 \text{ kgf / cm}^2 \rightarrow (\text{abs}) \rightarrow 30^\circ \text{ C} \rightarrow Q = 16 \text{ m}^3/\text{h}$

$p_{\text{atm}} = 695 \text{ mm Hg}$; $f_{\text{sucção}} = 0,0211$ e \varnothing nominal de sucção = 3" - Sch 40



- (1) - válvula de poço - $L_{\text{eq}} = 32 \text{ m}$
- (2) - joelho fêmea - $L_{\text{eq}} = 2,82 \text{ m}$
- (3) - estreitamento de 3 x 2,5 - $L_{\text{eq}} = 0,53 \text{ m}$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = z_0 + \frac{p_{0_{\text{abs}}} - p_{\text{vapor}}}{\gamma} - H_{p_{aB}}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = -2 + \frac{92659,05 - 4207,053}{995,7 \times 9,8} - 0,0211 \times \frac{(6 + 35,35)}{0,0779} \times \frac{\left(\frac{16}{3600}\right)^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = 6,5\text{m}$$



Não esquecer de adotar o PHR no eixo da bomba e de trabalhar na escala absoluta.

