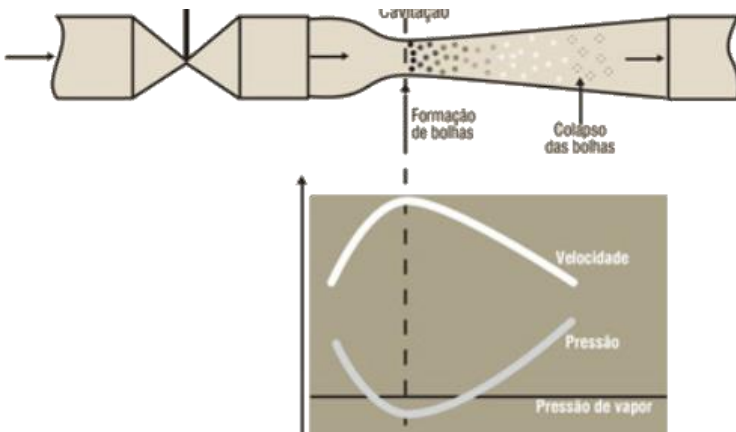


Aula 4



CURSO DE HIDRÁULICA
BÁSICA



CAVITAÇÃO

Voltando ao final da aula 3

Igualando H_B e H_S ,
obtemos a vazão de
trabalho e com ela
determinamos as
demais grandezas!

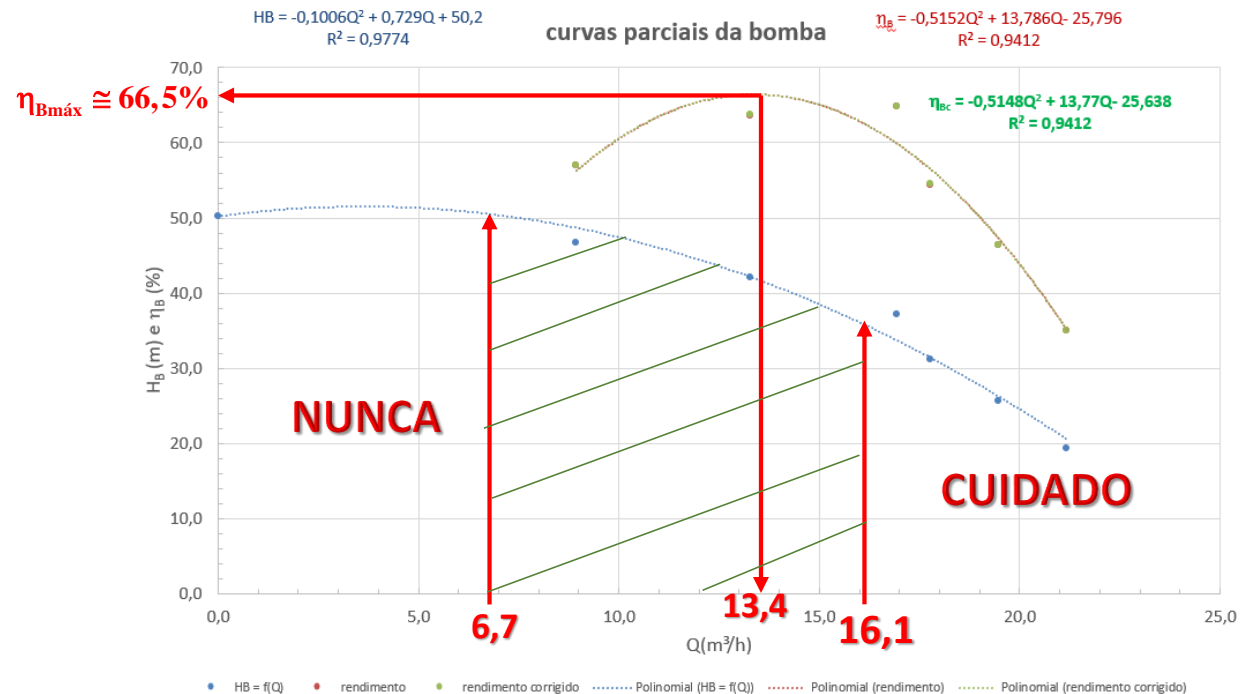


$$-0,1006Q^2 + 0,729Q + 50,2 = 0,0221Q^2 + 0,037Q + 15$$

$$0,1227Q^2 - 0,692Q - 35,2 = 0$$

$$Q_\tau = \frac{0,692 \pm \sqrt{(-0,692)^2 - 4 \times 0,1227 \times (-35,2)}}{2 \times 0,1227} \cong 19,991 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Como a vazão de trabalho
ficou acima de $1,2 * Q_{\text{ótima}}$,
temos que verificar com
cuidado o fenômeno de
CAVITAÇÃO.



CAVITAÇÃO

Iniciamos visualizando a CAVITAÇÃO!



Assista aos vídeos e sintetize quais as finalidades da experiência de visualização da cavitação, explicando como elas são obtidas!

<https://youtu.be/1EMgKI50Fhs>
<https://youtu.be/CPn1q-ptzvQ>



O que vem a ser cavitação?

Este fenômeno pode ocorrer entre a entrada e a saída de uma máquina hidráulica.

Cavitação é o nome que se dá ao fenômeno de vaporização e condensação do fluido bombeado e que ocorre por estar com pressão menor que a pressão de vapor e em seguida voltar a ter uma pressão maior que esta pressão de vapor.

Na vaporização há a formação de bolhas de vapor e na condensação estas voltam ao estado líquido, isso tudo em um processo isotérmico com a temperatura de escoamento.



Leia mais sobre a
cavitação

O que eu aprendi sobre manutenção preventiva em hidrelétricas que nenhuma escola me ensinou.

Início / Novidades / O que eu aprendi sobre manutenção preventiva em hidrelétricas que nenhuma escola me ensinou.



Desgaste por Cavitação:

O desgaste por cavitação é diferente do desgaste por erosão. Ele não é ocasionado pelo impacto de partículas sólidas, mas pelo colapso de bolhas com gás ou vapor, dentro de um líquido. Ela ocorre devido a redução localizada da pressão hidrostática gerada pela movimentação de um líquido. A cavitação é considerada um desgaste por fadiga por que o material fica submetido a forças repetitivas e frequentes produzidas pelos colapsos. Para esse mecanismo de desgaste, os materiais devem ser mais resistentes ao impacto, como é o caso dos revestimentos de Níquel Cromo, por exemplo.

possíveis
da
cavitação:



Observe o
tamanho
das pás da
turbina!



Desgaste
ocasionado por
cavitação em pás
de turbinas.



Como
são
grandes!



1. Adotar para a tubulação de sucção um diâmetro imediatamente superior ao selecionado para o recalque.
2. O comprimento da tubulação de sucção deve ser o menor possível.
3. Usar as singularidades estritamente necessárias na sucção.
4. Instalar a bomba o mais perto possível do nível de captação.
5. Se possível trabalhar com a bomba afogada.
6. Trabalhar perto do rendimento máximo da bomba.



rotor danificado pela cavitação em uma bomba

dimensionamento

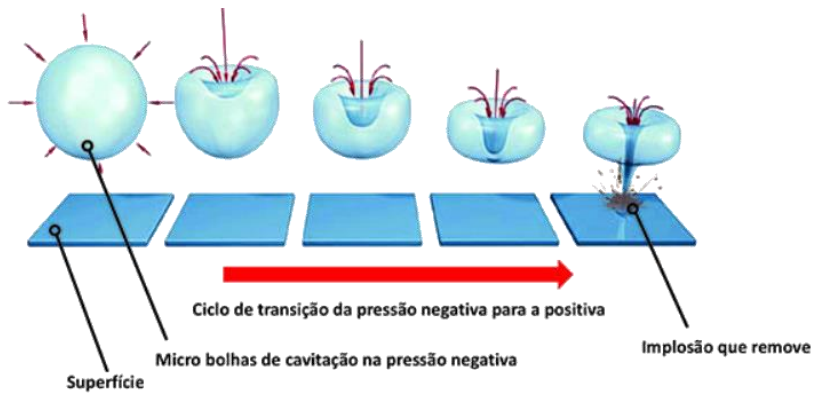
incorreto

sucção

Cuidados que devem ser adotados para procurar eliminar o dimensionamento incorreto

A seguir novas visualizações da cavitação.

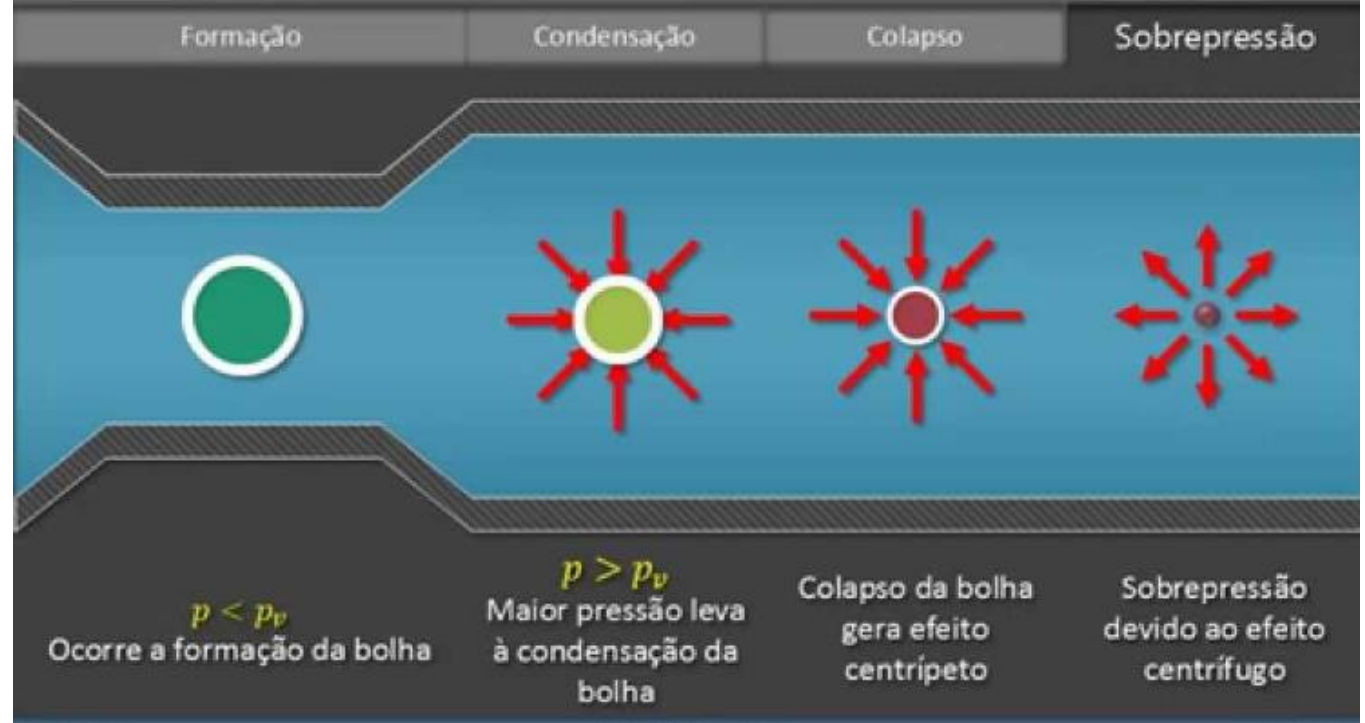




Visualização no laboratório



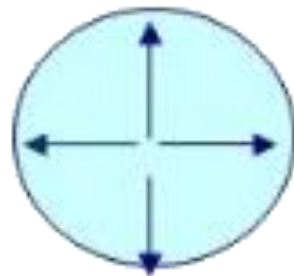
Em escoamentos de líquidos, podem ser criadas condições que levem a uma pressão abaixo da pressão de vapor do líquido



ZONA DE BAIXA PRESSÃO

- Formação das bolhas de vapor.

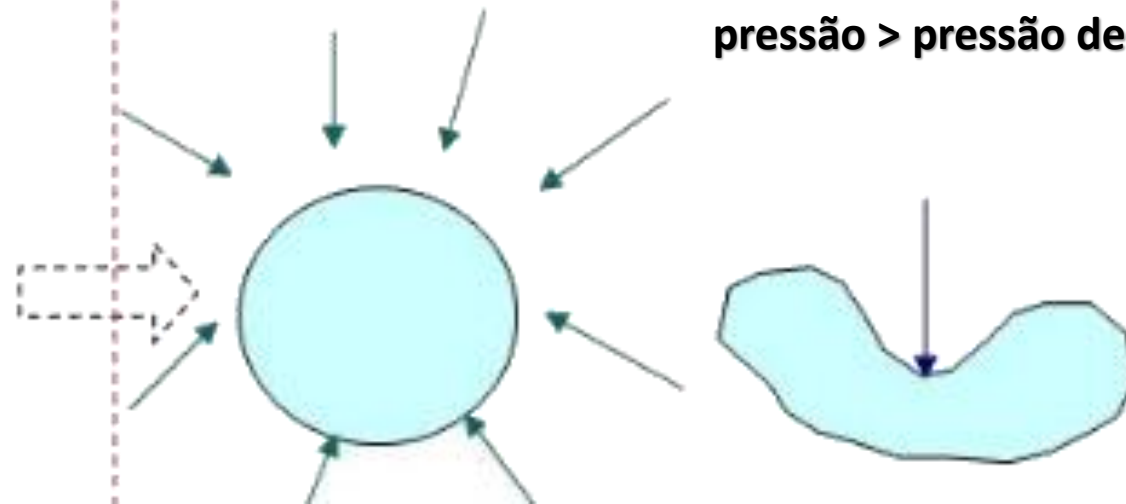
pressão < pressão de vapor



ZONA DE ALTA PRESSÃO

- Pressão sobre as bolhas e implosão e condensação;
- Onda de choque que retira material do rotor e carcaça.

pressão > pressão de vapor



1. A implosão das bolhas de vapor e o impacto dos jactos microscópicos no impulsor dão origem a um ruído que é facilmente detectável. Se o nível de cavitação for significativo, o ruído fará parecer que existe gravilha misturada com o fluido bombeado.

A cavitação em uma bomba hidráulica provoca:



2. Quando as bolhas de vapor existem em número elevado, formam um agrupamento que irá obstruir parcialmente o canal do impulsor, afetando a altura manométrica gerada pela bomba e a sua eficiência.
3. Sob efeito da cavitação, o fluxo de caudal através do impulsor é turbulento, resultando no aumento das vibrações na bomba.
4. O impacto dos jactos microscópicos na superfície do material é suficientemente forte para danificar a sua estrutura e provocar erosão. Estima-se que no ponto de impacto dos jactos microscópicos, a pressão localizada deverá rondar 10^5 bar. Por efeito da erosão, o material vai ficar sem a proteção superficial, aumentando substancialmente a sua degradação devido à ação conjugada de corrosão e erosão.

Condição necessária e suficiente para não existir o fenômeno de cavitação

Como são calculados?

tradução

A N → NET

Altura

calculado pelo projetista

L P → POSITIVE

Líquida



P S → SUCTION

Positiva



S H → HEAD

Sução

fornecido pelo fabricante

Quer saber mais, vá na WEB

http://www.escoladavida.eng.br/mecanica_dos_fluidos_para_eng_quimica.htm

e clique em [proposta de mangá para a bibliografia básica](#)

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} = H_{e_{\text{abs}}} - \frac{p_{\text{vapor}}}{\gamma} \rightarrow \text{fabricante}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = H_{i_{\text{abs}}} - H_{p_{\text{aB}}} - \frac{p_{\text{vapor}}}{\gamma} \rightarrow \text{projetista}$$

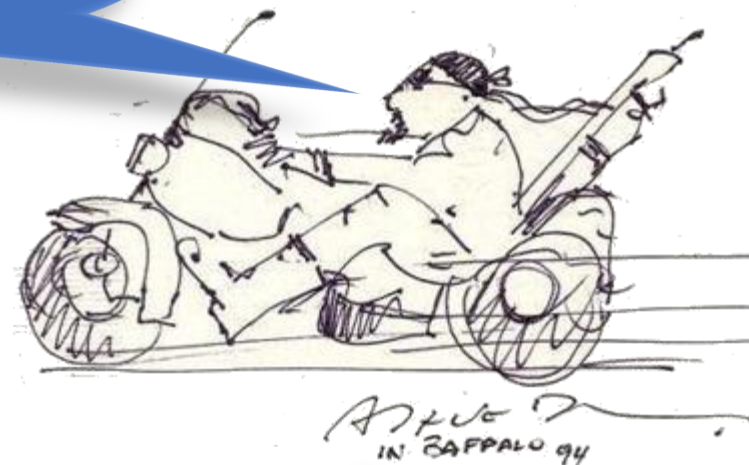
$$H_{i_{\text{abs}}} = z_i + \frac{p_{i_{\text{abs}}}}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g}$$

$$H_{p_{\text{aB}}} = f \times \frac{(L + \sum Leq)_{\text{aB}}}{D_{H_{\text{aB}}}} \times \frac{Q_{\tau}^2}{2g \times A_{\text{aB}}^2}$$

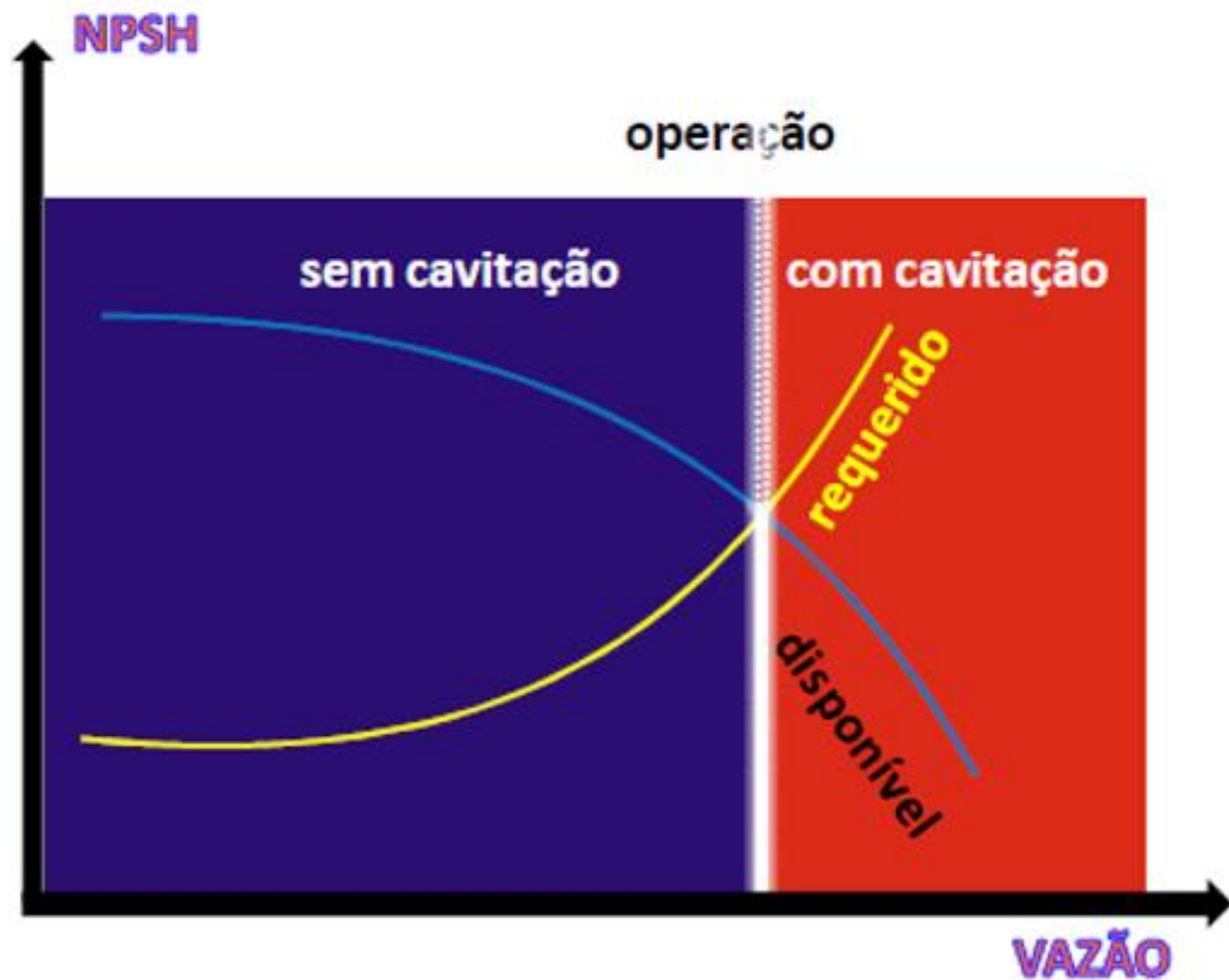
Tanto o NPSH do fabricante como o do projetista são calculados com o PHR no eixo da bomba e com a vazão de trabalho!

$$\text{Reserva contra cavitação} = \text{NPSH}_{\text{disponível}} - \text{NPSH}_{\text{requerido}}$$

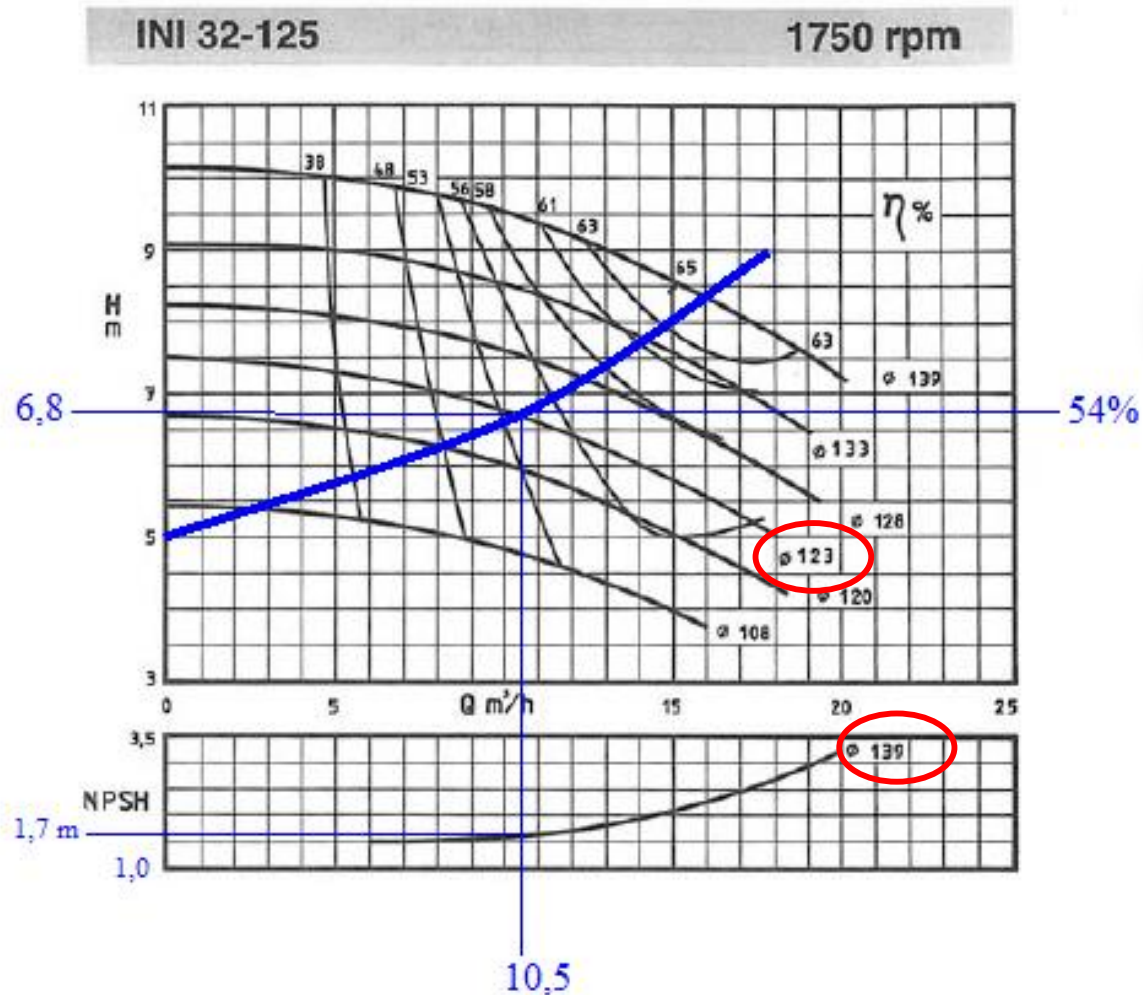
o ideal é ser ≥ 1 m



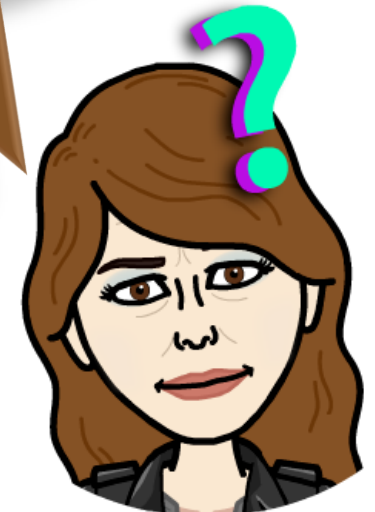
Hoje ele desenha nas estrelas ... saudades



Um exemplo de determinação do $NPSH_{requerido}$



Mas no $NPSH$ lido é para o diâmetro do rotor de 139 mm, por que foi considerado para o diâmetro do rotor de 123 mm?





Fiz essa pergunta para o fabricante, veja a resposta dele.

Além disso, o próprio fabricante solicita trabalhar com mais segurança, veja:

Para responder ao questionamento anterior transcrevo a resposta que obtive da KSB

Entrando em contato com a KSB, fabricante de bombas hidráulicas, para esclarecimento do porque em muitas CCB só existir a curva do $NPSH_{req}$ para um único diâmetro, recebi a resposta abaixo:

Prezado Raimundo, a diferença entre os valores de NPSH para os diâmetros mínimos e máximo dos rotores é muito pequena, motivo pelo qual é apresentada apenas a curva com os valores maiores.

Atenciosamente,

Paulo Sérgio F. de Vilhena
Gerente Setorial de Vendas
Distribuição -Building Service – Irrigação
KSB Bombas Hidráulicas S.A.
Fone: (11) 4596-8735
pvilhena@ksb.com.br



Atenção: Os valores de NPSH indicados nas curvas são valores mínimos e representam o limite para início da cavitação, considerando como líquido bombeado água desgazeificada.
Por razões de segurança deve ser considerado no mínimo 0,5 m de acréscimo aos valores lidos nas curvas de NPSH.

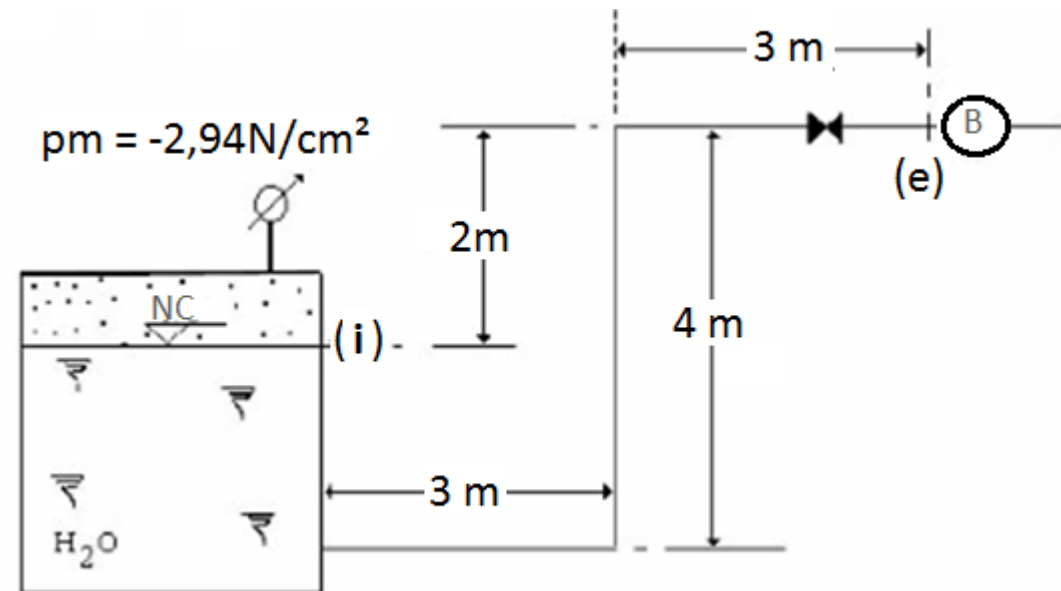


(7.12.45) A bomba hidráulica utilizada na instalação de recalque, cuja tubulação de sucção é esquematizada abaixo, tem o $NPSH_r = 2,0$ m. Verifique o fenômeno de cavitação.

Dados:

$$f_{aB} = 0,02; p_{atm} = 700\text{mmHg}; \gamma_{H_2O} = 9800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}; Q_{\tau} = 4\text{L/s};$$

$$D_N = 2'' \rightarrow \text{esp.40}; p_{\text{vapor}} = 0,1778\text{mca}; \sum Le_{aB} = 44,6\text{m}$$



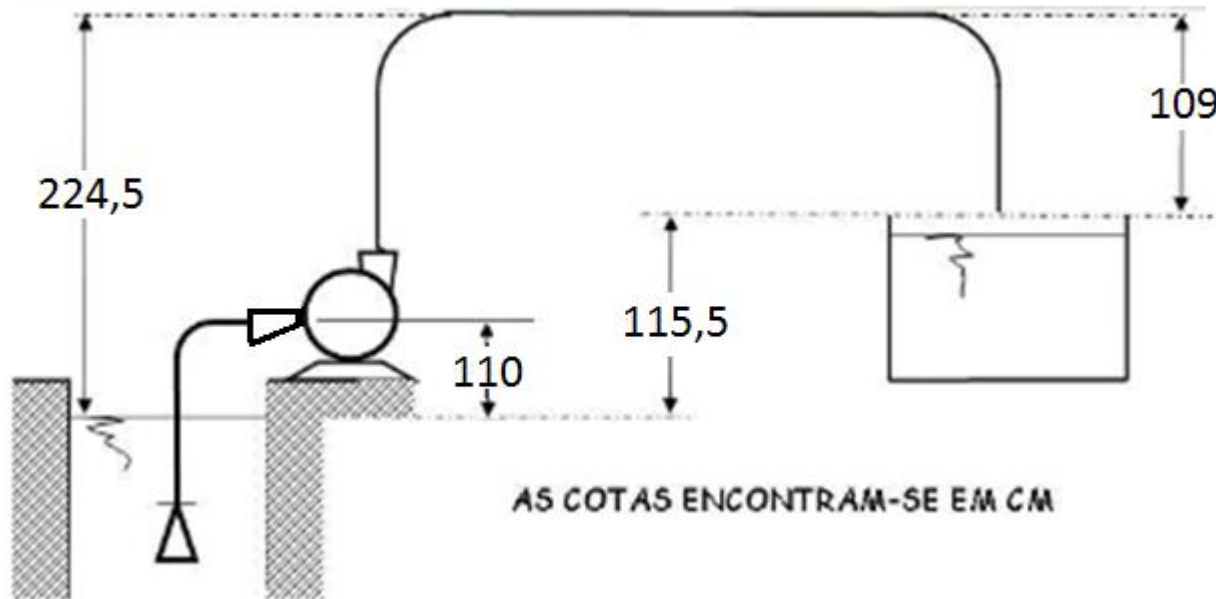
Outro e mais completo



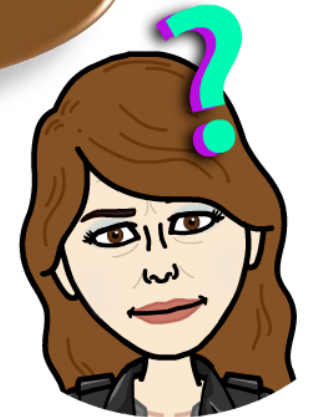
A instalação de bombeamento a seguir opera com uma bomba cujas curvas são conhecidas e dadas. Sabendo que bombeia água a 28°C , com uma vazão de 3 L/s e que a tubulação antes da bomba (aB) tem um diâmetro nominal de $2''$ aço 40, pede-se:


- verificar a supercavitação;
- verificar a cavitação através do NPSH;
- se tiver cavitando proponha alguma solução e comprove que a mesma resolveu o problema.

Dados: leitura barométrica igual a 702 mmHg ; comprimento da tubulação antes da bomba igual a $1,7 \text{ m}$; $\Sigma L_{\text{eqaB}2''} = 15,05 \text{ m}$; $\Sigma L_{\text{eqaB}1,5''} = 0,38 \text{ m}$ ($D_N = 1,5''$ para tubulação de recalque)



O que vem a ser supercavitação?





O fenômeno de cavitação na entrada da bomba é denominado de supercavitação!

A condição para não existir a supercavitação é:

$$p_{eabs} > p_{vapor}$$

Mas não é condição necessária e suficiente para não ocorrer a cavitação.



Quer saber mais,
vá na WEB

http://www.escoladavida.eng.br/mecanica_dos_fluidos_para_eng_quimica.htm
e clique em [proposta de mangá para a bibliografia básica](#)

CCB do exercício
anterior!



SEE
YOU
SOON!



RUDC INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA

CURVA RF

