



**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Exercícios 13: Equação de Bernoulli - Perda de Carga no Escoamento

Fenômenos de Transporte

Arthur Cadore Matuella Barcella

4 de Julho de 2025

Engenharia de Telecomunicações - IFSC-SJ

Sumário

1. Introdução	3
2. Questões	3
2.1. Questão 1	3
2.2. Resposta	4
2.2.1. Dados iniciais	4
2.2.2. Velocidades	4
2.2.3. Número de Reynolds e fator de atrito	4
2.2.4. Perdas de carga	5
2.2.5. Altura manométrica total	5
2.2.6. Potência	5
2.2.7. Conclusão	5

1. Introdução

O objetivo deste documento é estudar na apostila o item 2.4.5 (pp. 45-58) e responder a questão apresentada abaixo.

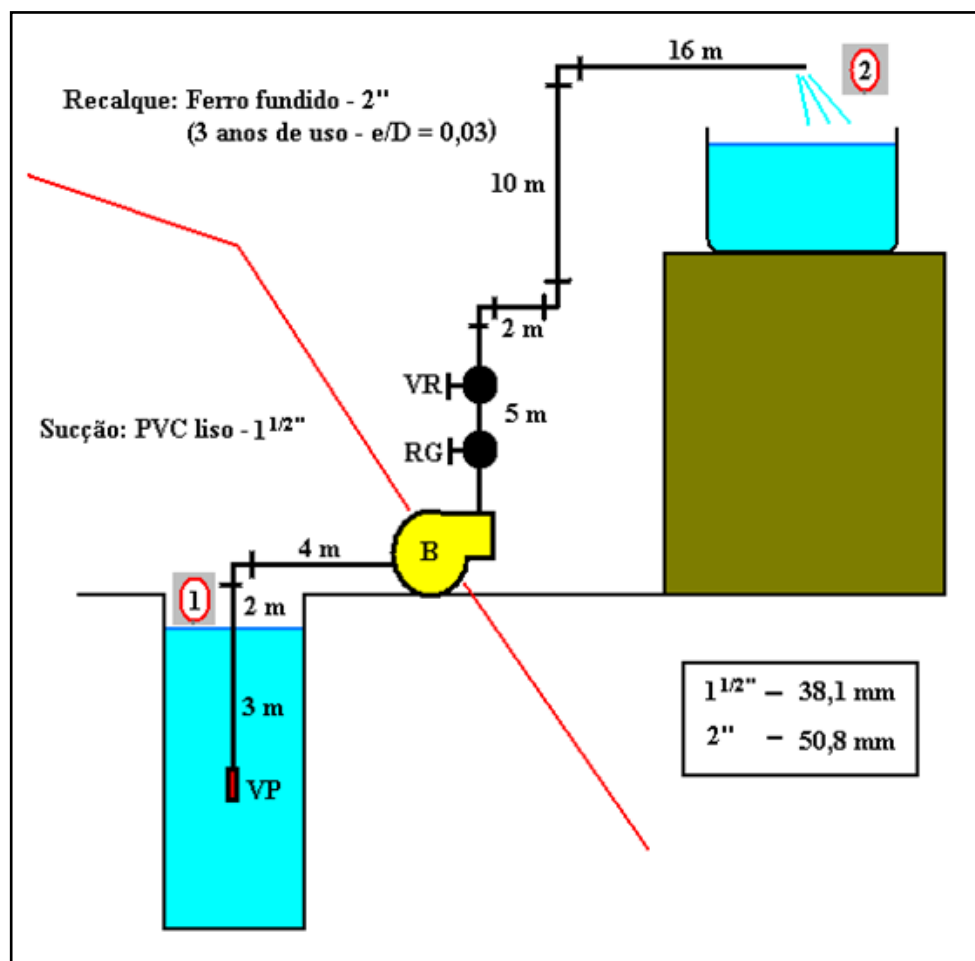
2. Questões

2.1. Questão 1

Qual a potência da bomba para a instalação esquematizada a seguir, considerando-se que a vazão de água transportada é de $14 \frac{m^3}{h}$ e a eficiência da bomba é 75%? (rugosidade relativa = $\frac{e}{D}$) e viscosidade cinemática da água igual a $1,006 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

- VR: válvula de retenção
- RG: registro globo
- VP: válvula de pé

Figura 1: Elaborada pelo Autor



Esquematico Questão 1

2.2. Resposta

Para calcular a potência necessária da bomba, seguimos os seguintes passos:

2.2.1. Dados iniciais

São fornecidos os seguintes dados do sistema:

- Vazão volumétrica: $Q = 14 \frac{m^3}{h} = \frac{14}{3600} = 0,0038889 \frac{m^3}{s}$
- Eficiência da bomba: $\eta = 0,75$
- Diâmetro da sucção: $D_s = 1,5 = 38,1 \text{ mm} = 0,0381m$
- Diâmetro do recalque: $D_r = 2 = 50,8 \text{ mm} = 0,0508m$
- Comprimento da sucção: $L_s = 7m$
- Comprimento do recalque: $L_r = 35m$
- Altura geométrica (diferença de nível entre os reservatórios): $H_g = 3 + 2 + 5 + 2 + 10 = 22m$
- Rugosidade relativa da tubulação de recalque: $\frac{e}{D} = 0,03$
- Viscosidade cinemática da água: $\nu = 1,006c \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

2.2.2. Velocidades

Calcula-se a velocidade da água na tubulação, utilizando a equação de continuidade ($v = Q/A$), onde (A) é a área da seção transversal.

Área da sucção:

$$A_s = \frac{\pi D_s^2}{4} = 0,00114m^2 \quad (1)$$

Velocidade na sucção:

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{0,0038889}{0,00114} = 3,41 \frac{m}{s} \quad (2)$$

Área do recalque:

$$A_r = \frac{\pi D_r^2}{4} = 0,002026m^2 \quad (3)$$

Velocidade no recalque:

$$v_r = \frac{Q}{A_r} = \frac{0,0038889}{0,002026} = 1,92 \frac{m}{s} \quad (4)$$

2.2.3. Número de Reynolds e fator de atrito

Com a velocidade e o diâmetro, calcula-se o número de Reynolds para determinar o regime de escoamento:

$$Re = \frac{v_r \cdot D_r}{\nu} = \frac{1,92 \cdot 0,0508}{1,006 \cdot 10^{-6}} = 97000 \quad (5)$$

Como ($Re > 4000$), o escoamento é turbulento. Utiliza-se então a equação de Swamee-Jain para estimar o fator de atrito (f):

$$f = 0,25c \cdot \left(\log_{10} \left(\left(\frac{0,03}{3,7} \right) + \left(\frac{5,74}{97000^{0,9}} \right) \right) \right)^{-2} = 0,065 \quad (6)$$

2.2.4. Perdas de carga

As perdas de carga totais incluem perdas distribuídas e localizadas.

Perda distribuída na tubulação de recalque:

$$h_{\{f_r\}} = fc \cdot \left(\frac{L_r}{D_r} \right) c \cdot \frac{v_r^2}{2g} = 0,065c \cdot \left(\frac{35}{0},0508 \right) c \cdot \frac{1,92^2}{2c \cdot 9,81} = 8,43m \quad (7)$$

Perdas localizadas são causadas por conexões e válvulas. Na sucção, temos uma válvula de pé:

$$h_{\{l_s\}} = 1,5c \cdot \frac{3,41^2}{2c \cdot 9,81} = 0,89m \quad (8)$$

No recalque, há uma válvula de retenção e um registro globo:

$$h_{\{l_r\}} = 12,5c \cdot \frac{1,92^2}{2c \cdot 9,81} = 2,35m \quad (9)$$

2.2.5. Altura manométrica total

A altura manométrica é a soma da altura geométrica com todas as perdas de carga:

$$H_m = H_g + h_{\{f_r\}} + h_{\{l_s\}} + h_{\{l_r\}} = 22 + 8,43 + 0,89 + 2,35 = 33,67m \quad (10)$$

2.2.6. Potência

Com a altura manométrica e a vazão, calcula-se a potência hidráulica necessária:

$$P_h = \rho c \cdot gc \cdot Qc \cdot H_m = 1000c \cdot 9,81c \cdot 0,0038889c \cdot 33,67 = 1485,2W \quad (11)$$

Considerando a eficiência da bomba, obtém-se a potência exigida da rede:

$$P_b = \frac{P_h}{\eta} = \frac{1485,2}{0,75} = 1980,3W \quad (12)$$

2.2.7. Conclusão

A potência mínima que a bomba deve fornecer para vencer todas as perdas e elevar o fluido até o reservatório superior é de aproximadamente 1980,3 watts.