

## Quinta aula do primeiro semestre de 2007

Iniciamos fazendo uma reflexão sobre a pedagogia jesuítica, já que a mesma pode nos orientar para se construir, ou não, uma conduta coerente com a mesma já que estudamos em uma escola jesuítica.

Feita a reflexão, vamos retornar os estudos das etapas de um projeto de uma instalação hidráulica básica.

### 1. Dimensionamento da tubulação

Para obter as informações acesse o sítio:

[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/sexta\\_aula.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/sexta_aula.htm)

Básicamente, em função do fluido a ser transportado se tem, tanto o material para a tubulação como a chamada velocidade econômica, aí se pode calcular o diâmetro de referência.

$$D_{ref} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}}$$

Com o diâmetro de referência e a norma da tubulação que foi obtida em função do material da mesma, determina-se o diâmetro comercial, o qual pode ser superior ao de referência (instalação "pequena"), ou inferior (instalação "grande").

A seguir alguns exemplos para determinação da velocidade econômica.

FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		
- serviços gerais	0,9 a 2,5	aço
- rede industrial	0,9 a 2,2	aço
Bombas:		
- linha de sucção	0,9 a 2,2	aço
- linha de recalque	2,1 a 3,0	aço
Ácido clorídrico	1,5	rev. de borracha
Ácido sulfúrico 88 a 98%	1,2	Fº Fº
Amoníaco	1,8	aço
Benzeno	1,8	aço
Cloro	1,5	aço
FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Clorofórmio	1,8	cobre e aço
Hidróxido de sódio		
- solução até 30%	1,8	aço
- solução de 30 a 50%	1,5	aço
- solução de 50 a 73%	1,2	aço
Óleo lubrificante	1,8	aço
Óleo combustível	1,8	aço
Salmoura (CaCl <sub>2</sub> )	1,2	aço
Tetracloro de Carbono	1,8	aço
Tricloro etileno	1,8	aço

Tabela 7.1

FLUIDO - gás ou vapor	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Ar (0 a 30 psi)	20	aço
Amônia	30	aço
Ácido Clorídrico	20	rev. de borracha
Cloro	10 a 25	aço
Clorofórmico	10	cobre e aço
Dióxido de enxofre	20	aço
Etileno	30	aço
Hidrogênio	20	aço
Gás natural	30	aço
Vapor d'água		
- 0 a 30 psi-sat	20 a 30	aço
- 30 a 150 psi-sat ou superaquecido	30 a 50	aço
- acima de 150 psi	50 a 75	aço
- linhas curtas	75	aço

Tabela 7.2

Tabela 7.3 as velocidades recomendadas pela Alvenius Equipamentos Tubulares S/A e na tabela 7.4 os valores recomendados pela Companhia Sulzer.

Fluido	Velocidade (m/s)
Água - redes em cidades	1 a 3
- redes industriais	2 a 4
- alimentação de caldeiras	4 a 8
- sucção de bombas	0,75 a 1,8
Água salgada	1,5 a 2,5
Ar comprimido	15 a 20
Vapor - até 2 kgf/cm <sup>2</sup> saturado	20 a 40
- de 2 a 10 kgf/cm <sup>2</sup>	40 a 80
- mais de 10 kgf/cm <sup>2</sup>	80 a 200
Hidrocarbonetos líquidos em instalações industriais	
- linhas de sucção	1 a 2
- linhas de recalque	1,5 a 2,5
Hidrocarbonetos gasosos em instalações industriais	25 a 30
Acetileno	20 a 25
Amônia - líquida	2
- gás	25 a 35
Hidrogênio	20 a 35
Cloro - líquido	1,5 a 2,0
- gás	15 a 30
Soda cáustica - 0 a 30%	2
- 30 a 50%	1,5
- 50 a 75%	1,2
Cloreto de sódio	1,5 a 2,0
Cloreto de Cálcio	1,5
Tetra-Cloreto de carbono	2,0
Ácido sulfúrico	1,0 a 1,2

Tabela 7.3

VELOCIDADES MÁXIMAS EM L. DE RECALQUE CURTAS								
D, mm	5,0	60	75	100	150	200	300	400
V, m/s	1,3	1,4	1,55	1,80	2,20	2,30	2,45	2,60
Q, l/s	2,5	4,0	6,8	14,1	38,9	72,3	173,1	326,5

Tabela 7.4

Apesar de ser justamento o contrário do que geralmente adota-se apresenta a seguir o dimensionamento a partir da sucção: definir o diâmetro da tubulação de sucção com base na Tabela 1, obtida da NBR 12214 (Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público): escolher o diâmetro e verificar se a velocidade resultante não supera o valor mostrado na Tabela 1. Considerar também que a velocidade mínima na sucção seja de 0,30 m/s.

Tabela 1 - Velocidade máxima de sucção

Diâmetro nominal (mm)	50	75	100	150	200	250	300	≥400
Velocidade (m/s)	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,50

Adotar para a tubulação de recalque o diâmetro comercial imediatamente inferior ao da tubulação de sucção.

2. Vamos procurar completar o assunto de cavitação, para reforçar a sua importância a figura a seguir mostra os efeitos do fenômeno de cavitação.



Para obter informações sobre o assunto consulte os sítios:

[http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula4\\_e\\_5\\_unidade7.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula4_e_5_unidade7.htm)

[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/entendendo\\_o\\_fenomeno\\_de\\_cavitacao.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/entendendo_o_fenomeno_de_cavitacao.htm)

[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/calculo\\_e\\_verificacao\\_do\\_fenomen.htm](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/calculo_e_verificacao_do_fenomen.htm)

O importante é se calcular o  $NPSH_{\text{disponível}}$

$$NPSH_{\text{disp}} = Z_0 + \frac{P_{0\text{abs}} - P_{\text{vapor}}}{\gamma} - f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum L_{eqaB})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

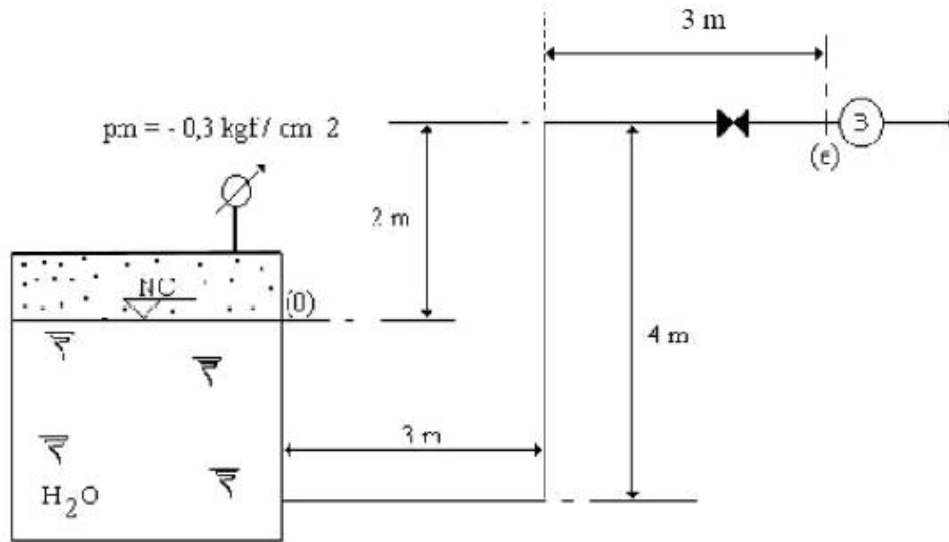
e aí se tem que:  $Reserva_{\text{contra cavitação}} = NPSH_{\text{disp}} - NPSH_{\text{req}}$

O  $NPSH_{\text{req}}$  é lido no ponto de trabalho, daí o fato do  $NPSH_{\text{disponível}}$  ser calculado com a vazão do ponto de trabalho.

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

São Dados:

$f = 0,02$ ;  $p_{atm} = 700 \text{ mm Hg}$ ;  $\gamma_{H_2O} = 10^3 \text{ kgf/m}^3$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;  
 $Q = 4 \text{ l/s}$ ;  $\varnothing \text{ nominal} = 2'' - (\text{Sch } 40)$ ;  $p_v = 0,1778 \text{ mca (abs)}$ ;  
 $\Sigma L_{e_{sucç \text{ão}}} = 44,6 \text{ m}$



$$NPSH_d = Z_0 + \frac{p_{0_{abs}} - p_{vapor}}{\gamma} + \frac{y_i \times Q^2}{2g \times A_0^2} - f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \Sigma L_{e_{q_{aB}}})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

$$y_i = 0$$

$$Z_0 = -2\text{m}$$

$$p_{0_{abs}} = -0,3 \times 10^4 + 0,7 * 13600 = 6520 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$p_{vapor} = 0,1778 \times 1000 = 177,8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\therefore NPSH_d = -2 + \frac{6520 - 177,8}{1000} + 0 - 0,02 \times \frac{(10 + 44,6)}{0,0525} \times \frac{\left(\frac{4}{1000}\right)^2}{2 \times 10 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$NPSH_d = 0,81\text{m}$$

$NPSH_d - NPSH_r = 0,81 - 2 = -1,19 \text{ m}$  , portanto está cavitando.

Neste caso, poderia se evitar a cavitação com alguns cuidados:

1. abrindo o reservatório de captação à pressão atmosférica;
2. diminuindo o comprimento da tubulação antes da bomba;
3. afogando a bomba

Sugestão:

Resolver os exercícios propostos no sítio

<http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/exerciciosp1.htm>

A partir deste ponto, iniciam-se as atividades que consolidarão os conceitos para a apresentação do seminário.