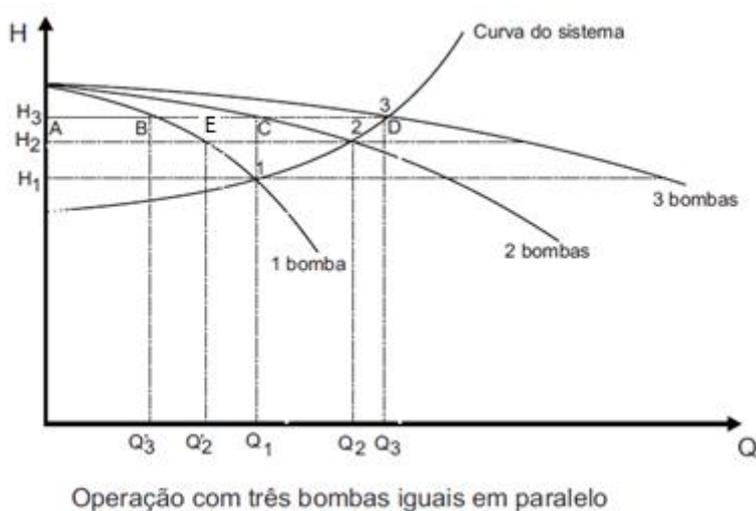


Primeira parte da P2 de ME5330 – turma B

1ª Questão: o gráfico a seguir representa a associação em paralelo de duas ou três bombas hidráulicas iguais. Pode-se observar que a variação da CCI para o funcionamento das bombas isoladas e das bombas associadas em paralelo praticamente é a mesma, para esta situação:

- especifique o significado da variável Q_1 ; (valor – 0,25)
- especifique o significado de cada uma das variáveis Q_2 e Q_3 ; (valor – 0,25)
- explique detalhadamente a determinação do rendimento da associação de duas e três bombas em paralelo. (valor – 0,25)



2ª Questão: A água é bombeada entre dois reservatórios em uma tubulação com as seguintes características: $D_{int} = 300$ mm, $L = 100$ m, $f = 0,022$ e $\Sigma K_S = 2,5$. A curva característica da bomba centrífuga de fluxo radial é dada pela equação: $H_B = 23,9 + 10,7 \times Q - 114 \times Q^2$, onde a carga manométrica é obtida em metro quando a vazão entra em m^3/s . Sabendo que existem na casa de máquina duas bombas idênticas que podem operar isoladamente, em paralelo e em série, estime a potência de cada bomba em funcionamento para as seguintes situações:

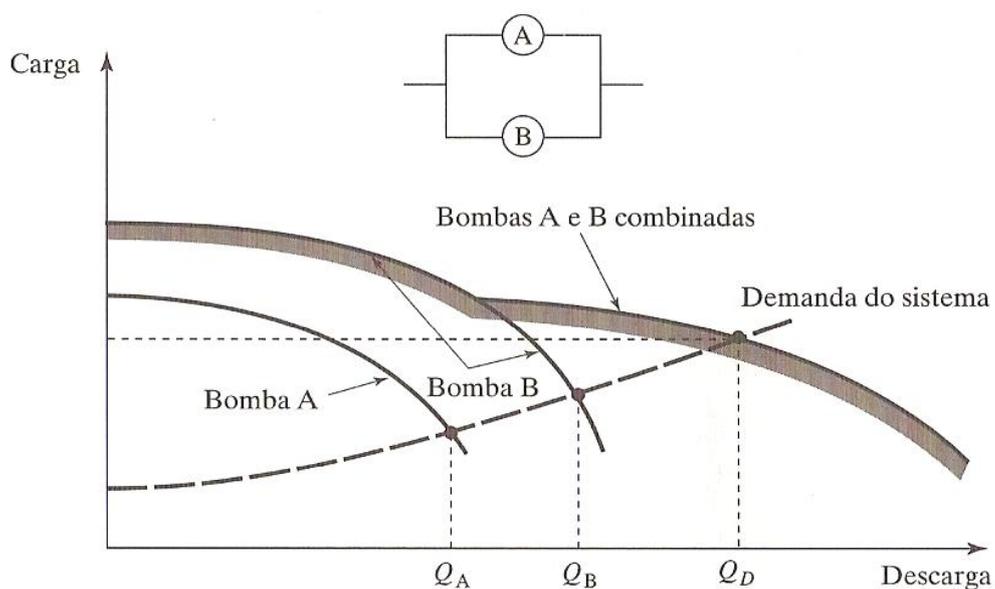
- a carga estática da instalação é igual a 16,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com uma única bomba; (valor – 1,0)
- a carga estática da instalação é igual a 16,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com a associação em paralelo de duas bombas idênticas; (valor 1,5)
- a carga estática da instalação é igual a 28,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e você deve viabilizar esta situação. (valor – 1,5)

Dados: $\eta_B = 59,642 + 60,52 \times Q - 39,3 \times Q^2$ com η_B em % e a Q em m^3/s ;

$\rho_{\text{água}} = 998 \frac{kg}{m^3}$ e que a CCI permanece praticamente a mesma para

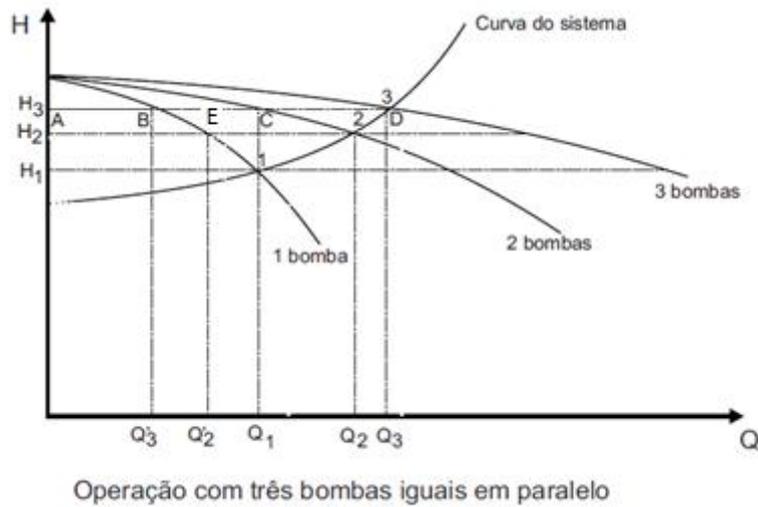
todas as possibilidades de funcionamento das bombas com exceção da carga estática.

3ª Questão: Na última experiência ocorreu um fato interessante, em uma das linhas de dados observou-se que uma das bombas não estava funcionando ($Q < 0$), identifique a região do gráfico que representa essa situação. (valor – 0,25)



Solução

1ª Questão:



- Q_1 – é a vazão do ponto de trabalho no funcionamento de uma única bomba. (valor 0,25)
- Q_2 – é a vazão do ponto de trabalho no funcionamento de duas bombas em paralelo; (valor 0,125) e Q_3 – é a vazão do ponto de trabalho no funcionamento de três bombas em paralelo. (valor 0,125)
- Tanto para a associação de duas como de três bombas em paralelo, como elas são idênticas, o rendimento da associação é igual ao rendimento da bomba, no caso de duas em paralelo lido no ponto E, já no caso de três, lido no ponto B. (valor 0,25)

2ª Questão:

- para as condições impostas, obtemos a equação da CCI:

$$H_S = H_{\text{estática}} + H_{P_{\text{total}}} = 16,5 + \left(0,022 \times \frac{100}{0,3} + 2,5 \right) \times \frac{Q^2}{19,6 \times \left(\frac{\pi \times 0,3^2}{4} \right)^2}$$

$$H_S = 16,5 + 100,42 \times Q^2$$

(valor 0,25)

Como nas equações da CCI e CCB as grandezas são definidas no mesmo sistema de unidade, temos no ponto de trabalho que:

$$H_B = H_S \therefore 23,9 + 10,7 \times Q - 114 \times Q^2 = 16,5 + 100,42 \times Q^2$$

$$214,42 \times Q^2 - 10,7 \times Q - 7,4 = 0 \quad (\text{valor } 0,125)$$

$$Q_\tau = \frac{10,7 + \sqrt{10,7^2 + 4 \times 214,42 \times 7,4}}{2 \times 214,42} \cong 0,213 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Com a vazão do ponto de trabalho definida, podemos calcular para o mesmo a carga manométrica e o rendimento:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,213 - 39,3 \times 0,213^2 \cong 70,8\% \quad (\text{valor } 0,25)$$

$$H_B = 23,9 + 10,7 \times 0,213 - 114 \times 0,213^2 \cong 21,0\text{m} \quad (\text{valor } 0,125)$$

$$N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,213 \times 21}{0,708} \cong 61790,6\text{W} \approx 61,8\text{kW} \quad (\text{valor } 0,25)$$

b. para a associação em paralelo das bombas, temos a alteração da equação da

CCB: $H_{B_{ap}} = 23,9 + 10,7 \times \frac{Q}{2} - 114 \times \left(\frac{Q}{2}\right)^2 = 23,9 + 5,35 \times Q - 28,5 \times Q^2$ (valor 0,50)

Como não há alteração na CCI, no ponto de trabalho temos:

$$H_{B_{ap}} = H_S \therefore 23,9 + 5,35 \times Q - 28,5 \times Q^2 = 16,5 + 100,42 \times Q^2$$

$$128,92 \times Q^2 - 5,35 \times Q - 7,4 = 0 \quad (\text{valor } 0,25)$$

$$Q_{ap\tau} = \frac{5,35 + \sqrt{5,35^2 + 4 \times 128,92 \times 7,4}}{2 \times 128,92} \cong 0,262 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Como as bombas são iguais cada uma irá contribuir com uma vazão de $\frac{0,262}{2} = 0,131 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ e é com esta vazão que iremos ler o rendimento, ou seja:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,131 - 39,3 \times 0,131^2 \cong 66,9\% \quad (0,25)$$

Já a carga manométrica será:

$$H_{B_\tau} = 23,9 + 5,35 \times 0,262 - 28,5 \times 0,262^2 \cong 23,4\text{m}$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,131 \times 23,4}{0,669} \cong 44814,4\text{W} \approx 44,9\text{kW} \quad (0,50)$$

c. como a carga estática (28,5 m) é maior que a carga manométrica para a vazão nula (ponto de shut-off = 23,9m) já concluímos que uma bomba só não conseguirá bombear o fluido, portanto para tentar viabilizar este escoamento propomos a associação em série das bombas e isto origina:

$$H_{B_{as}} = 2 \times (23,9 + 10,7 \times Q - 114 \times Q^2) = 47,8 + 21,4 \times Q - 228 \times Q^2 \quad (0,50)$$

Já a CCI para esta situação será: $H_S = 28,5 + 100,42 \times Q^2$, portanto no ponto de trabalho temos:

$$H_{B_{as}} = H_S \therefore 47,8 + 21,4 \times Q - 228 \times Q^2 = 28,5 + 100,42 \times Q^2$$

$$328,42 \times Q^2 - 21,4 \times Q - 19,3 = 0 \Rightarrow Q_{as_\tau} = \frac{21,4 + \sqrt{21,4^2 + 4 \times 328,42 \times 19,3}}{2 \times 328,42}$$

$$\therefore Q_{as_\tau} \cong 0,277 \frac{m^3}{s}$$

(0,25)

Para a associação em série nós sabemos que a vazão é constante, portanto:

$H_{B_{as}} = 47,8 + 21,4 \times 0,277 - 232 \times 0,277^2 \cong 36,3m$, portanto cada bomba contribuirá com $H_B = \frac{36,3}{2} = 18,15m \Rightarrow N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,277 \times 18,15}{\eta_B}$, onde podemos determinar o rendimento:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,277 - 39,3 \times 0,277^2 \cong 73,4\%$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,277 \times 18,15}{0,734} \cong 66991,1W \approx 67kW \quad (0,75)$$

3ª Questão: Seria na região I especificada, isto porque na mesma só existe a atuação da bomba (2). (0,25)

