GABARITO → ME5330 → P3. (1)

1ªQ| $H_B = 20 - 0{,}0499 \times Q^2 \rightarrow 3500\ rpm.$

$H_B \rightarrow m$; $Q \rightarrow m^3/h$.

sistema → $\frac{v_f^2 - v_i^2}{2g} \simeq 0.$

- Aço 80 → DN = 2" → Dint = 49,2 mm; A = 19 cm²
- Hest = 8 m.
- L = 220 m
- saída de reservatório → $Leq_1 = 0{,}7\ m$
- Válvula gaveta - Mipel → $Leq_2 = 0{,}70\ m$
- válvula de retenção horizontal - Mipel - $Leq_3 = 25\ m$
- valv. globo reta com guia - Mipel - $Leq_4 = 25\ m.$
- 2x cotovêlos fêmeas de 90° - Tupy ⇒ $Leq_5 = 2 \times 1{,}88\ m$
- tê passagem direta da Tupy ⇒ $Leq_6 = 0{,}33\ m$

$$H_S = H_{est} + \cancel{\frac{v_f^2 - v_i^2}{2g}}^{0} + Hp_{TOTAIS}$$

$$H_S = 8 + f_{2"} \times \frac{(220 + 55{,}49)}{0{,}0492} \times \frac{Q^2}{19{,}6 \times (19 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_S = 8 + f_{2"} \times 79.136.613{,}77 \times Q^2 \Rightarrow f_{2"} = 0{,}0195$$

$$\therefore \boxed{H_S = 8 + 1.543.163{,}969 \times Q^2} \quad H_S \rightarrow m;\ Q \rightarrow m^3/s$$

ou

$$\therefore \boxed{H_S = 8 + 0{,}1191 \times Q^2} \quad H_S \rightarrow m;\ Q \rightarrow m^3/h$$

(0,25)

Rotação reduzida para 3000 rpm pelo inversor de frequência, portanto:

(2)

$$\frac{H_{B3000}}{3000^2} = \frac{H_B}{3500^2} \therefore \boxed{H_B = \left(\frac{3500}{3000}\right) \times H_{B3000}} \text{ (I)}$$

$$\frac{Q_{3000}}{3000} = \frac{Q}{3500} \therefore \boxed{Q = \frac{3500}{3000} \times Q_{3000}} \text{ (II)}$$

Considerando as equações (I) e (II) na equação dada para 3500 rpm, resulta:

$$\left(\frac{3500}{3000}\right)^2 \times H_{B3000} = 20 - 0{,}0499 \times \left(\frac{3500}{3000}\right)^2 \times Q^2_{3000}$$

$$H_{B3000} = \left(\frac{3000}{3500}\right)^2 \times 20 - 0{,}0499 \times Q^2_{3000}$$

$$\boxed{\underbrace{H_{B3000}}_{m} \cong 14{,}7 - 0{,}0499 \times \underbrace{Q^2_{3000}}_{m^3/h}} \Rightarrow (0{,}25)$$

Ponto de trabalho $\Rightarrow H_{B3000} = H_S$

$$14{,}7 - 0{,}0499 \times Q^2_{3000} = 8 + 0{,}1191 \times Q^2$$

$Q_{3000} = Q = Q_c$, portanto:

$$6{,}7 = 0{,}169 \times Q_c^2 \Rightarrow Q_c = \sqrt{\frac{6{,}7}{0{,}169}}$$

(0,25)

$$\boxed{Q_c \simeq 6{,}3 \frac{m^3}{h}} \Rightarrow \boxed{H_{Bc} = 12{,}7\,m \text{ ou } 12{,}73\,m} \Rightarrow (0{,}25)$$

$$n_q = \frac{3000 \times \sqrt{6{,}3/3600}}{\sqrt[4]{12{,}7^3}} \simeq 18{,}7 \text{ rpm}$$ $\therefore$ realmente é uma bomba

centrífuga radial ∴ $\varphi = 0{,}0011$ e (3)

aí podemos calcular o fator de Thoma:

$$\sigma = \varphi \times nq^{4/3} = 0{,}0011 \times (18{,}7)^{4/3} \simeq 0{,}054598598 \simeq 0{,}0546$$

$$NPSH_{req} = \sigma \times H_B = 0{,}0546 \times 12{,}7 \Rightarrow \boxed{NPSH_{req} \simeq 0{,}694\,m \text{ ou } NPSH_{req} \simeq 0{,}7\,m}$$

(0,25)

$$nq_{USA} = 52 \times 18{,}7 \simeq 972{,}4\,rpm$$

$$Q_G = 4{,}402868 \times 6{,}3 \simeq 27{,}8\,gpm$$

$\Rightarrow \boxed{\eta_{B_G} \simeq 54\%} \Rightarrow$ (0,25)

$$N_{BG} = \frac{\gamma \times Q_G \times H_{BG}}{\eta_{BG}} = \frac{1000 \times 9{,}8 \times (6{,}3/3600) \times 12{,}7}{0{,}54}$$

$\boxed{N_{BG} \simeq 403{,}4\,W} \Rightarrow$ (0,25).

(0,25)

$$H_{B3500} = 20 - 0{,}0499 \times 6{,}3^2 \Rightarrow \boxed{H_{B3500} = 18\,m}$$

$$\eta_{B3500} = -0{,}7723 \times 6{,}3^2 + 11{,}598 \times 6{,}3 + 11{,}6$$

$$\eta_{B3500} = 54\%$$

o que comprova que
o $\eta_{B3500} \simeq \eta_{B3000}$

(0,25).

$$N_{B3500} = \frac{1000 \times 9{,}8 \times (6{,}3/3600) \times 18}{0{,}54} \simeq 571{,}7\,W$$

Portanto o inversor propiciou uma redução de aproximadamente 29,4% + (0,25)

(4)

2ªQ |

Aço 120 $D_N = 6"$ — $D_{int} = 139{,}7\ mm$; $A = 153{,}4\ cm^2$. ; $L = 90\ m$;

$f_{médio} = 0{,}026$;

$\Sigma L_{eq} = 50\ m$.

CURVA DE UMA BOMBA ⇒ $\underset{m}{H_B} = 24{,}9 - 0{,}0117 \times \underset{l/s}{Q} - 0{,}0149 \times Q^2$

$N_{B_{cada\ bomba}} = ?$

1. $H_{est} = 13{,}5\ m$ e bombas em paralelo.

$$H_S = 13{,}5 + 0{,}026 \times \frac{(50+90)}{0{,}1397} \times \frac{Q^2}{19{,}6 \times (153{,}4 \times 10^{-4})^2}$$

$$\boxed{\underset{m}{H_S} = 13{,}5 + 5649{,}4 \times \underset{m^3/s}{Q^2} \quad \text{ou} \quad \underset{m}{H_S} = 13{,}5 + 5{,}65 \times 10^{-3}\, \underset{l/s}{Q^2}} \Rightarrow (0{,}25)$$

BOMBAS ASSOCIADAS EM PARALELO ⇒

$$H_{Bap} = 24{,}9 - 0{,}0117 \times \frac{Q_{ap}}{2} - 0{,}0149 \times \left(\frac{Q_{ap}}{2}\right)^2$$

$$\boxed{H_{Bap} = 24{,}9 - 5{,}85 \times 10^{-3} Q_{ap} - 3{,}725 \times 10^{-3}\, Q_{ap}^2} \Rightarrow (0{,}25)$$

PONTO DE TRABALHO:

$$13,5 + 5,65\times10^{-3} Q_B^2 = 24,9 - 5,85\times10^{-3} Q_{ap} - 3,725\times10^{-3} Q_{ap}^2$$

$$9,375\times10^{-3} Q_B^2 + 5,85\times10^{-3} Q_{ap} - 11,4 = 0$$

$$Q_{B_{ap}} = \frac{-5,85\times10^{-3} + \sqrt{(5,85\times10^{-3})^2 + 4\times9,375\times10^{-3}\times11,4}}{2\times9,375\times10^{-3}}$$

$$\boxed{Q_{B_{ap}} = 34,6\ L/s}$$ ∴ cada bomba contribui com uma vazão de $17,3\ L/s$ ⇒ PARA CADA BOMBA, TEMOS:

(0,125)

$$\eta_{B_G} = 41,2 + 2,8993\times17,3 - 0,0779\times17,3^2$$

$$\boxed{\eta_{B_G} = 68\%}$$ ⇒ (0,125)

$$N_{B\,cada\text{-}bomba} = \frac{998\times9,8\times(17,3/1000)\times H_B}{0,68}$$

(0,125)

$$H_{B_{ap}} = H_{B\,cada\text{-}bomba} = 13,5 + 5,65\times10^{-3}\times34,6^2 \simeq 20,3\,m$$

$$N_{B\,cada\text{-}bomba_{ap}} = \frac{998\times9,8\times17,3\times20,3}{0,68\times1000} \simeq 5051,2\,W$$

(0,125)

2. $H_{est} = 37,5\,m$ que é maior que o H_B do shut-off que é $24,9\,m$, portanto a possibilidade de funcionamento é a associação em série de bombas.

(0,25)

(6)

$H_{Bas} = 2 \times 24{,}9 - 2 \times 0{,}0117 \times Q - 2 \times 0{,}0149 \times Q^2$

$$\boxed{H_{Bas} = 49{,}8 - 0{,}0234 \times Q - 0{,}0298 \times Q^2} \Rightarrow (0{,}25)$$

$H_{Bas} \downarrow$ m ; $Q \downarrow$ l/s

Na equação da CCI, só existe alteração da carga estática, portanto:

$$\boxed{H_S = 37{,}5 + 0{,}00565 \times Q_{as}^2} \Rightarrow (0{,}25)$$

$H_S \downarrow$ m ; $Q_{as} \downarrow$ l/s

No ponto de trabalho:

$49{,}8 - 0{,}0234 \times Q_{as_6} - 0{,}0298 \times Q_{as_6}^2 = 37{,}5 + 0{,}00565 \times Q_{as_6}^2$

$0{,}03545 \times Q_{as_6}^2 + 0{,}0234\, Q_{as_6} - 12{,}3 = 0$

$$Q_{as_6} = \frac{-0{,}0234 + \sqrt{0{,}0234^2 + 4 \times 0{,}03545 \times 12{,}3}}{2 \times 0{,}03545}$$

$Q_{as_6} \simeq 18{,}3$ l/s. $\Rightarrow (0{,}125)$

$H_{Bas_6} = 37{,}5 + 0{,}00565 \times 18{,}3^2 \Rightarrow \boxed{H_{Bas_6} = 39{,}4 \text{ m}}$

$\therefore \boxed{H_{B_{\text{cada bomba}}} = \frac{39{,}4}{2} = 19{,}7 \text{ m}} \Rightarrow (0{,}125)$

7

$$\eta_{Base} = -0{,}0779 \times 18{,}3^2 + 2{,}8993 \times 18{,}3 + 41{,}2$$

$$\boxed{\eta_{Base} = \eta_{B\,cada\text{-}bomba} \simeq 68{,}2\%} \Rightarrow (0{,}25)$$

$$\boxed{N_{B\,cada\text{-}bomba_{as}} = \frac{998 \times 9{,}8 \times 18{,}3 \times 19{,}7}{0{,}682 \times 1000} \simeq 5170\ W}$$

(0,25)

3ª Q

$$H_B = \frac{p_s - p_e}{\gamma} = \frac{788{,}6 \times 10^3 + 0{,}258 \times 13600 \times 9{,}8}{988 \times 9{,}8}$$

$$\boxed{H_B \cong 85\ m} - (0{,}5)$$

Pelo gráfico, colocando a origem, temos p/ $D_r = 219$ mm: → (0,25)

$$Q_{219} \cong 73{,}4\ m^3/h \rightarrow (0{,}125)$$

$$H_{B\,219} \simeq 88\ m. \rightarrow (0{,}125)$$

$$D_R = 219 \times \frac{70}{73{,}4} \simeq 208{,}9\,mm$$

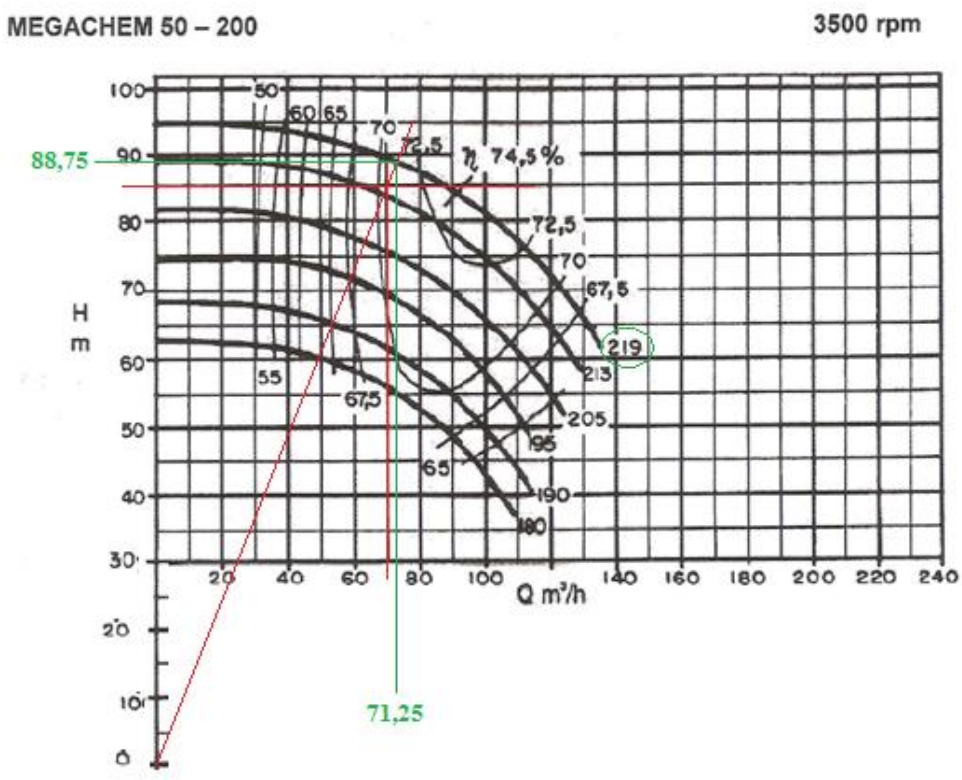
$$D_R = 219 \times \sqrt{\frac{70}{73{,}4}} \simeq 213{,}9\,mm$$

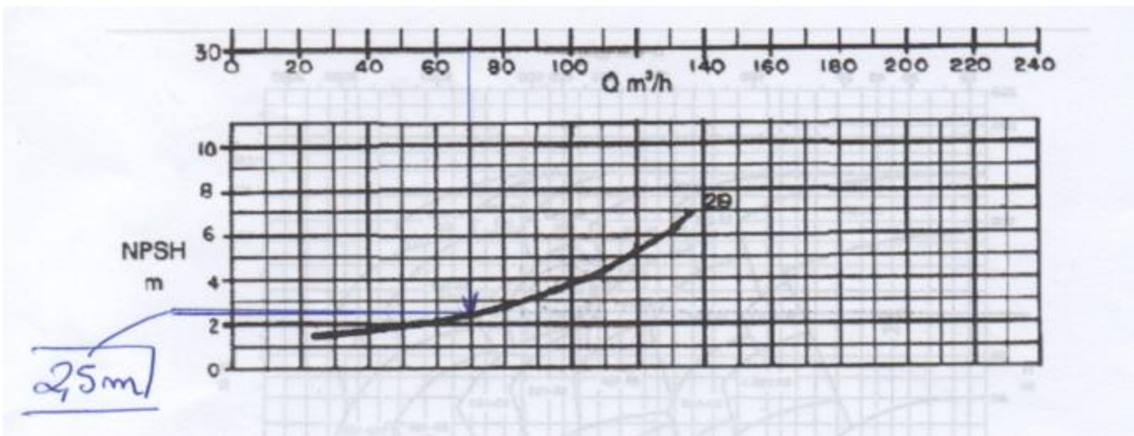
desde que tenha calculado os outros 2 (dois)

(0,5)

$$\boxed{D_R = 219 \times \sqrt{\frac{85}{88}} \simeq 215{,}2\,mm} \Leftarrow \text{este o escolhido}$$

Vide gráfico a seguir:





$$NPSHd = Z_i + \frac{p_{iabs} - p_{vapor}}{\gamma} - H_{p_{aB}}$$ (0,5)

$$NPSHd = -2{,}5 + \frac{95200 - 12262}{988 \times 9{,}8} - 5{,}8\ m = 0{,}265\ m$$

$NPSH_{Req} = 2{,}5$ m -> lido no gráfico. => (0,25)

$$NPSHd - NPSHreq = 0{,}265 - 2{,}5 = -2{,}235\ m$$

$\therefore$ ESTÁ CAVITANDO (0,25)

4ª Q $\quad H_i + H_s = H_f + H_{p_{TOTAIS}}$

$$-3 + H_s = +10 + H_{p_{4''}} + H_{p_{5''}}$$

$$\boxed{H_s = 13 + H_{p_{5''}} + H_{p_{4''}}}$$

$$H_{p_{5''}} = f_{5''} \times \frac{(7 + 54{,}80 + 4{,}70)}{0{,}1283} \times \frac{Q^2}{19{,}6 \times \left[\frac{\pi \times 0{,}1283^2}{4}\right]^2}$$

$$H_{p_{5''}} = f_{5''} \times 158216{,}7755 \times Q^2 \quad f_{5''} = 0{,}0382, \quad Q = 120\ m^3/h$$

$\boxed{H_{p_{5''}} = 6{,}72\ m}$ => (0,5)

$$H_{p_{4''}} = f_{4''} \times \frac{(40 + 3\times 2{,}18 + 45{,}70 + 42{,}65)}{0{,}1023} \times \frac{Q^2}{19{,}6 \times (82{,}1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{4''}} = f_{4''} \times 998.071{,}6859 \times Q^2$$ $f_{4''} = 0{,}0359$; $120\ m^3/h$

$$\boxed{H_{p_{4''}} \simeq 39{,}82\ m} \leftarrow (0{,}5)$$

$$H_S = H_{B\,projeto} = 13 + 6{,}72 + 39{,}82$$

$$\boxed{H_S \simeq 60\ m} \rightarrow H_{B\,projeto} \text{ e } \boxed{Q_{proj} = 120\ m^3/h}$$

(0,5)

isto para o fluido viscoso, pois $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

$\nu = \frac{0{,}1}{1530} \simeq 6{,}536 \times 10^{-5}\ \frac{m^2}{s} \simeq 65{,}4\ \frac{mm^2}{s}$, que é maior que $20\ mm^2/s$ $\therefore$ é fluido viscoso.

Pelo diagrama para fluido viscoso, temos $\boxed{C_Q \simeq 0{,}99}$ (0,125) e $\boxed{C_{H-1{,}0Q} \simeq 0{,}96}$ (0,125)

$0{,}99 = \frac{Q_v}{Q_a} \Rightarrow Q_a = \frac{120}{0{,}99} \simeq 121{,}2\ m^3/h$ (0,125)

$0{,}96 = \frac{H_{Bv}}{H_{Ba}} \Rightarrow H_{Ba} = \frac{60}{0{,}96} \simeq 62{,}5\ m$ (0,125)

resposta nos diagramas.

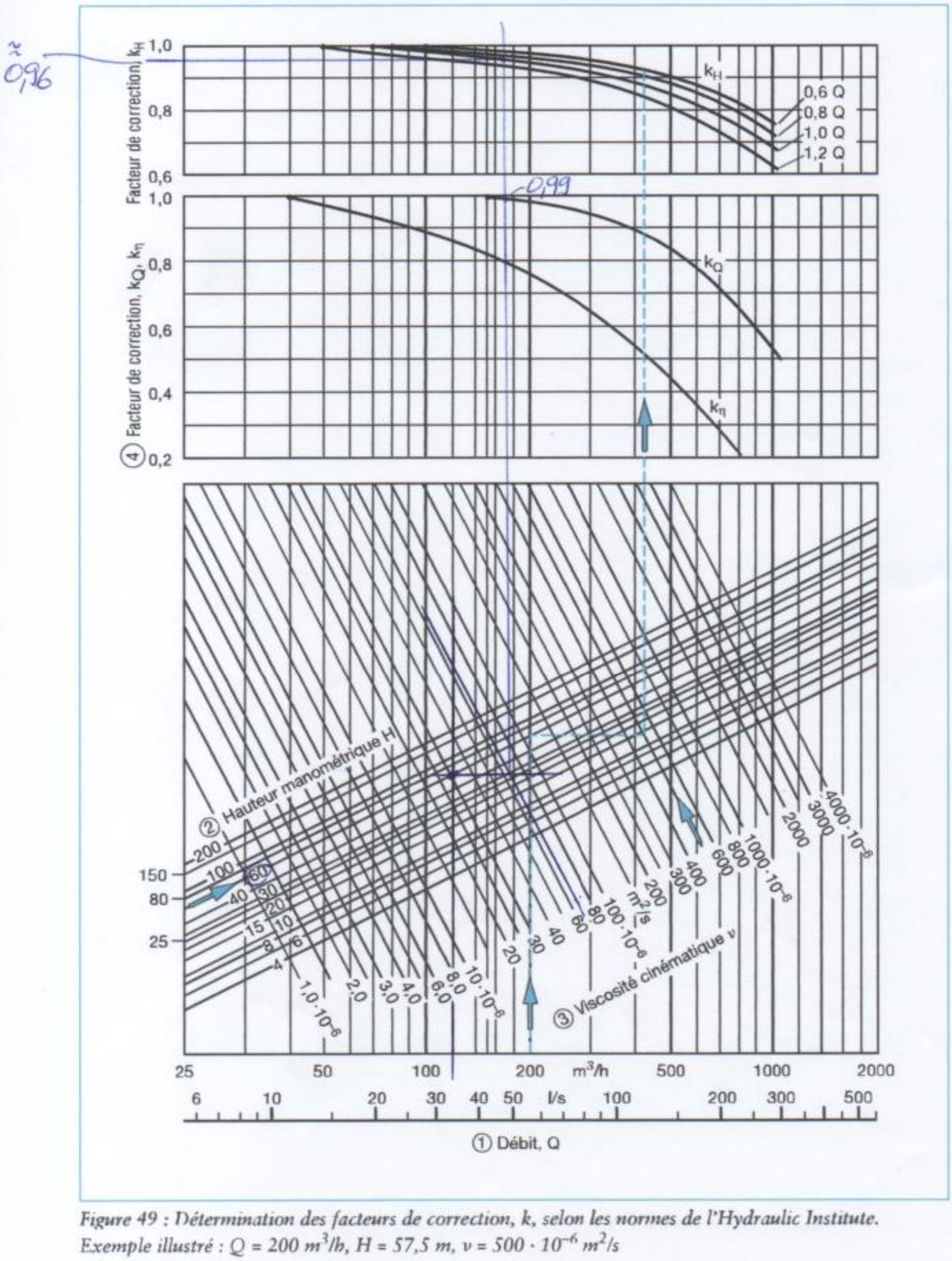
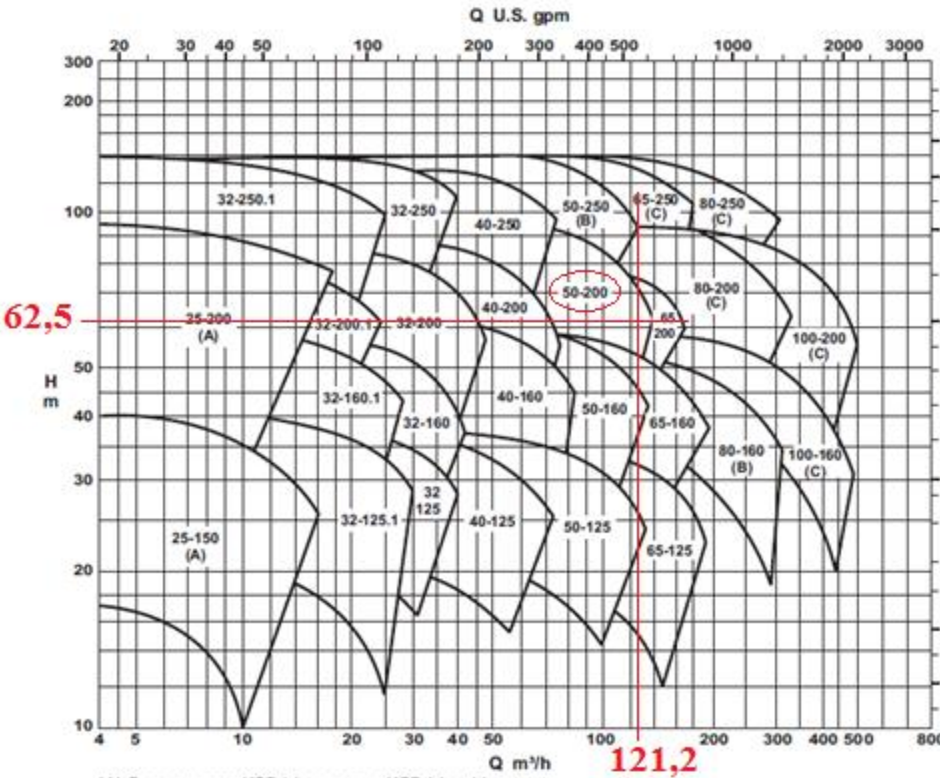


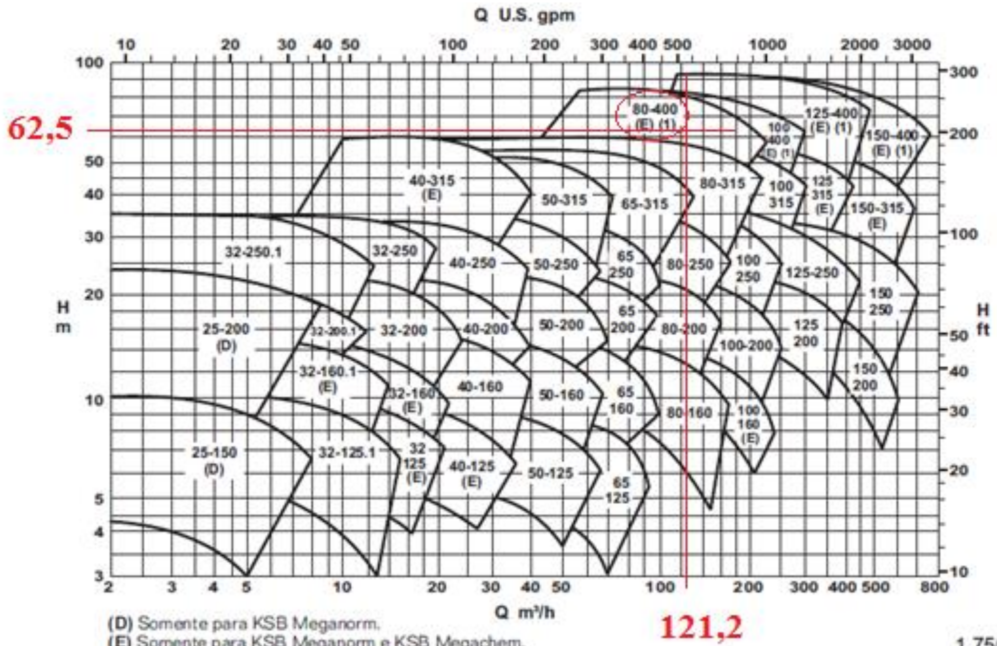
Figure 49 : Détermination des facteurs de correction, k, selon les normes de l'Hydraulic Institute.
Exemple illustré : $Q = 200\ m^3/h$, $H = 57{,}5\ m$, $\nu = 500 \cdot 10^{-6}\ m^2/s$



(A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
(B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
(C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.

3.500 rpm

Q U.S. gpm



(D) Somente para KSB Meganorm.
(E) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.
(1) Sob consulta para KSB Megachem V.

1.750 rpm

Cada bomba escolhida = 0,25