

Exercício proposto

Dados da instalação

- Vazão: $200 \text{ m}^3/\text{h}$
- Fluido: água, $\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $p_v = 0,433 \text{ mca}$
- Material dos tubos: ferro galvanizado, $k = 1,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- Local da instalação: cidade litorânea

Sucção

- Diâmetro interno: 250 mm
- Altura de sucção: 2,0 m abaixo da bomba
- Comprimento reto: 6,0 metros
- Conexões:
 - 1 válvula de pé com crivo, $k_s=5,7$
 - 1 curva 90° , $k_s=0,12$

Recalque

- Diâmetro interno: 200 mm
- Altura de recalque: 24 m acima da bomba
- Comprimento reto: 1000 metros
- Conexões:
 - 1 válvula de retenção, $k_s=3,0$
 - 3 curvas 90° , $k_s=0,15$
 - 2 curvas 45° , $k_s=0,16$
 - 1 válvula de gaveta, $k_s=0,07$
 - 1 saída simples, $k_s=1,0$

Determinar:

- Perdas de carga
- Altura manométrica da bomba
- Ponto de projeto e família de bombas (KSB)
- Diâmetro do rotor
- Ponto de trabalho
- Cavitação (NPSH_R e NPSH_D)
- Potência da bomba

Resposta: possível escolha: 80-315,
D334 mm, $210 \text{ m}^3/\text{h}$, 44,8 m,
 $\text{NPSH}_D = 7,44 \text{ M}$, 33 KW.

① cálculo das perdas

sucção - trecho reto

$$Q = 200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \frac{200}{3600} = 5,56 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$N = \frac{Q}{A} \Rightarrow N = \frac{4 \cdot 5,56 \times 10^{-2}}{\pi \cdot 0,250^2} \Rightarrow N = 1,13 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{N \cdot D_H}{\nu} \Rightarrow Re = \frac{1,13 \cdot 0,250}{10^{-6}} = 2,8 \times 10^5$$

$$\frac{D_H}{k} = \frac{0,25}{1,52 \times 10^{-4}} = 1640$$

$$f(2,8 \cdot 10^5; 1640) = 0,019$$

$$h_{fs} = f \cdot \frac{L}{D_H} \cdot \frac{N_s^2}{2g}$$

$$h_{fs} = 0,019 \cdot \frac{6,0}{0,25} \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,8} = 2,98 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Sucção - Localizadas

- válvula de ref $\Rightarrow$ 5,7

- curva $\Rightarrow$ 0,12

$$\sum k_s = 5,82$$

$$h_{ss} = \sum k_s \cdot \frac{N_s^2}{2g} \Rightarrow h_{ss} = 5,82 \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_{ss} = 0,379$$

$$H_{ps} = h_{fs} + h_{ss} = 2,98 \times 10^{-2} + 0,379 = 0,418 \text{ m}$$

Recalque - trecho reto

$$N = \frac{Q}{A} \Rightarrow N = \frac{4 \cdot 5,56 \times 10^{-2}}{\pi \cdot 0,2^2} \Rightarrow N = 1,77 \text{ m/s}$$

$$R_c = \frac{1,77 \cdot 0,2}{10^{-6}} \Rightarrow R_c = 3,54 \times 10^5$$

$$\frac{DH}{K} = \frac{0,2}{1,52 \times 10^{-4}} = 1320$$

$$f(3,54 \times 10^5; 1320) = 0,020$$

$$h_f = 0,020 \cdot \frac{1000}{0,2} \cdot \frac{1,77^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow h_f = 16,0$$

- Perda localizadas

1 válvula retenção - 3,0

3 curvas 90° - 0,15 x 3 = 0,45

2 curvas 45° - 0,16 x 2 = 0,32

1 registro gaveta - 0,07

1 saída - 1,0

$$\Sigma k_s = 4,8$$

$$k_{sr} = 4,8 \cdot \frac{1,77^2}{2 \cdot 9,8} \Rightarrow k_{sr} = 0,767 \text{ m}$$

$$H_{pr} = 16,0 + 0,767 \Rightarrow h_{pr} = 16,8 \text{ m}$$

$$\text{Perda total: } H_{p,2} = H_{ps} + H_{pr} = 0,418 + 16,8 =$$

$$H_{p,2} = 17,2 \text{ m}$$

② Altura manométrica

$$H_1 + H_B = H_2 + H_{p,2}$$

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + H_B = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{2g} + H_{p,2}$$

$$V_1 = V_2 = 0 \quad ; \quad P_B = P_r$$

$$-2 + H_B = 24 + 17,2$$

$$H_B = 26 + 17,2 \Rightarrow H_B = 43,2 \text{ m}$$

③ Família de bombas

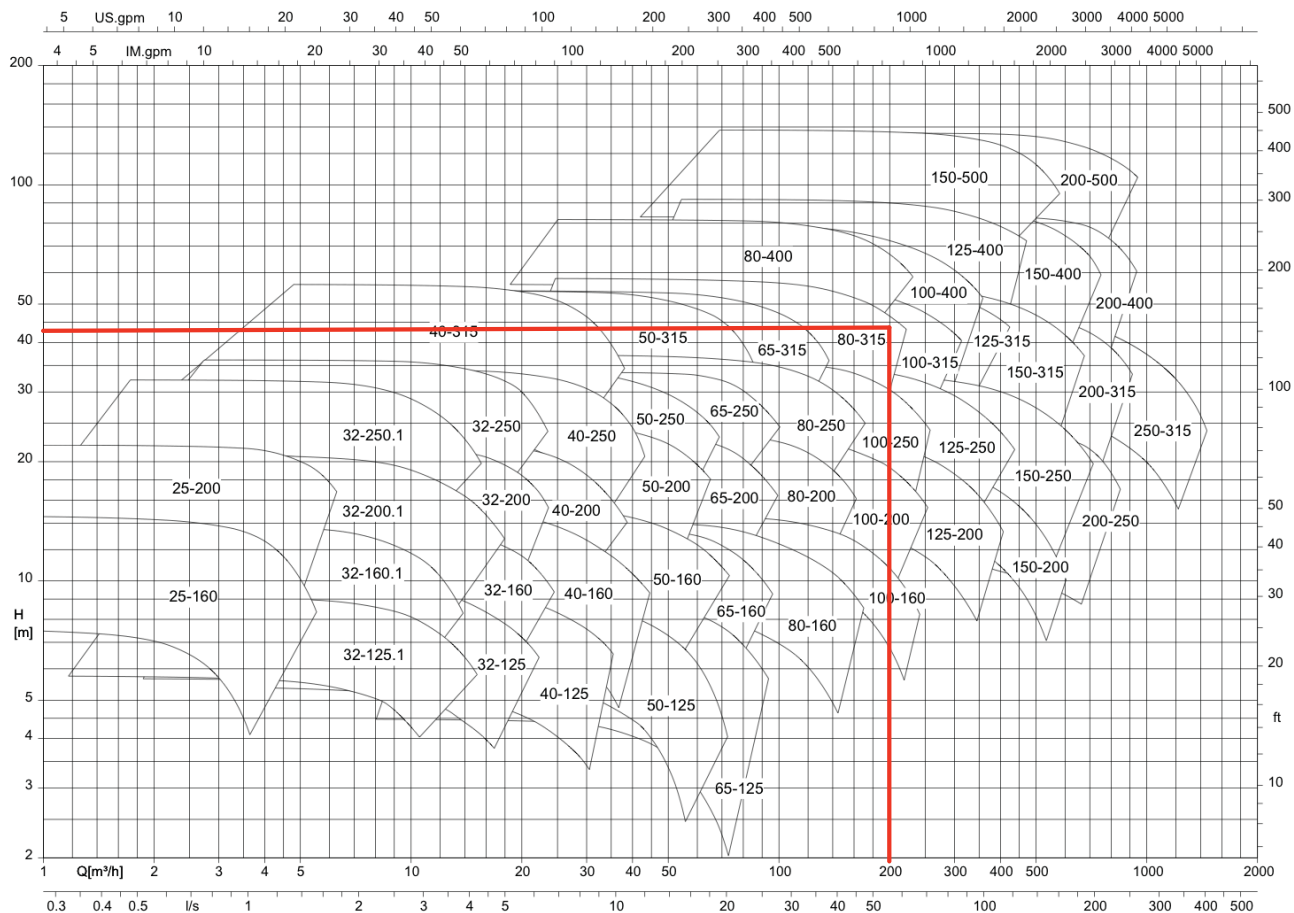
Ponto de Projeto =

$$\text{Vazão} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_B = 43,2 \text{ m}$$

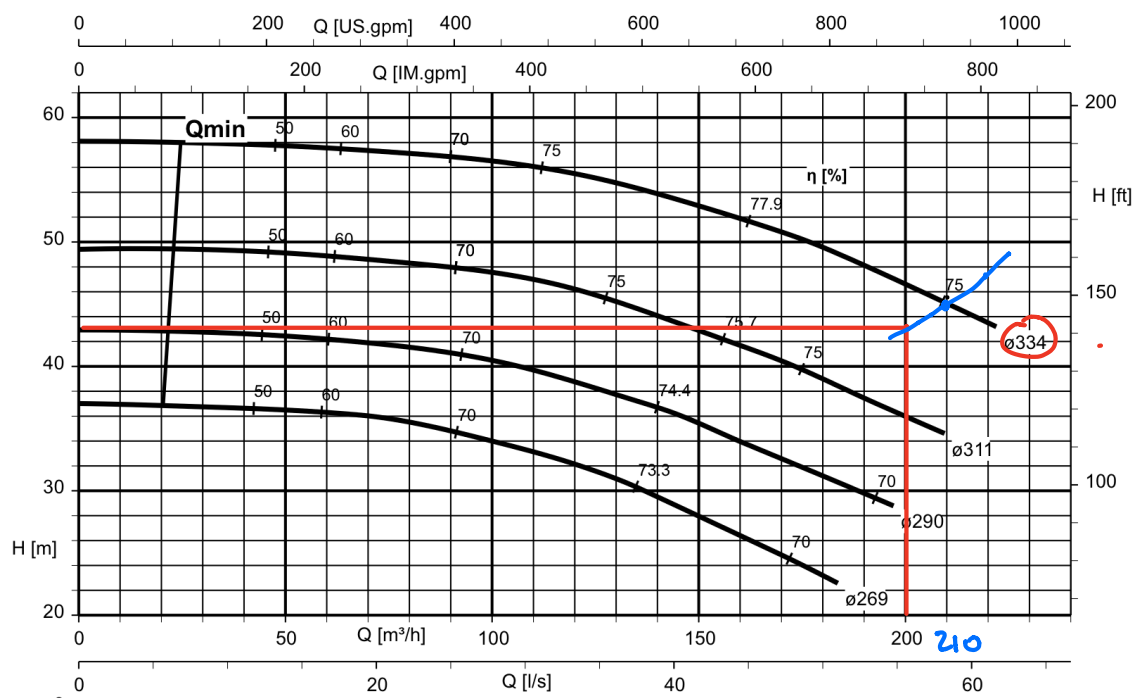
Meganorm, $n = 1750 \text{ min}^{-1}$

$n = 1750 \text{ min}^{-1}$



Possível escolha 80-315

④ Diâmetro do rotor



φ 334

⑤ Ponto de trabalho

$$H_B = H_G + k \cdot Q^{1,852}$$

$$43,2 = (24 + 2) + k \cdot 200^{1,852}$$

$$k = 9,42 \times 10^{-4}$$

$$H_B = 26 + 9,42 \times 10^{-4} \cdot Q^{1,852}$$

Q	200	210	220
H _B	43,2	44,8	46,5

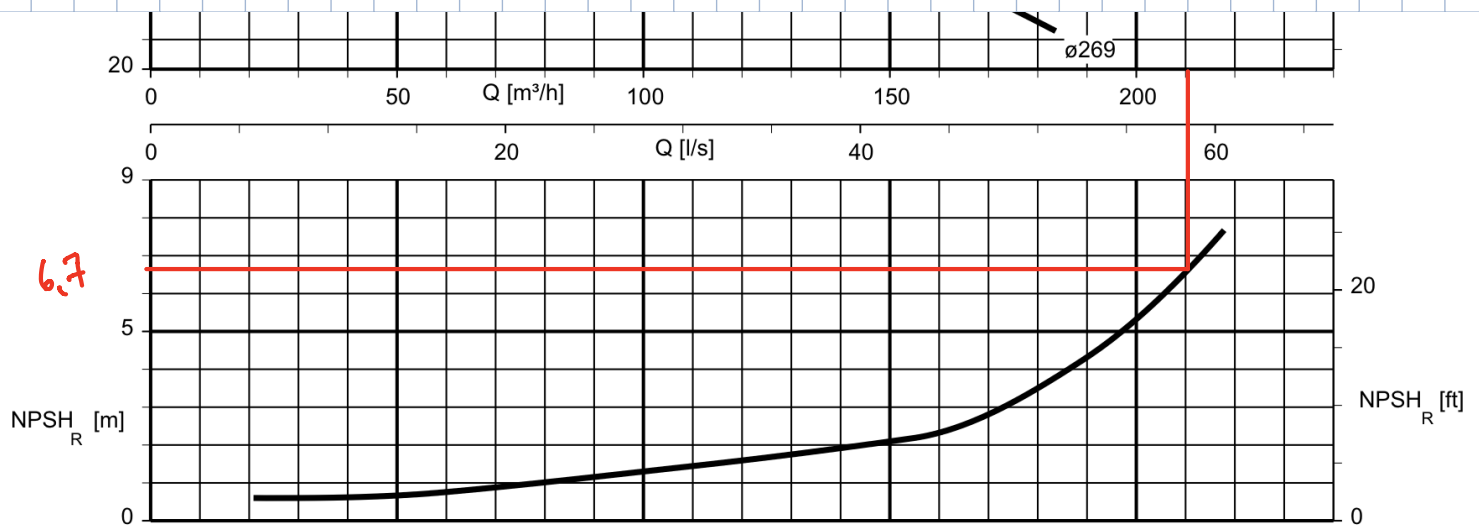
Ponto de trabalho ⇒ Q = 210 m³/h

$$H_B = 44,8$$

$$\eta_B = 75\%$$

⑥ Cavitação

NPSH requerido = 6,8 m



NPSH disponível

$$NPSH_D = \pm z_s + \frac{P_{atm}}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + H_{P_s} \right)$$

$$z_s = -2,0 \text{ m}$$

$$P_{atm} = 10,33 \text{ mca} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$$

$$P_v = 0,433 \text{ mca} = 4,25 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$H_{P_s} = 0,42 \text{ m}$$

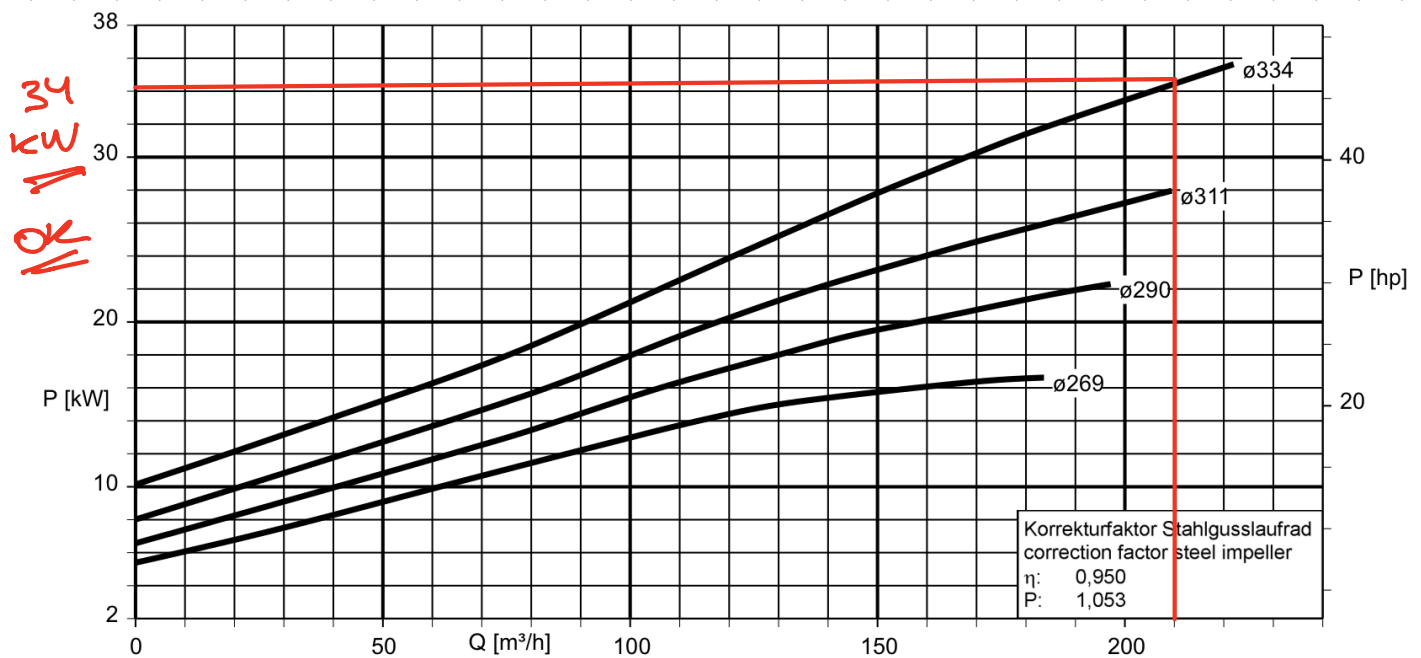
$$NPSH_D = -2,0 + \frac{1,01 \times 10^5}{9810} - \left(\frac{4,25 \times 10^3}{9810} + 0,42 \right)$$

$$NPSH_D = 7,44 \text{ m} \quad \therefore NPSH_D > 1,1 \cdot NPSH_R \quad \underline{\underline{\text{OK}}}$$

⑦ Potência da Bomba

$$N_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{\eta_B} \Rightarrow N_B = \frac{9810 \cdot 5,56 \cdot 10^{-2}}{0,75} = 44,8$$

$$N_B = 3,26 \times 10^4 \text{ W} = 33 \text{ kW}$$



KGP.464/43/1