

8. Inversor de frequência

Uma das aplicações básicas do inversor de frequência é para diminuir a vazão de escoamento de um fluido em uma instalação de bombeamento sem recorrer ao fechamento da válvula controladora da vazão.

Através dos gráficos representados na figura 21, demonstram-se as vantagens de se utilizar o inversor de frequência em relação ao fechamento da válvula controladora de vazão.

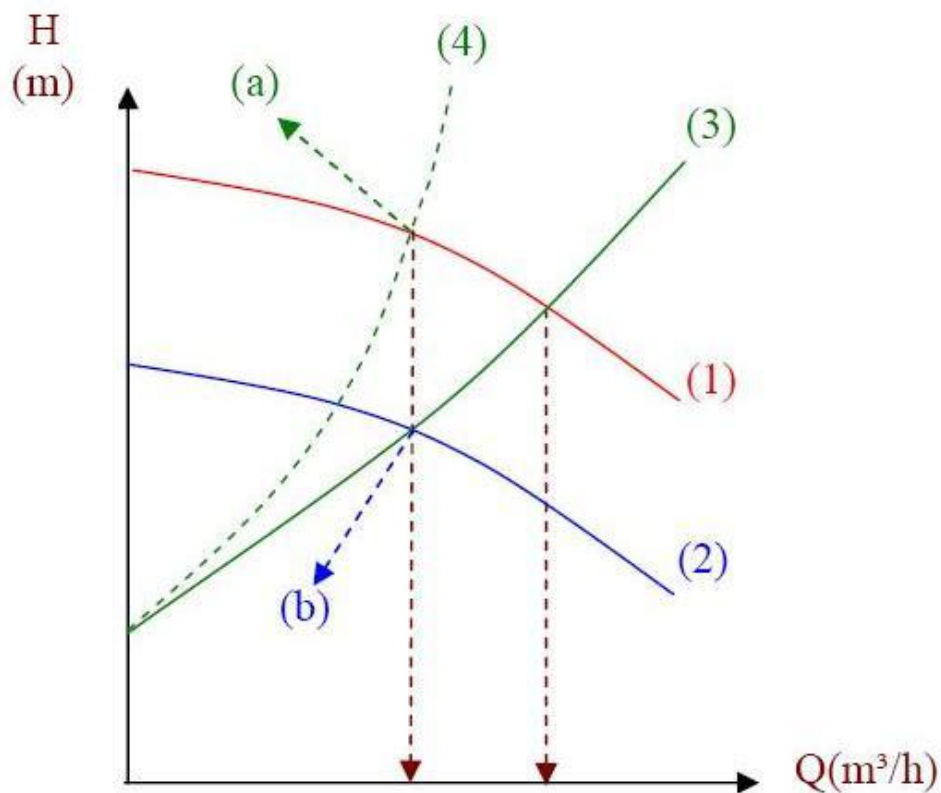


Figura 21

Analisando e interpretando a figura 20:

(1)- CCB obtida com a frequência de 60 Hz

(2)- CCB obtida com outra frequência (por exemplo, 50 Hz), neste caso se obtém a vazão reduzida sem alterar a abertura da válvula controladora de vazão, com uma carga manométrica menor e na maioria das vezes com rendimento praticamente constante (ponto de trabalho (b))

(3) - CCI obtida com a válvula controladora da vazão aberta

(4) - CCI obtida com a válvula controladora da vazão parcialmente aberta, o que equivale a dizer que as perdas aumentaram e em consequência a carga manométrica também aumentou, este aumento geralmente é maior do que a redução da vazão. Tem-se geralmente também uma diminuição do rendimento da bomba (ponto de trabalho (a))

Conclusão: aplica-se o inversor de frequência na redução da vazão e obtém-se uma redução do consumo de energia no acionamento da bomba, já que ele irá propiciar uma redução da rotação da mesma.

$$n_i = \frac{120 \times f}{p}, \text{ onde:}$$

n_i = rotação da bomba em rpm

f = frequência em Hz

p = número de pólos, que no caso do laboratório do Centro Universitário da FEI é igual a 2.

Na utilização do inversor de frequência deve-se recorrer à análise dimensional e considerar que:

$$H_{B_p} = H_{B_m} \times \left(\frac{n_p}{n_m} \right)^2 ; Q_p = Q_m \times \frac{n_p}{n_m} ; N_{B_p} = N_{B_m} \times \left(\frac{n_p}{n_m} \right)^3$$

e

$$\eta_m = \eta_p$$

A igualdade $\eta_m = \eta_p$ mencionada anteriormente geralmente é usada, porém é importante mencionar que se pode calcular o rendimento pela expressão empírica, onde o índice "x" indica a bomba com a nova rotação. (Macintyre, Archibald Joseph - Bombas e Instalações de Bombeamento - editado pela Guanabara Dois - sexta edição)

$$\eta_x = 1 - (1 - \eta) \times \left(\frac{n}{n_x} \right)^{0,1}$$

Para determinar a potência da bomba em CV, quando o peso específico é dado em (kgf/m³), a vazão em (m³/s) e a carga manométrica em (m), para as duas frequências, utilizaremos a expressão:

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{75 \times \eta_B}$$

A potência consumida pode ser calculada dividindo-se a potência nominal da bomba pelo rendimento do motor elétrico.

Exemplo de aplicação: considerando uma das possibilidades da bancada 8 (figura 22) do laboratório de Mecânica dos Fluidos do Centro Universitário da FEI, pede-se:

1. a curva característica da instalação do sistema através da equação da energia aplicada entre a seção inicial e final da mesma ($CCI_{teórica}$);
2. a partir das curvas características da bomba (CCB), apresentadas para três diferentes frequências (60Hz, 45Hz e

35Hz) e considerando o ponto de máxima vazão e a carga estática conhecida, obter a CCI ($CCI_{prática}$).

3. compare as duas representações e faça alguma(s) consideração(ões).

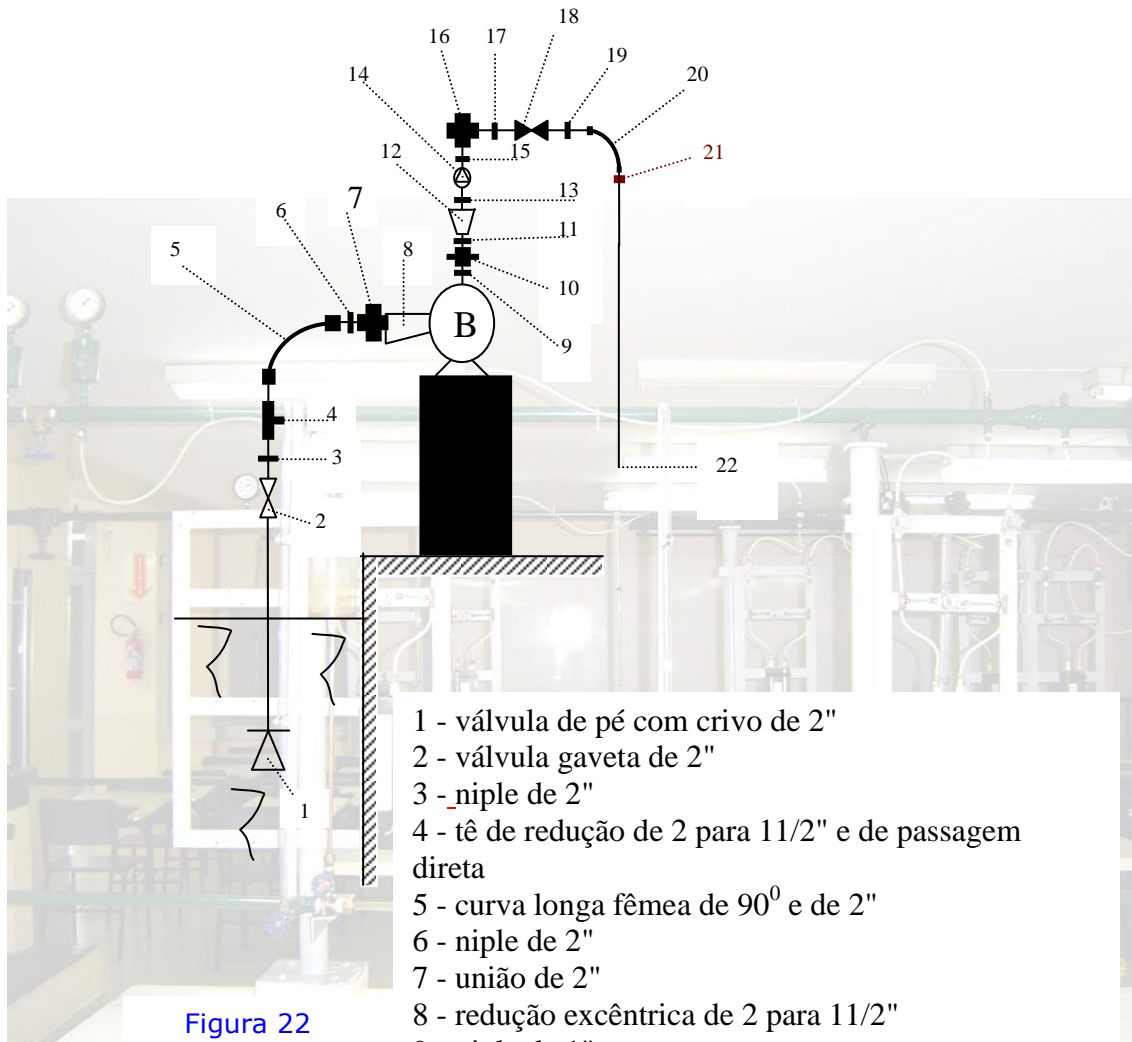


Figura 22

Dados: diâmetro de sucção: 2" sch 40 e diâmetros de recalque: 1" sch 40, 1 1/2" sch 40 e 1 1/2" de PVC.

	Singularidade	Leq(m)
1	Válvula de poço de 2"	19.91
2	Válvula gaveta de 2"	0.4
3	Niple de 2"	0.01
4	Tê de redução de 2 para 1 1/2" e de passagem direta	0.28
5	Curva longa fêmea de 90° e de 2"	1.04
6	Niple de 2"	0.01
7	União de 2"	0.01
8	Redução excêntrica de 2 para 1 1/2"	0.38
9	Niple de 1"	0.01
10	União de 1"	0.01
11	Niple de 1"	0.01
12	Ampliação de 1 para 1 1/2"	0.32
13	Niple de 1 1/2"	0.01
14	Válvula de retenção vertical de 1 1/2"	17.07
15	Niple de 1 1/2"	0.01
16	Cruzeta de 1 1/2" e de saída lateral	2.02
17	Niple de 1 1/2"	0.01
18	Válvula globo de 1 1/2"	19.2
19	Niple de 1 1/2"	0.01
20	Curva longa fêmea de 90° e de 1 1/2"	0.82
21	Adaptador de PVC de 1 1/2"	0.01
22	Saída de canalização de 1 1/2"	3.2

Tabela - Singularidades presentes na referida instalação de bombeamento

Para obtenção da $CCI_{teórica}$, devem ser usadas as seguintes correlações para a determinação do coeficiente de perda de carga distribuída (f):

1. Swamee e Jain (1976)³⁴ para cálculo de perda de carga e que é válida para $10^{-6} < k/D < 10^{-2}$ e $3000 < Re < 3 \cdot 10^8$

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum L_{eq})}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

$$\text{ou } f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k}{3,7 \times D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \cong \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{k}{3,7 \times D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Considere a rugosidade relativa do aço $\rightarrow k = 4,6 \cdot 10^{-5}$ m

2. Churchill³⁵ (Chemical Engineering, Nov. 7, 1977), desenvolveu a seguinte fórmula:

$$f = 8 \times \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A + B)^{3/2}} \right]^{1/12} \quad \text{onde:}$$

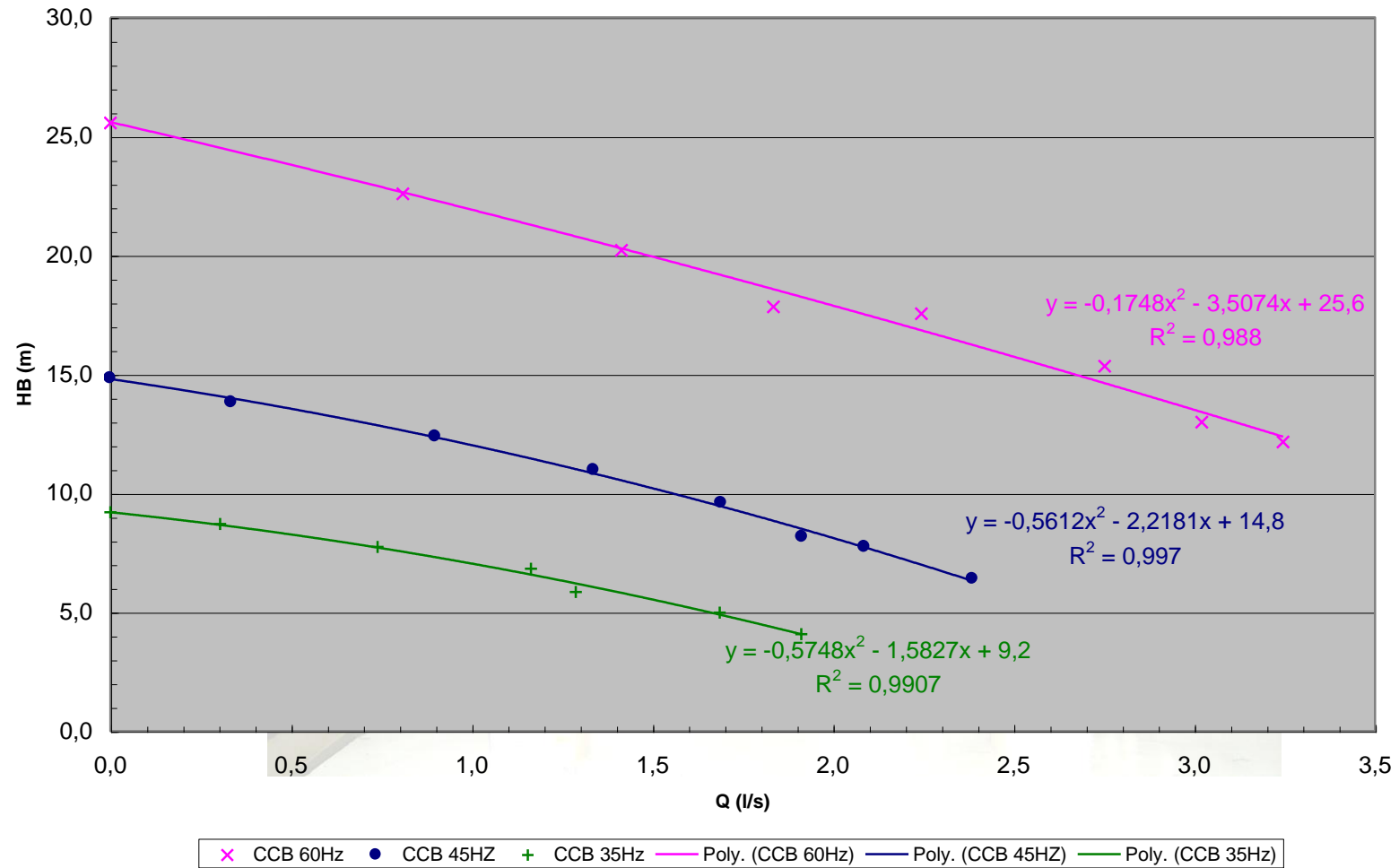
$$A = \left\{ -2,457 \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} + \frac{0,27 \times K}{D} \right] \right\}^{16}$$

$$B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

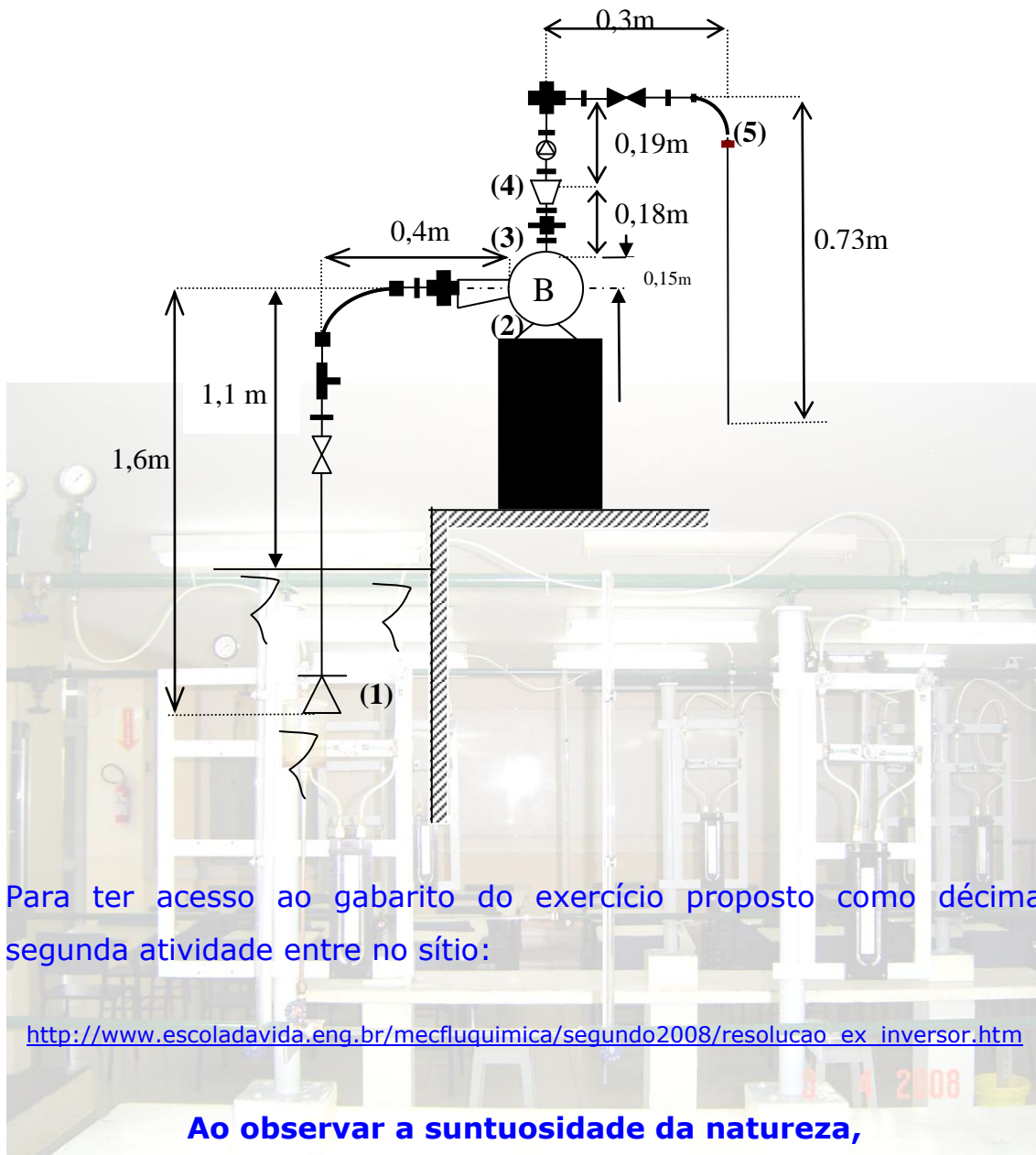
³⁴ p.251 do livro - Mecânica dos Fluidos escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado pela THOMSON

³⁵ T.S.Zhao, Q.C.Bi- International Journal of Heat and Mass Transfer. Department of Mechanical Engineering.

CCB em função da frequência



Dados adicionais da possibilidade considerada da bancada 8



Para ter acesso ao gabarito do exercício proposto como décima segunda atividade entre no sítio:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/segundo2008/resolucao_ex_inversor.htm

**Ao observar a suntuosidade da natureza,
lembro-me de um mundo que vivi no passado
e que tenho desejo que seja vivido pelos meus netos,
mas para isto, devo saber preservá-lo.**

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio