



DÉCIMA AULA DE TEORIA DA DISCIPLINA ME5330

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

29/10/2013



No exercício da aula anterior havíamos obtido $NPSH_{disponível} = 34,9 \text{ m}$ e isto praticamente garante que:

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

Porém na engenharia não dá para aplicar a “achologia” e temos que provar que para esta situação não ocorre o fenômeno de cavitação.

Mas eu não vi o $NPSH_{requerido}$

Notas:

1ª - A tabela I fornece os valores para a construção das seguintes curvas características para o diâmetro do rotor igual a 185 mm.

$Q \left(\frac{m^3}{h} \right)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$H_B (m)$	24	23,5	23	22,5	22	21,5	21	20,5	19	17	15
$\eta_B (\%)$	-	-	32,5	45	55	61,25	66	69	67,5	63	57,5

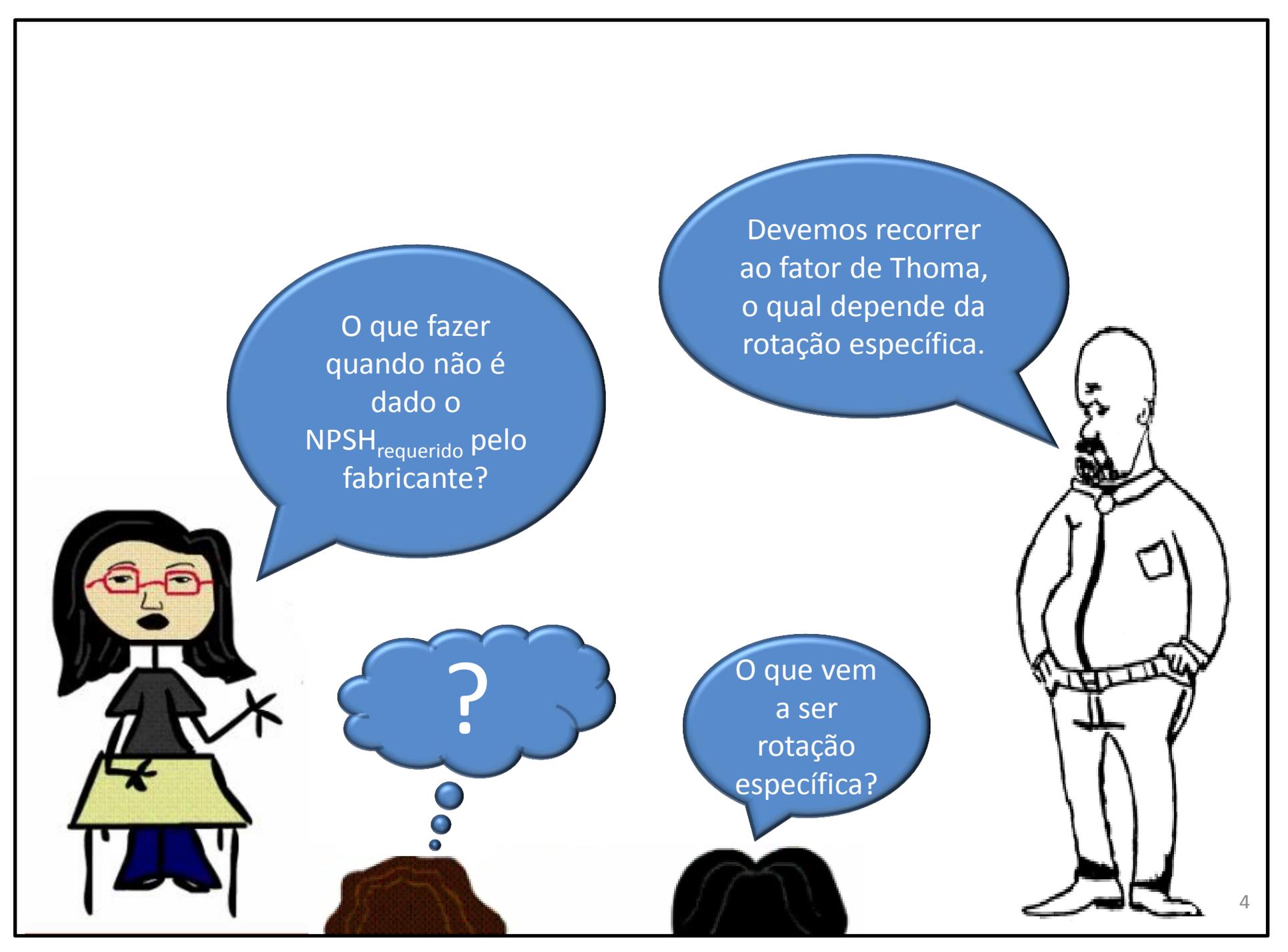
Tabela I

Considere a água a 22°C
e a rugosidade do aço
igual a 4,6 e-5 m

2ª - A tabela II fornece os valores para a construção das seguintes curvas características para o diâmetro do rotor igual a 214 mm.

$Q \left(\frac{m^3}{h} \right)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$H_B (m)$	17,2	17,2	17	16,5	16	15	13,5	12	9	5,5	3
$\eta_B (\%)$	-	-	35	46	55	57,5	60	57,5	46	-	-

Tabela II



O que fazer quando não é dado o $NPSH_{requerido}$ pelo fabricante?

Devemos recorrer ao fator de Thoma, o qual depende da rotação específica.

?

O que vem a ser rotação específica?

A rotação específica (n_s) é uma grandeza que possibilita obter uma classificação básica da bomba centrífuga e estimar o $NPSH_{req}$





O cálculo da rotação específica é feito pela expressão ao lado

$$n_s = 3,65 \times \frac{n \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H_B^3}}$$

Denomina-se número específico de rotações por minuto ou velocidade específica real da bomba.

Se na equação acima a Q for dada em L/s ao invés de m³/s, o fator 3,65 se converte em 0,1155.

A bomba Hero 50-C tem 3450 rpm



Baseados nos resultados obtidos com as bombas ensaiadas e no seu custo, o qual depende das dimensões da bomba, os fabricantes elaboraram tabelas, gráficos e ábacos, delimitando o campo de emprego de cada tipo conforme a rotação específica, de modo a proceder a uma escolha que atenda as exigências de bom rendimento e baixo custo.

CLASSIFICAÇÃO BÁSICA

1. LENTAS – $30 < n_s < 90$ rpm = bombas centrífugas puras, com pás cilíndricas, radiais, para pequenas e médias vazões.
2. NORMAIS – $90 < n_s < 130$ rpm = bombas semelhantes as anteriores.
3. CENTRÍFUGAS RÁPIDAS - $130 < n_s < 220$ rpm – possuem pás de dupla curvatura , vazões médias
4. EXTRA-RÁPIDA ou HÉLICO-CENTRÍFUGA – $220 < n_s < 440$ rpm = pás de dupla curvatura – vazões médias e grandes.
5. HELICOIDAIS – $440 < n_s < 500$ rpm – para vazões grandes.
6. AXIAIS – $n_s > 500$ rpm – assemelham-se a hélices de propulsão e destinam-se a grandes vazões e pequenos H_B

Para o nosso caso, temos
 $Q_{\text{trabalho}} = 40,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e
 $H_{\text{Btrabalho}} = 36,5 \text{ m}$, portanto:

$$n_s = 3,65 \times \frac{3450 \times \sqrt{\frac{40,5}{3600}}}{\sqrt[4]{\left(\frac{36,5}{2}\right)^3}} \cong 151,3 \text{ rpm}$$

Portanto, trata-se de
uma bomba
centrífuga rápida.

Tendo a rotação específica (n_s), vamos calcular a rotação nominal (n_q) que é utilizada para se estimar o $NPSH_{\text{requerido}}$.



Importante

$$n_q = \frac{n \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H_B^3}}$$

$$\therefore n_S = 3,65 \times n_q$$

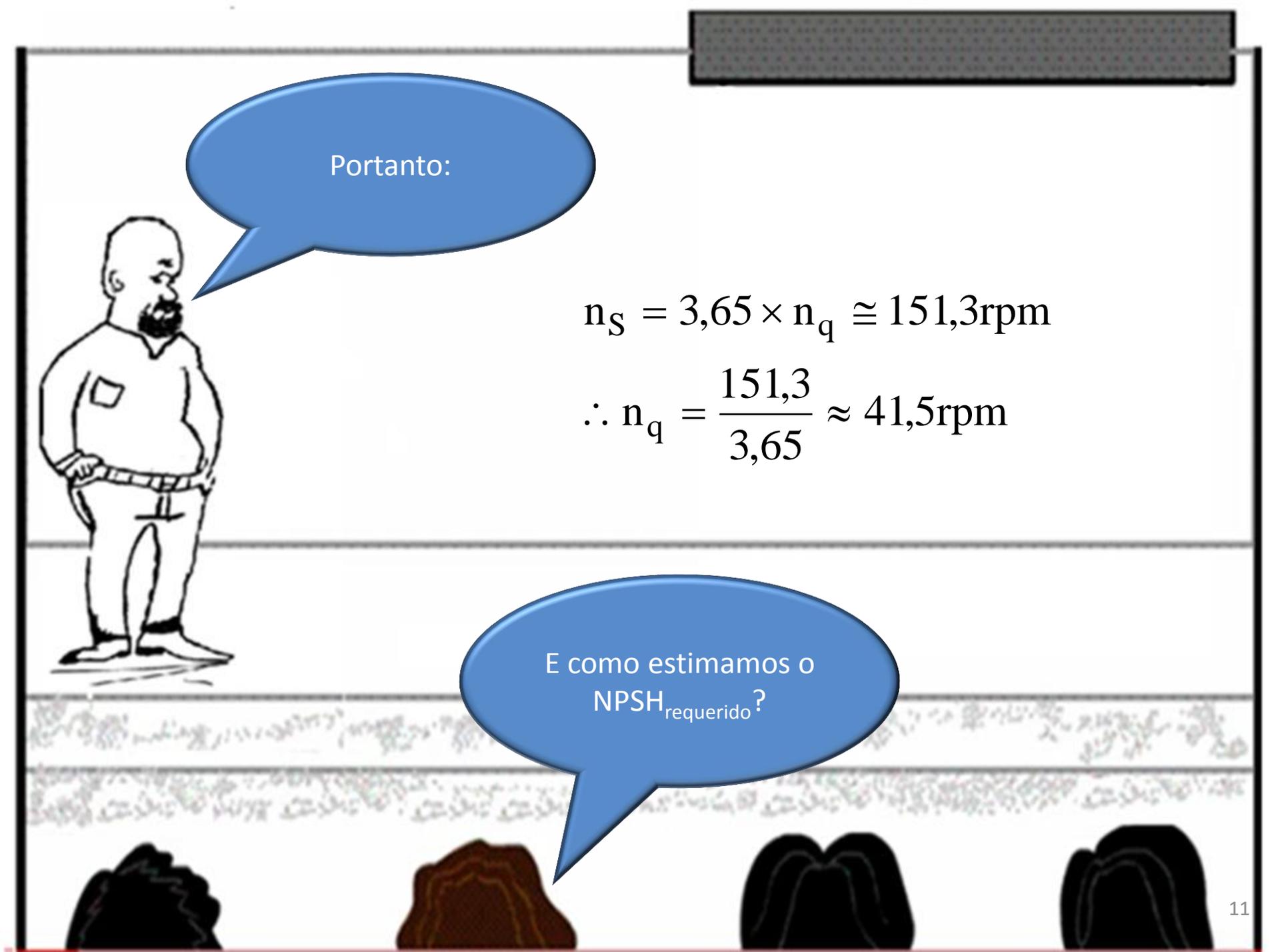
Os norte-americanos usam U.S galão por minuto como unidade de vazão e pés para a carga manométrica, de modo que teremos que converter as unidade:

$$n_{S_{\text{métrico}}} = \frac{n_{S_{\text{USA}}}}{14,15}$$

$$\therefore n_{S_{\text{USA}}} = 3,65 \times 14,15 \times n_{q_{\text{métrico}}}$$

$$n_{S_{\text{USA}}} \cong 52 \times n_{q_{\text{métrico}}}$$





Portanto:

$$n_s = 3,65 \times n_q \cong 151,3\text{rpm}$$

$$\therefore n_q = \frac{151,3}{3,65} \approx 41,5\text{rpm}$$

E como estimamos o
 $NPSH_{\text{requerido}}$?



Conhecida a rotação específica nominal (n_q), podemos calcular o fator de Thoma (σ ou θ) pelas equações:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} = \sigma \times H_B$$

e

$$\sigma = \varphi \times n_q^{4/3} = \varphi \times \left(\frac{n \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H_B^3}} \right)^{4/3}$$

φ ?



ϕ é um fator que depende da própria rotação específica

$\phi = 0,0011 \rightarrow$ para bombas centrífugas radiais, lentas, normais e rápidas ;
 $\phi = 0,0013 \rightarrow$ para bombas helicoidais e hélico-axiais
 $\phi = 0,00145 \rightarrow$ para bombas axiais

Para o nosso caso
 $\phi = 0,0011$



Calculamos
então o fator de
Thoma

$$\sigma = \varphi \times n_q^{4/3} = 0,0011 \times (41,5)^{4/3}$$
$$\sigma \cong 0,158$$

Com o fator de
Thoma podemos
estimar o $NPSH_{req}$



Tendo o fator de Thoma, pode-se estimar o NPSHR, isto porque:

$$\text{NPSH}_R = \sigma \times H_B$$

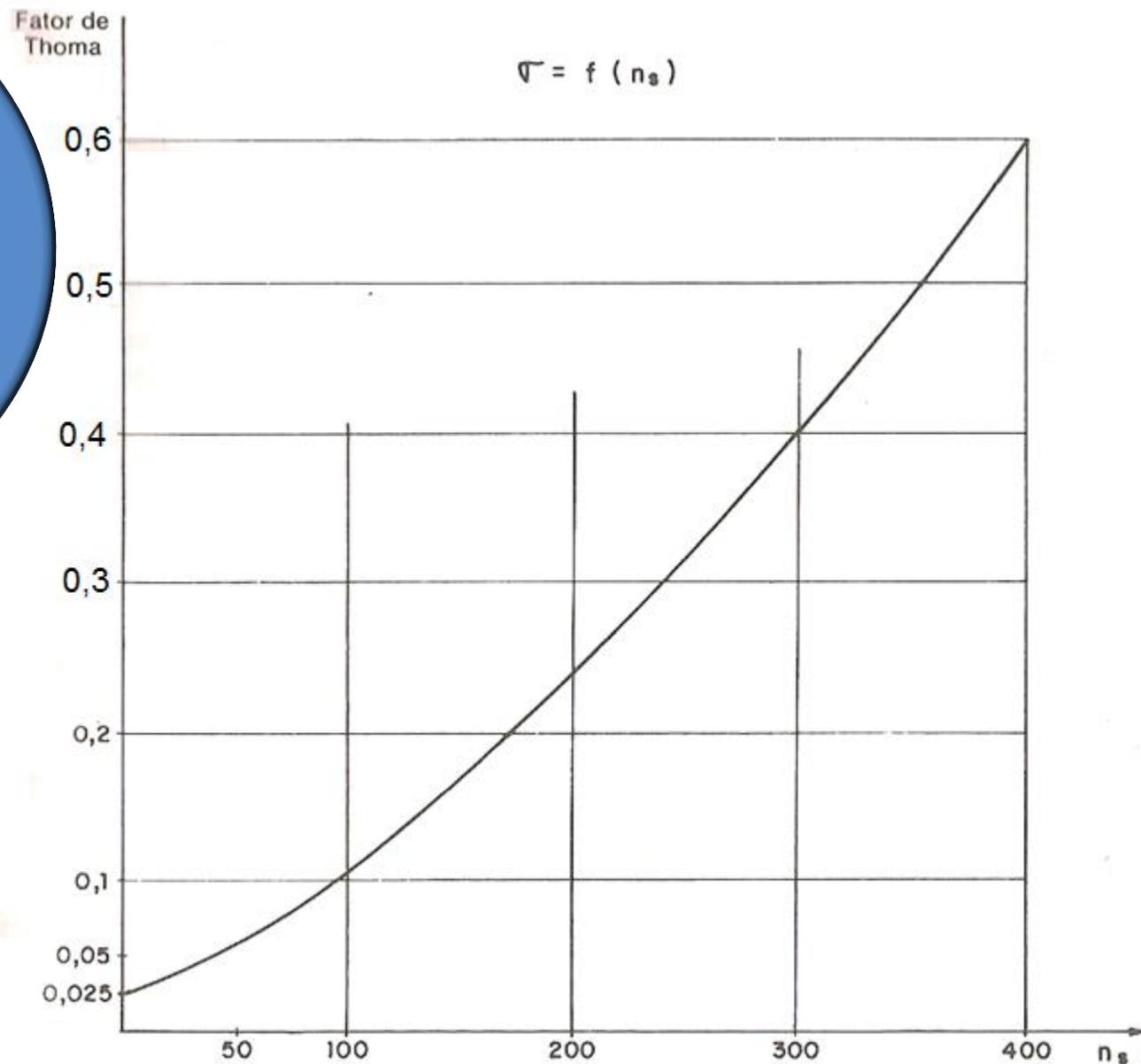
$$\therefore \text{NPSH}_R = 0,158 \times \frac{36,5}{2}$$

$$\text{NPSH}_R \cong 2,9\text{m}$$

O Fator de Thoma pode também ser obtido graficamente?

Sim pelo gráfico dado por Stepanoff.

Gráfico extraído da página 215 do livro: Bombas e Instalações de Bombeamento, escrito por Archibald Joseph Macintyre e editado pela LTC em 2008

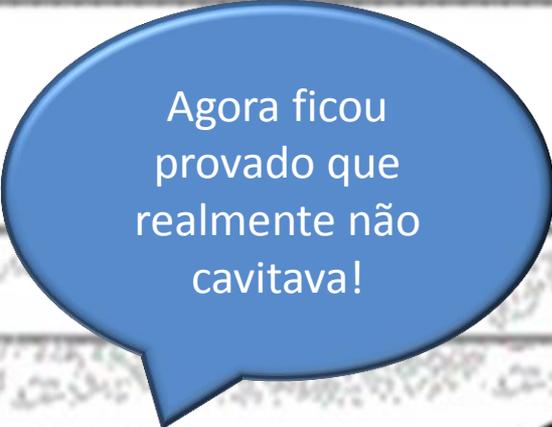




Aí verificamos
o fenômeno de
cavitação.

$$NPSH_{\text{disp}} - NPSH_{\text{req}} = 34,9 - 2,9 = 32\text{m}$$

∴ não cavita



Agora ficou
provado que
realmente não
cavitava!

Mais um exercício: escreva a equação da CCI para uma instalação de bombeamento utilizada para esvaziar o reservatório da Brasilit, refletindo sobre o ponto de trabalho da bomba escolhida.





Retirar a tampa para caracterizar a seção final como sendo a saída do tubo de PVC e considerar o PHR no chão do laboratório.



Na instalação considerada existem tubos de PVC e tubos de aço.





inicial

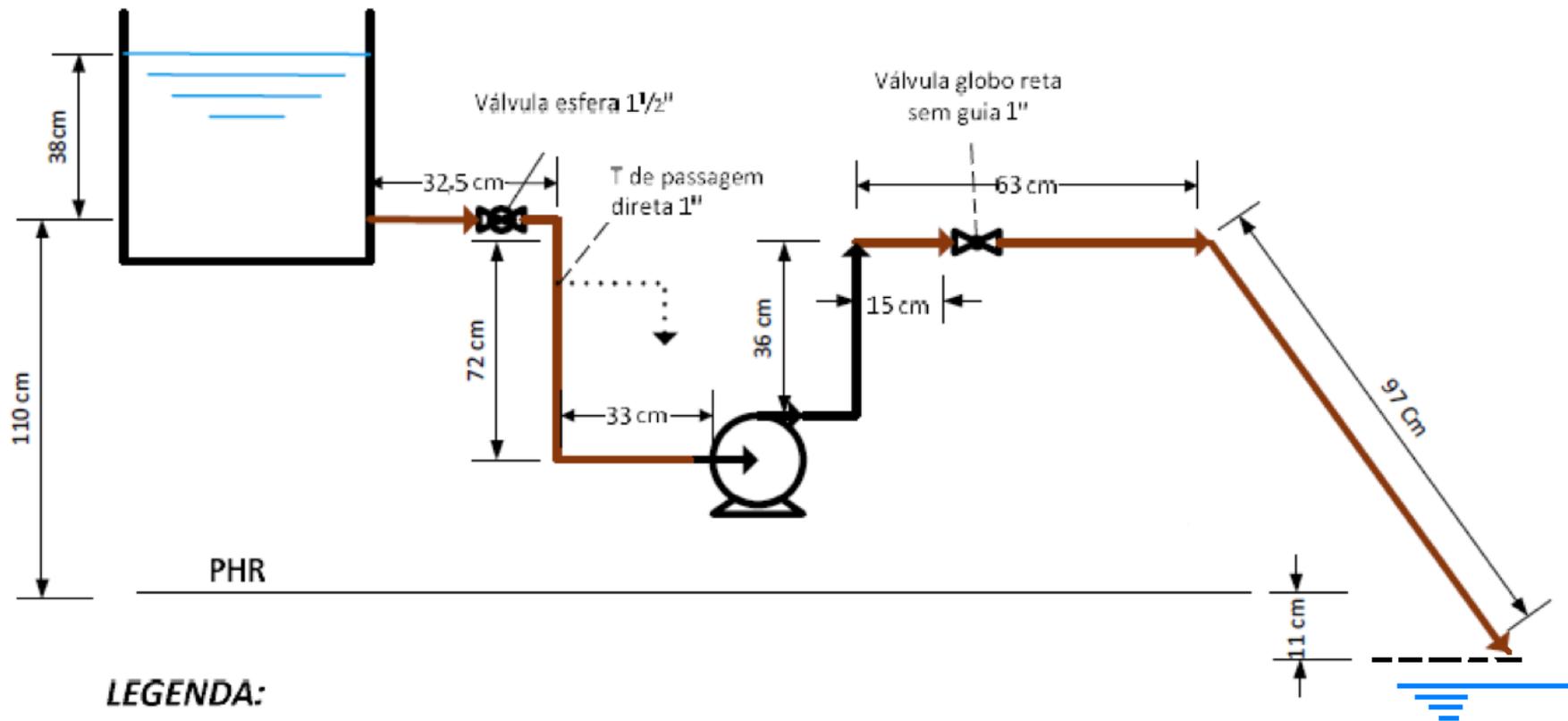


Considere o nível d'água constante e representando a seção inicial.



O esboço do próximo slide com legenda mostra a seção inicial, seção final, acessórios e tubos, o que facilita a obtenção da equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída.

Já que a bomba já está instalada e a sua curva $HB=f(Q)$ é conhecida, analise o seu ponto de trabalho.



LEGENDA:
MARROM – PVC
PRETO - AÇO

Esboço da instalação

Estas singularidades encontram-se na instalação representada no slide anterior.

Válvula esfera de 1 ½" (Mipel)

Niple 1 ½" (Aço)

Bucha de redução de 1 ½" para 1 (Aço)

Adaptador de 1" (PVC)

Joelho fêmea 90° 1" (PVC)

Tê de passagem direta 1" (PVC)

Joelho fêmea 90° 1" (PVC)

Adaptador de 1" (PVC)

União de 1" (aço)

Niple de 1" (Aço)

Bomba (Apenas para localização)

Luva de 1" (Aço)

Niple de 1" (Aço)

Luva de 1" (Aço)

Joelho fêmea 90° 1" (Aço)

Adaptador de 1" (PVC)

Adaptador de 1" (PVC)

Válvula Globo reta sem guia 1" (MIPEL)

Adaptador 1" (PVC)

União 1" (PVC)

Joelho fêmea de 90° 1" (PVC)

Saída de tubulação 1" (PVC)



No próximo slide apresento os dados da bomba utilizada na instalação do slide anterior.

QB60 / QB90 - BOMBAS PERIFÉRICAS (VORTEX)

PARA USO DOMÉSTICO, INDUSTRIAL E RURAL

As bombas centrífugas periféricas da linha QB são produzidas em carcaça de ferro fundido.

Compactas e silenciosas, proporcionam fácil operação e manutenção. São indicadas para uso industrial, doméstico, rural e na construção civil.

O impulsor de bronze de alta qualidade assegura um desempenho superior e o eficiente sistema de blindagem por selo mecânico protege a bomba contra a entrada de água no motor, garantindo maior vida útil.

As bombas QB60 e QB90 estão disponíveis em duas versões de voltagem: 110V ou 220V (monofásica).

Principais características:

- Rotor com palhetas periféricas radiais.
- Rotor de bronze.
- Selo mecânico e rolamentos de alta qualidade.
- Fácil instalação e fixação rápida.
- Durável e de baixo ruído.
- Com bujão para possível escorva.

Recomendadas para o bombeamento de água limpa. Indicadas para lavagem de pátios, refrigeração de máquinas, irrigação de hortas e jardins, recalques de poços, bombeamento para reservatórios e aumento de pressão na rede, entre outras aplicações.

As características construtivas modernas: compacta, leve e silenciosa, proporcionam facilidade no manuseio, na manutenção e no transporte.

Características Técnicas

Dados	QB60	QB90
Diâmetro de entrada/saída (pol.)	1	1
Altura manométrica (mca)	36	55
Altura de sucção máx.	8	8
Vazão máxima l/min. (m ³ /h)	35 (2,1)	50 (3,0)
Potência (W/hp)	370 / 1/2	750 / 1
Amparagem (A)	8 / 4	14 / 7
Voltagem monofásica (V)	110 ou 220	110 ou 220
Frequência (Hz)	60	60
Rotação (rpm)	3450	3450
Sistema de refrigeração	Ar - Motor TFVE	Ar - Motor TFVE
Peso (kg)	5,5	9

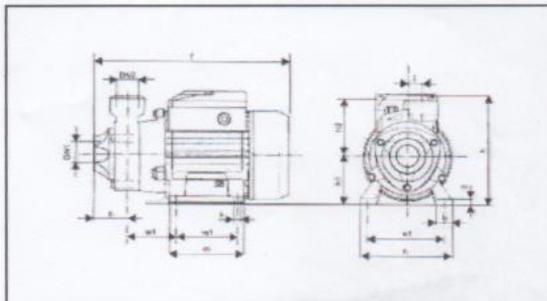


Tabela de Medidas (mm)

Mod.	DN1		Dimensões em mm													Peso (kg)	
	Gas	GS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
QB60	1"	1"	1"	253	150	63	75	20	98	117	97	60	22	8	6,5	5,5	
QB90	1"	1"	1"	288	179	71	80	25	110	90	135	112	55	24	8	6,5	9

Tabela de Medidas (mm)

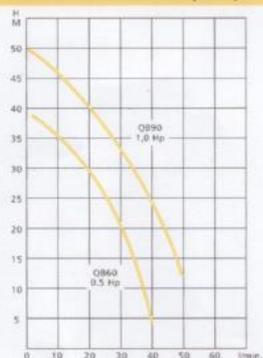
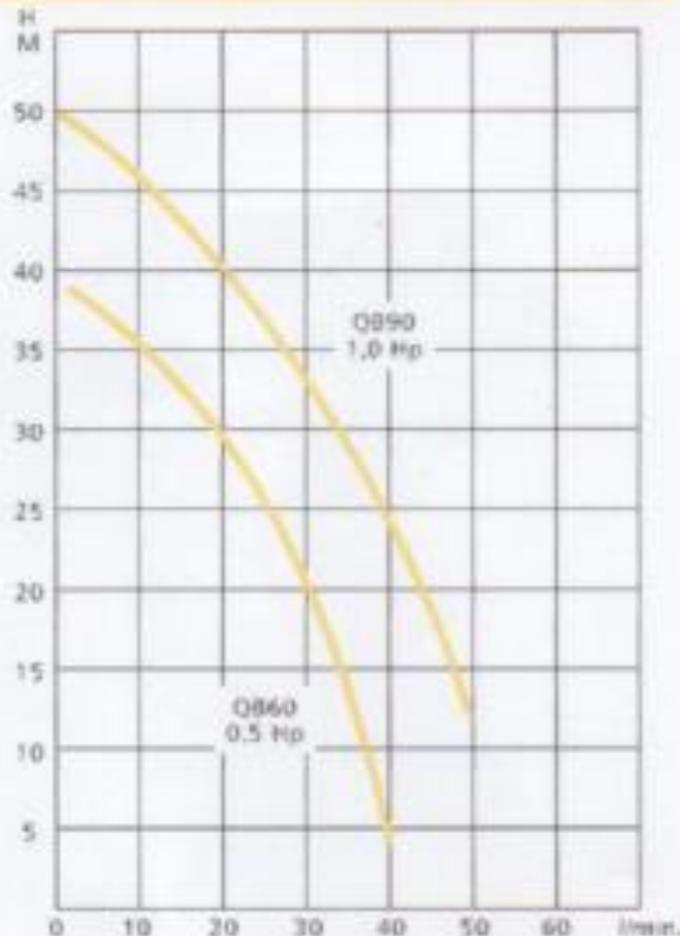


Tabela de Medidas (mm)



Dados da bomba
QB60 de 0,5HP

Flygt do Brasil S.A.

Rua Telmo Coelho Filho, 40 - CEP 05543-020

Butantã - São Paulo - SP - Brasil

Tel.: (0xx11) 3732-0150 - Fax: (0xx11) 3735-2275

E-mail: vendas@vipart.com.br

Site: www.flygt.com.br