

Gabarito da P2 de EG 522 – Segundo semestre de 2004 – turma B

1ª Questão: O ponto de trabalho é obtido no cruzamento da CCI com a CCB, portanto:

$$0,0115Q_a^2 + 1e^{-14}Q_a + 56 = -0,0019Q_a^2 + 0,1069Q_a + 155$$

$$\therefore 0,0134Q_a^2 - 0,1069Q_a - 99 = 0$$

$$Q_a = \frac{0,1069 + \sqrt{(-0,1069)^2 + 4 \times 0,0134 \times 99}}{2 \times 0,0134}$$

$$\therefore Q_a \cong 90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cong 0,025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 25 \frac{\text{l}}{\text{s}} \Rightarrow (0,25)$$

$$H_{B_a} = 0,0115 \times 90^2 + 1e^{-14} \times 90 + 56 \cong 149,2 \text{ m} \Rightarrow (0,25)$$

Por outro lado, sabe-se que:

$$N_{B_a} = N_{B_{65-20}} + N_{B_{80-20}} = \frac{\gamma \times Q_{65-20} \times H_{B_{65-20}}}{75 \times \eta_{B_{65-20}}} + \frac{\gamma \times Q_{80-20} \times H_{B_{80-20}}}{75 \times \eta_{B_{80-20}}}$$

Como tem-se uma associação em série de bombas, pode-se escrever que:

$$Q_a = Q_{65-20} = Q_{80-20} = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\therefore \text{para } 65-20 \Rightarrow Q_{65-20} = 90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow H_{B_{65-20}} = 80\text{m} \cdot (0,25) \cdot e \cdot \eta_{B_{65-20}} = 75\% \cdot (0,25)$$

$$\therefore \text{para } 80-20 \Rightarrow H_{B_{80-20}} = -0,0006 \times 90^2 + 0,0587 \times 90 + 69 \cong 69,4\text{m} \cdot (0,25)$$

$$\eta_{B_{80-20}} = -0,0026 \times 90^2 + 0,833 \times 90 + 15,558 \cong 69,5\% \Rightarrow (0,25)$$

$$N_{B_a} = \frac{10^3 \times \frac{90}{3600} \times 80}{0,75 \times 75} + \frac{10^3 \times \frac{90}{3600} \times 69,4}{0,695 \times 75} \cong 68,9\text{CV} \Rightarrow (0,50)$$

2ª Questão: Para obter a classificação da bomba pela rotação específica (n_q), consideramos que:

$$n_q = \frac{n \times \sqrt{Q}}{H_B^{3/4}} \Rightarrow \text{onde :}$$

$Q \Rightarrow$ vazão em $\frac{m^3}{s}$ e $H_B \Rightarrow$ em m e ambos obtidos para o ponto de projeto, ou seja, para o ponto de rendimento máximo, portanto :

$$Q = 400 \frac{m^3}{h} = \frac{400}{3600} \frac{m^3}{s} \text{ e } H_B = 103m$$

$$\therefore n_q = \frac{1750 \times \sqrt{\frac{400}{3600}}}{103^{3/4}} \cong 18,04 \text{rpm}$$

Como $10 < n_q < 40$ pode-se afirmar se tratar de uma bomba centrífuga radial ou pura $\rightarrow (0,50)$

Para continuar a solução desta questão, evoca-se as condições de semelhança, ou seja:

$$\psi_{1750} = \psi_{1160} \Rightarrow \frac{H_{B1750}}{H_{B1160}} = \left(\frac{n_{1750}}{n_{1160}} \right)^2 \times \left(\frac{D_{r1750}}{D_{r1160}} \right)^2$$

$$\phi_{1750} = \phi_{1160} \Rightarrow \frac{Q_{1750}}{Q_{1160}} = \frac{n_{1750}}{n_{1160}} \times \left(\frac{D_{r1750}}{D_{r1160}} \right)^3$$

$$\eta_{B1160} = 1 - (1 - \eta_{B1750}) \times \left(\frac{n_{1750}}{n_{1160}} \right)^{0,1}$$

Para o nosso caso, onde utilizamos um variador de frequência e onde o diâmetro do rotor é mantido constante, tem-se:

$$\psi_{1750} = \psi_{1160} \Rightarrow \frac{H_{B1750}}{H_{B1160}} = \left(\frac{1750}{1160}\right)^2 \therefore H_{B1160} = H_{B1750} \times \left(\frac{1160}{1750}\right)^2$$

$$\phi_{1750} = \phi_{1160} \Rightarrow \frac{Q_{1750}}{Q_{1160}} = \frac{1750}{1160} \therefore Q_{1160} = Q_{1750} \times \frac{1160}{1750}$$

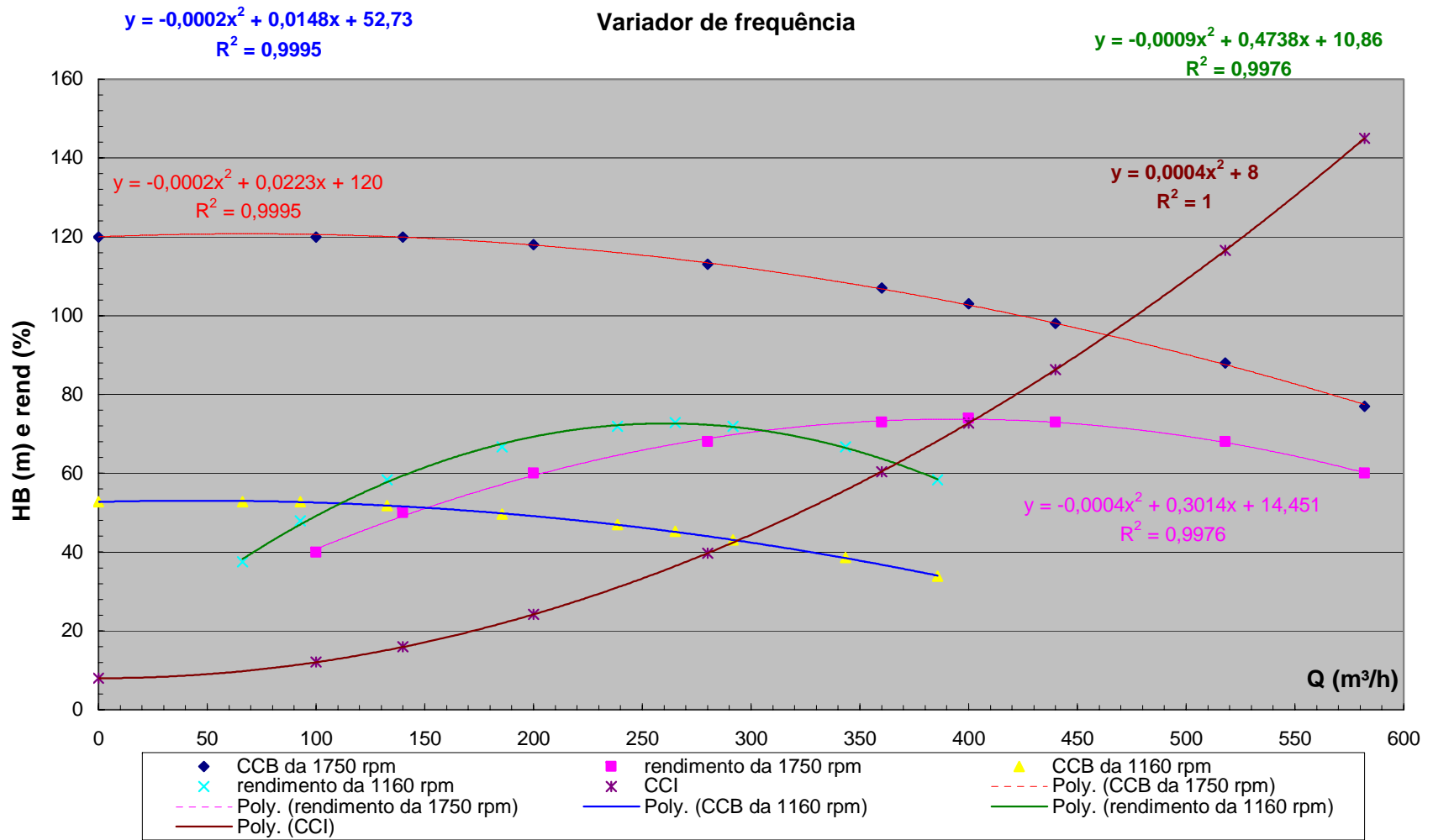
$$\eta_{B1160} = 1 - (1 - \eta_{B1750}) \times \left(\frac{1750}{1160}\right)^{0,1}$$

Com as condições anteriores pode-se obter a tabela que dará origem as CCBs da bomba de 1160 rpm;

Qp (m³/h)	HBp (m)	ηBp (%)	
0	52,73		
66,3	52,73	37,5	
92,8	52,73	47,9	
132,6	51,85	58,3	
185,6	49,65	66,7	
238,6	47,01	71,9	
265,1	45,26	72,9	
291,7	43,06	71,9	→ respostas
343,4	38,67	66,7	
385,8	33,83	58,3	

A partir da representação gráfica da tabela anterior pode-se obter o novo ponto de trabalho, o qual será originado pelo cruzamento da CCI com as CCB da bomba de 1160 rpm, que lendo os gráficos origina aproximadamente:

$$Q_{1160} \cong 291,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}(0,50) \Rightarrow H_{B1160} \cong 43,06\text{m}(0,50) \Rightarrow \eta_{B1160} \cong 71,9\%(0,50)$$



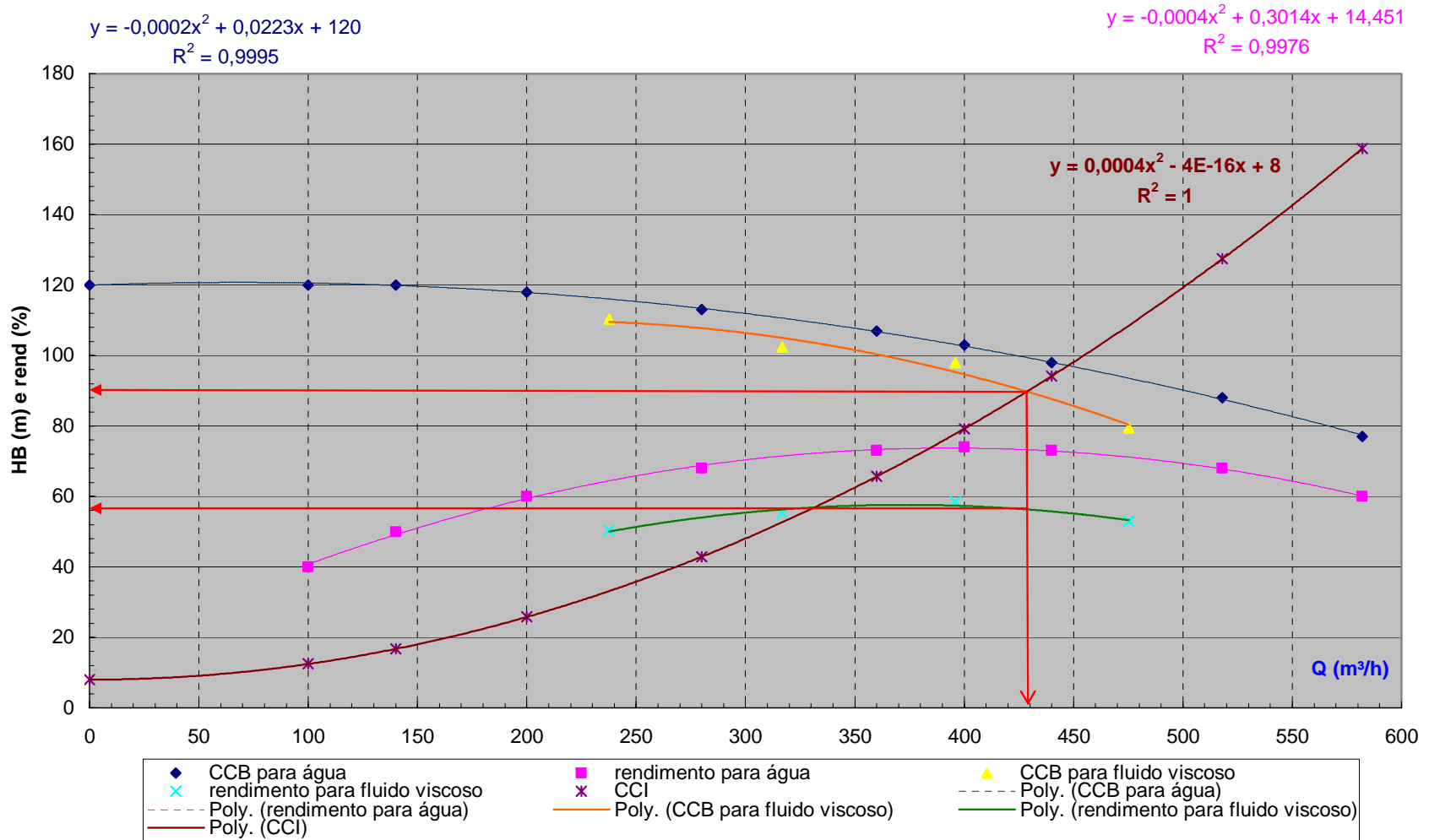
3ª Questão: A primeira decisão a ser tomada é se haverá necessidade de correção das CCBs, ou não, para tal deve-se comparar a viscosidade cinemática com $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, se a viscosidade for maior deve-se corrigir, caso seja menor, ou igual, não haverá a necessidade de corrigir as CCBs.

Para esta questão a viscosidade cinemática é igual a 20 graus Engler, que corresponde a 152 centistoke = $152 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 15,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, portanto haverá necessidade da correção e para tal deve-se ter a tabela a seguir, onde o seu preenchimento inicia-se com a leitura de $1,0 \times Q$ que corresponde ao ponto de rendimento máximo:

Q (m ³ /h)	HB (m)	η_B (%)	Para completar a tabela recorre-se as equações da linha de tendência:
0	120		
100	120	40	
140	120	50	
200	118	60	$H_B = -0,0002Q^2 + 0,0223Q + 120$
280	113	68	
360	107	73	
400	103	74	$\eta_B = -0,0004Q^2 + 0,3014Q + 14,451$
440	98	73	
518	88	68	Ou então, recorre-se a leitura das CCBs
582	77	60	

	0,6xQ (água)	0,8xQ (água)	1,0xQ (água)	1,2xQ (água)
Vazão (água)	240 m³/h	320 m³/h	400 m³/h	480 m³/h
H_B (água)	113.8 m	106.7 m	103 m	84.6 m
η_B (água)	63.8 %	69.9 %	74 %	67 %
Viscosidade	10⁰ Engler	10⁰ Engler	10⁰ Engler	10⁰ Engler
C_{η}	0.79	0.79	0.79	0.79
C_Q	0.99	0.99	0.99	0.99
C_H	0.97	0.96	0.95	0.94
Vazão (fluido)	237.6 m³/h	316.8 m³/h	396 m³/h	475.2 m³/h
H_B (fluido)	110.4 m	102.4 m	97.9 m	79.5 m
η_B (fluido)	50.4 %	55.2 %	58.5 %	52.9 %

Escoamento viscoso



No cruzamento da CCI com a nova CCB, obtém-se: $Q_{\tau} \cong 429 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$; $\eta_{B_{\tau}} \cong 56\%$ e $H_{B_{\tau}} \cong 90\text{m}$