

Gabario da P3 de Mecânica dos Fluidos II para Engenharia Química

1ª Questão:

1. O nível de distribuição está pressurizado? (justifique adequadamente, ou seja se a resposta for está pressurizado, qual seria a pressão a que está submetido em kgf/m^2).

Pela representação da CCI, observa-se que a carga estática é igual a 9 metros, portanto:

$$H_{\text{estática}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \left(\frac{P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}}}{\gamma} \right) = 7 + \frac{P_{\text{final}}}{1000} = 9 \rightarrow P_{\text{final}} = 2000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

2. Qual o $\text{NPSH}_{\text{disponível}}$ para a situação descrita?

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = Z_0 + \frac{P_{\text{inicial abs}} - P_{\text{vapor}}}{\gamma} - H_{\text{p antes da bomba}}, \text{ onde o } Z_0 \text{ é obtido adotando-se o}$$

Plano Horizontal de Referência (PHR) no eixo da bomba.

Como para o exercício no cruzamento da CCI com a CCB, tem-se a vazão do ponto de trabalho igual a 8,8 litros/segundo, pode-se escrever que:

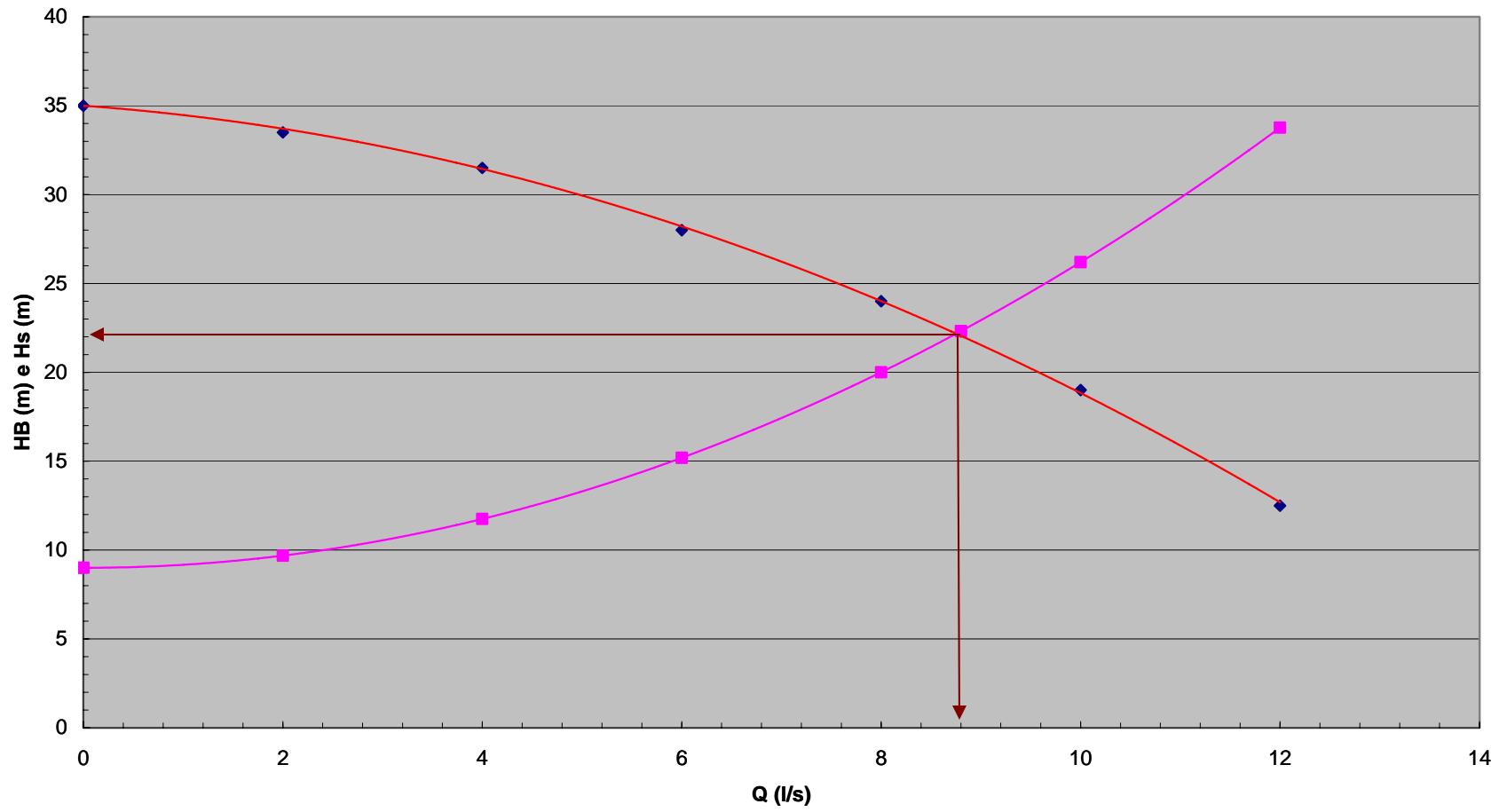
$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = -2 + \frac{0,67 \times 1000 - 586}{1000} - 62000 \times (8,8 \times 10^{-3}) \cong 1,72 \text{ (m)}$$

3. Ocorre o fenômeno de cavitação?

$$\text{Pelos dados, tem-se que: } \text{NPSH}_{\text{req}} = 0,0481 \times (8,8^2) - 0,1661 \times 8,8 + 1,0609 \cong 3,33 \text{ (m)}$$

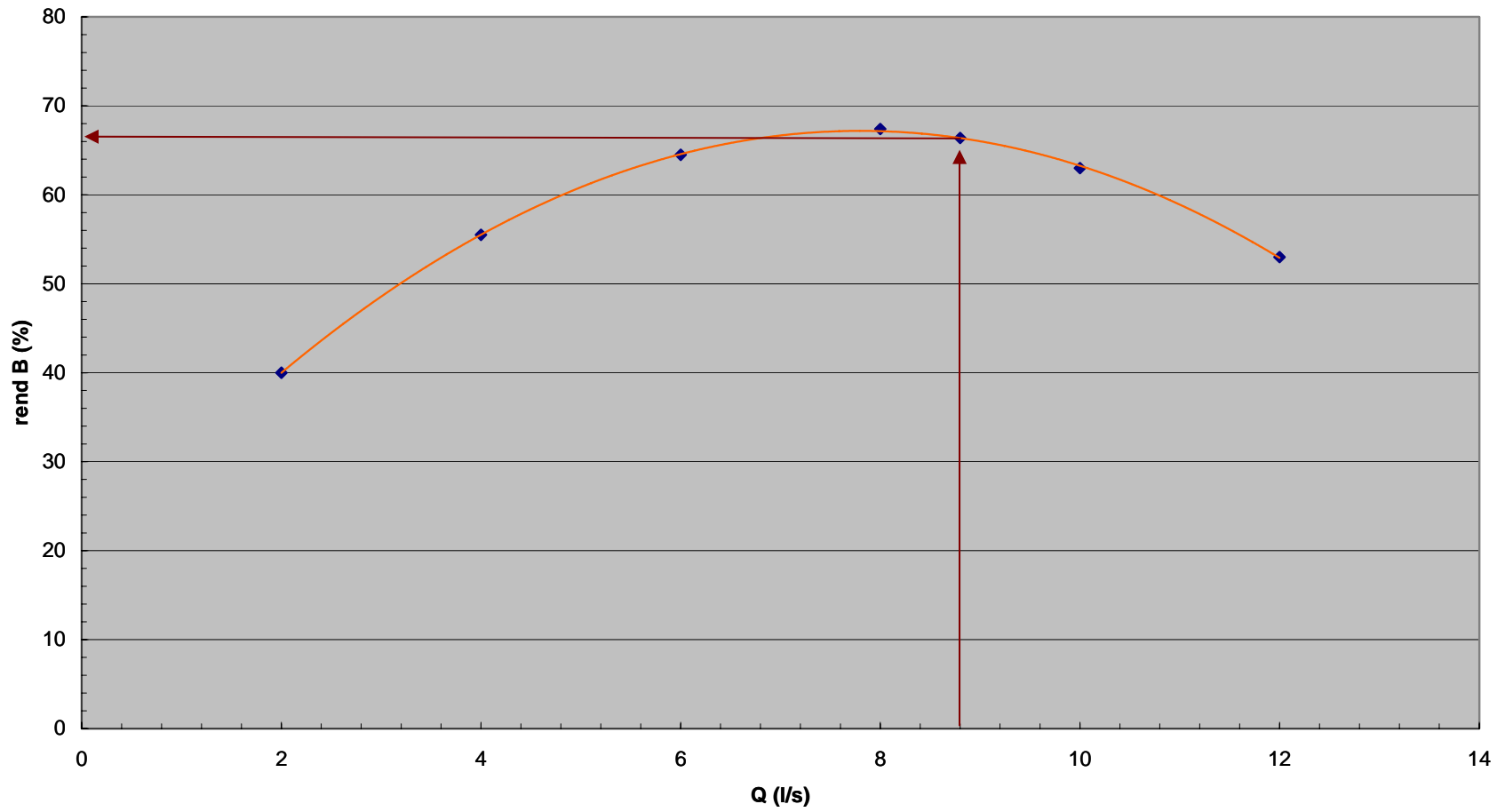
$\text{Reserva}_{\text{contra cavitação}} = \text{NPSH}_{\text{disp}} - \text{NPSH}_{\text{req}} = 1,72 - 3,33 = -1,61 \text{ (m)}$, portanto está ocorrendo o fenômeno de cavitação.

Ponto de trabalho



rendB (%)

$$y = -0,8088x^2 + 12,615x + 17,998$$
$$R^2 = 0,9997$$



Nota: a CCB anterior foi construída com os dados a seguir:

| Q (l/s) | HB (m) | η_B (%) |
|---------|--------|--------------|
| 0 | 35 | |
| 2 | 33,5 | 40 |
| 4 | 31,5 | 55,5 |
| 6 | 28 | 64,5 |
| 8 | 24 | 67,4 |
| 8,8 | 22,3 | 66,4 |
| 10 | 19 | 63 |
| 12 | 12,5 | 53 |

2ª Questão:

4. Haverá alterações nas curvas da bomba? Se houver, obtenha as novas curvas $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$.

Como a viscosidade é superior a $2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ($35 \text{ centiStokes} = 35 \cdot 10^{-6} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$), haverá a necessidade, além da correção da potência da bomba, da correção das curvas e neste caso recorre-se aos coeficientes: $C_\eta \rightarrow C_Q \rightarrow e \rightarrow C_H$, que podem ser determinado como mostrado a seguir, ou seja:

1. lê-se na curva de $H_B = f(Q)$ a vazão, a carga manométrica e o rendimento correspondente ao ponto de máxima eficiência (máximo rendimento).
2. o ponto anterior será o ponto de referência, onde a vazão irá corresponder ao ponto $1,0 \cdot Q$; a partir dela calcula-se: $0,6 \cdot Q$; $0,8 \cdot Q$ e $1,2 \cdot Q$ e para cada uma delas lê-se no gráfico do fabricante a carga manométrica e o rendimento correspondentes;
3. com as informações anteriores deve-se iniciar o preenchimento da tabela a seguir:

| | 0,6Q | 0,8Q | 1,0Q | 1,2Q |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| Q (l/s) | 4,8 | 6,4 | 8 | 9,6 |
| H _B (m) | 31 | 28 | 24 | 20 |
| η _B (%) | 59,9 | 65,6 | 67,4 | 64,6 |
| C _η | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| C _Q | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C _H | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,96 |
| Q × C _Q | 4,8 | 6,4 | 8 | 9,6 |
| H _B × C _H | 30,7 | 27,7 | 23,5 | 19,2 |
| η _B × C _η | 47,9 | 52,5 | 53,9 | 51,7 |

Os coeficientes C_Q; C_H e C_η foram determinados através do gráfico da página 6, onde:

1º - marca-se a vazão do ponto de máximo rendimento (1,0*Q) = ponto 1 (28,8 m³/h);

2º - sobe-se verticalmente até o ponto correspondente a carga manométrica ligada a 1,0*Q = ponto 2 (24 m);

3º - daí puxa-se uma horizontal até a viscosidade desejada = ponto 3 (35 cSt);

4º - em seguida sobe-se verticalmente até as curvas de correção para se tirar os valores dos coeficientes de correção: C_η ; C_Q e finalmente os quatro valores de C_H

Para obtenção das novas curvas H_B = f(Q) e h_B = f(Q) basta locar os quatro pontos da tabela anterior mais o mesmo ponto do Shutoff (H_B correspondente a Q = 0) que é considerado o mesmo tanto para o escoamento da água, como do fluido viscoso.

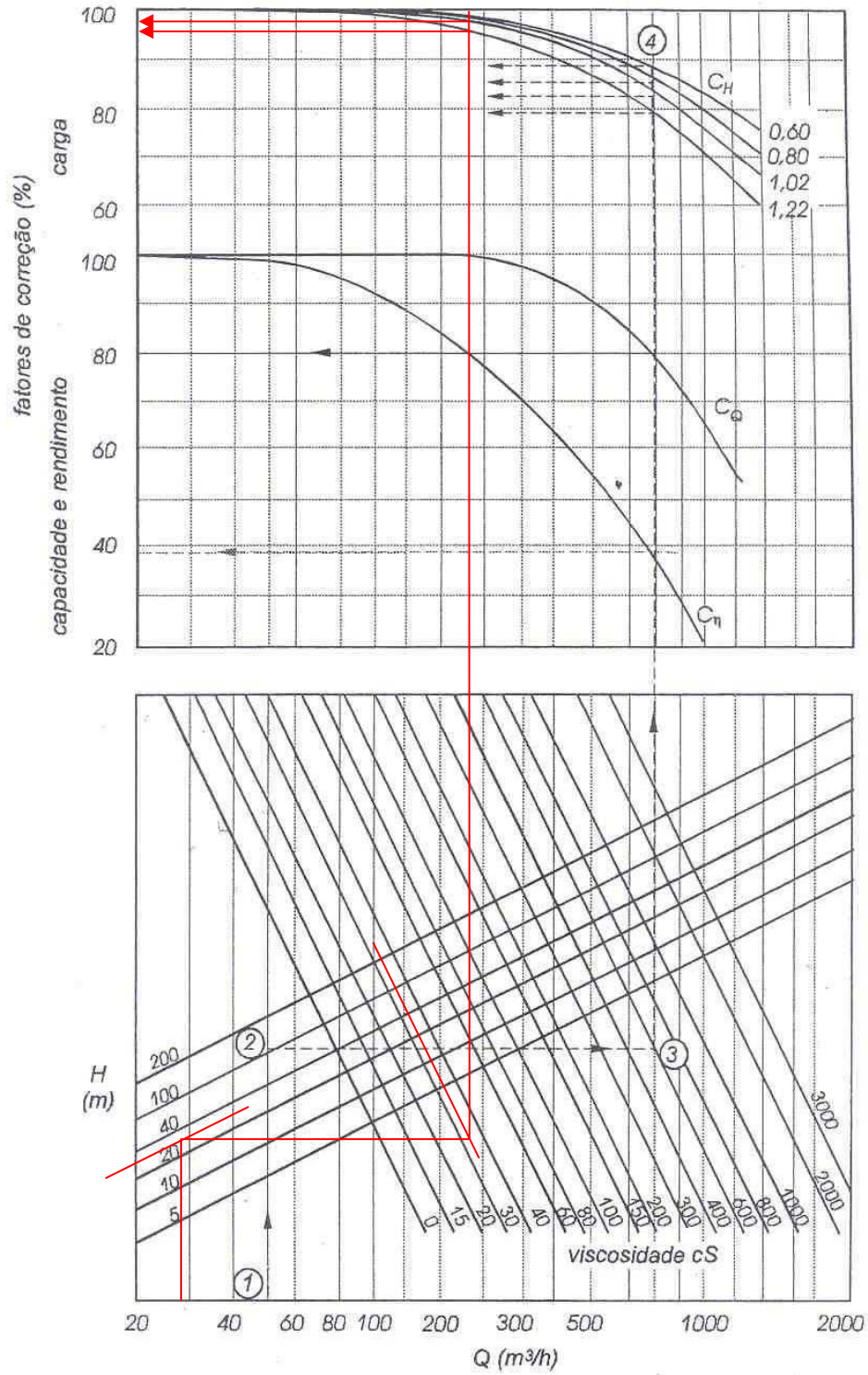


Fig. VIII-19 - Fatores de correção para líquidos muito viscosos

$$H_{\text{estática}} = (Z_{\text{final}} - Z_{\text{inicial}}) + \left(\frac{P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}}}{\gamma} \right) = 7 + \frac{2000}{950} = 9,11 \text{ (m)}$$

Por outro lado, foi dado que o termo que depende da vazão, **e que está relacionado com a perda de carga**, aumenta em 17,5%, portanto:

$$B_{\text{instalação}} = 1,175 \times 172000 = 202100 \left(\frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \right), \text{ portanto pode-se escrever a equação da}$$

Curva Característica da Instalação (CCI):

$$H_S = 9,11 + 202100 \times Q^2, \text{ com } H_S \text{ em metro e } Q \text{ em } \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \text{ o que resulta:}$$

| Q (l/s) | H _B (m) | η _B (%) | Hs' (m) |
|---------|--------------------|--------------------|---------|
| 0 | 35 | | 9,11 |
| 4,8 | 30,7 | 47,8 | 13,8 |
| 6,4 | 27,7 | 52,5 | 17,4 |
| 8 | 23,5 | 53,9 | 22 |
| 9,6 | 19,2 | 51,7 | 27,7 |

e que origina as novas curvas $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$ representadas a seguir.

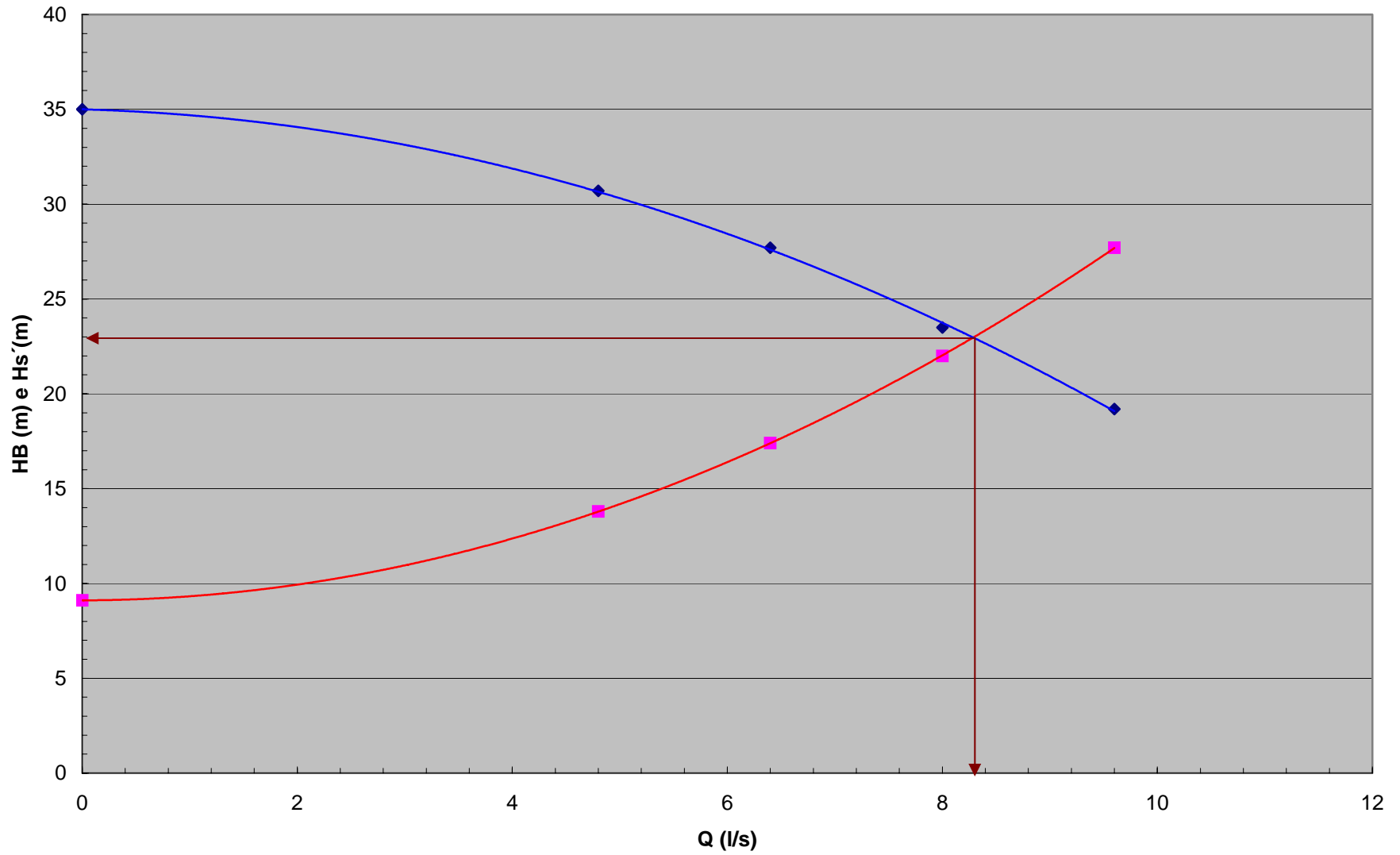
- Qual a variação da potência nominal da bomba no seu ponto de trabalho para esta nova situação?

Para responder a esta nova questão devemos obter o novo ponto de trabalho, ou seja, os valores da Q; H_B e η_B, tanto para o transporte do óleo de soja a 38^oC como d'água, como mostramos a seguir:

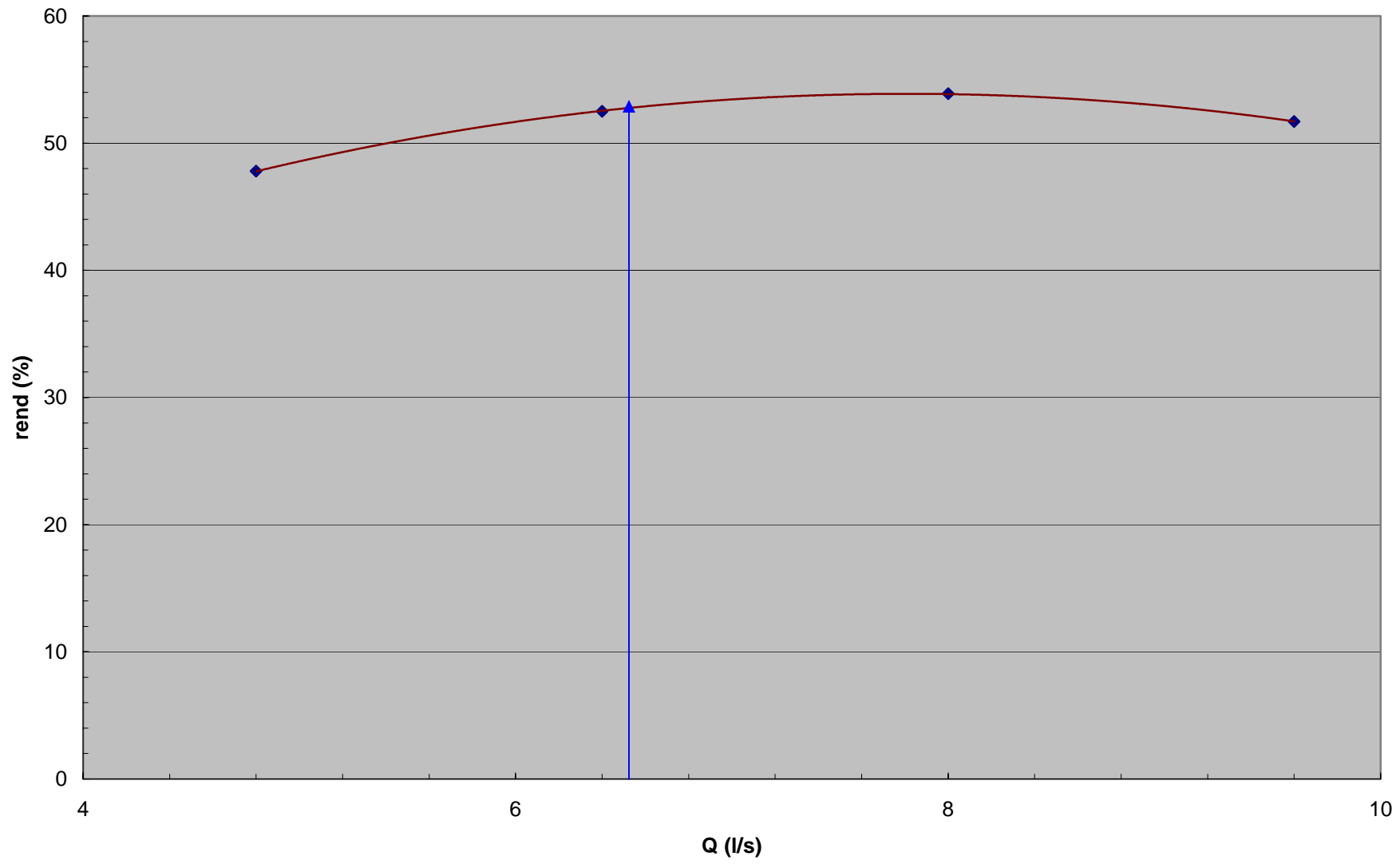
$$y = -0.1567x^2 - 0.1535x + 35$$
$$R^2 = 0.9994$$

Ponto de trabalho viscoso

$$y = 0.2001x^2 + 0.0142x + 9.11$$
$$R^2 = 1$$



Rendimento viscoso



No cruzamento da CCB com a CCI, obtemos:

$$Q_{\text{visc}} = 8,3 \frac{\text{l}}{\text{s}} \rightarrow H_{\text{Bvisc}} = 23 \text{ m} \rightarrow \eta_{\text{Bvisc}} \approx 51 \%$$

Com os valores anteriores, pode-se determinar a potência nominal da bomba para o transporte do óleo de soja a 38°C , ou seja:

$$N_{\text{Bvisc}} = \frac{\gamma Q H_{\text{B}}}{\eta_{\text{B}}} = \frac{950 \times 8,3 \times 10^{-3} \times 23}{75 \times 0,51} \cong 4,74 \text{ CV}$$

Já para a água o ponto de trabalho é obtido na primeira questão, onde temos:

$$Q_{\text{água}} = 8,8 \frac{\text{l}}{\text{s}} \rightarrow H_{\text{Bvisc}} = 22,3 \text{ m} \rightarrow \eta_{\text{Bvisc}} \approx 66,4 \%, \text{ o que permite determinar a potência}$$

nominal para o transporte d'água:

$$N_{\text{Bágua}} = \frac{\gamma Q H_{\text{B}}}{\eta_{\text{B}}} = \frac{1000 \times 8,8 \times 10^{-3} \times 22,3}{75 \times 0,664} \cong 3,94 \text{ CV}$$

Conclusão para transportar o óleo de soja há a necessidade de um aumento da potência nominal da bomba, que no caso foi de 16,9%.