

Gabarito da terceira questão da segunda parte da P1 de ME5330 – Turma  
B\_B1\_B11\_B12

Uma instalação de bombeamento operando com a vazão máxima apresenta as singularidades especificadas na tabela 1. Sabendo que o fluido bombeado é a água a  $t^{\circ}\text{C}$  e que foi projetada para uma única tubulação de aço ( $K = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$ ) de espessura 40 com diâmetro nominal igual a 3", pede-se determinar o novo comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia da Mipel quando a mesma foi parcialmente fechada para propiciar uma redução da vazão em  $x\%$ . (Valor – 1,0)

Singularidade	Saída normal	3 válvulas gaveta da Mipel	9 joelhos fêmeas de $90^{\circ}$	2 têes de saída lateral	Válvula globo reta sem guia
Leq (m)	1,1	3 x 1,03	9 x 2,83	2 x 4,11	25,90

**Dados:**

$$\text{CCB} \rightarrow H_B = -0,0061 \times Q^2 + 0,0692 \times Q + 38,5 \rightarrow [H_B] = m \text{ e } [Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{CCI} \rightarrow H_S = -16 + 2242,4 \times Q^2 + f_{3''} \times 5124058,9 \times Q^2 \rightarrow [H_S] = m \text{ e } [Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Turma	Temperatura do fluido ( $^{\circ}\text{C}$ )	Redução de $x\%$ da vazão
B	20	30
B1	28	45
B11	18	25
B12	30	35

## Gabarito turma B

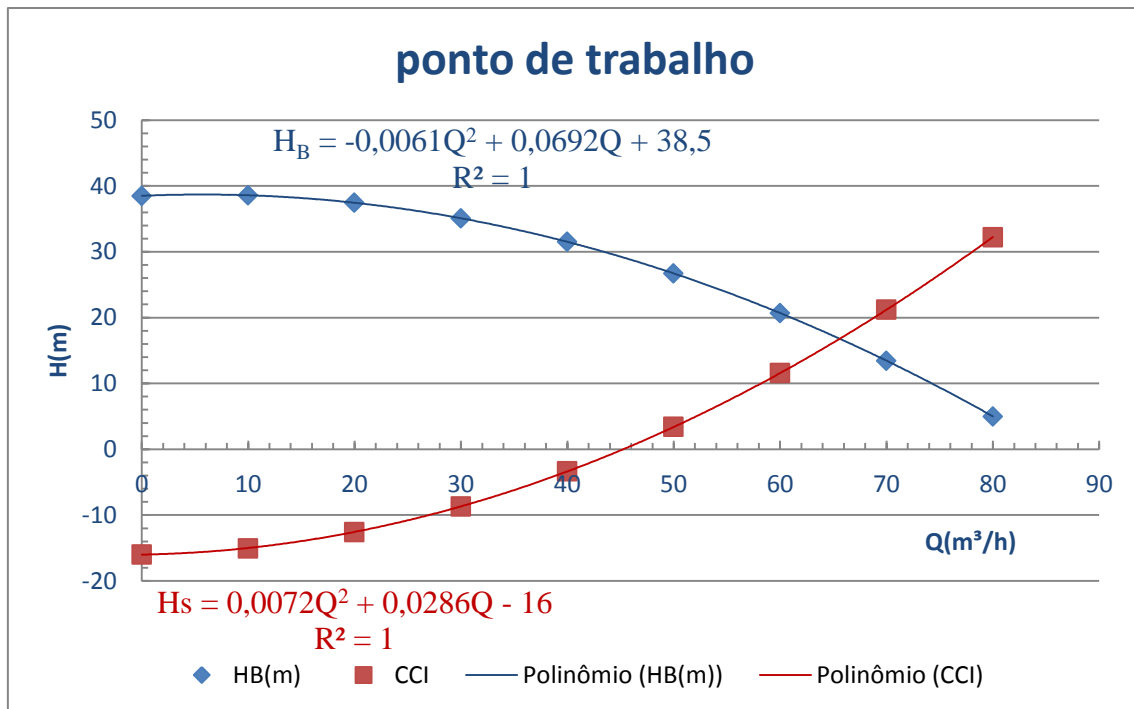
- Determinação da equação da linha de tendência da CCI, para isto deve-se atribuir vazões para o cálculo de  $H_s$ , onde se devem adotar vazões que propiciem o ponto de trabalho, ou seja, o cruzamento da CCB com a CCI.

Para a determinação anterior é importante se ter os dados fornecidos:

$$\text{fluido} \rightarrow \text{água a } 20^0\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \mu = 10^{-3} \text{Pa} \times \text{s} \\ \nu = 1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \end{array} \right.$$

$$\text{tubulação} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{aço}} = 4,6 \times 10^{-5} \text{m} \\ \text{aço 40} \rightarrow D_N = 3'' \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 77,9 \text{mm} \\ A = 47,7 \text{cm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Q(m <sup>3</sup> /h)	HB(m)	f <sub>3"</sub>	Hs(m)
0	38,5	0	-16
10	38,6	0,0233	-15,1
20	37,4	0,0211	-12,6
30	35,1	0,0201	-8,7
40	31,5	0,0196	-3,3
50	26,7	0,0192	3,4
60	20,7	0,0190	11,6
70	13,5	0,0188	21,2
80	5,0	0,0186	32,2



$$-0,0061Q^2 + 0,0692Q + 38,5 = 0,0072Q^2 + 0,0286Q - 16$$

$$0,0133Q^2 - 0,0406Q - 54,5 = 0$$

$$Q_\tau = \frac{0,0406 + \sqrt{0,0406^2 + 4 \times 0,0133 \times 54,5}}{2 \times 0,0133} \cong 65,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,2)$$

$$Q_{\text{nova}} = 0,7 \times 65,6 = 45,92 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,1)$$

Para esta nova vazão determina-se o novo coeficiente de perda de carga distribuída e o pela equação da linha de tendência da CCB, que não muda, a nova carga manométrica, que pertence ao novo ponto de trabalho:

$$Q_{\text{nova}} = 45,92 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \{f_{3''} = 0,0193 \rightarrow (0,1)\}$$

$$H_{B_{\text{novo}}} = H_{S_{\text{novo}}} = -0,0061 \times 45,92^2 + 0,0692 \times 45,92 + 38,5 \cong 28,82\text{m} \rightarrow (0,2)$$

Pelas condições da questão sabemos que a CCI para esta nova vazão seria:

$$H_S = 28,82 = -16 + 2242 \times \left(\frac{45,92}{3600}\right)^2 + 0,0193 \times B_{\text{inst}} \times \left(\frac{45,92}{3600}\right)^2$$

$$\therefore B_{\text{inst}} \cong 14156851,29 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \rightarrow (0,1)$$

$$B_{\text{inst}} = \left(\frac{L + \sum L_{\text{eq}}}{D_H}\right) \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

Portanto, devemos retomar a primeira situação, para a vazão máxima para a determinação do comprimento total da tubulação, o qual não muda de uma situação para a outra:

$$\left( \frac{L + 63,78}{0,0779} \right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 5124058,9 \therefore L \cong 114,23\text{m} \rightarrow (0,1)$$

Determinado o comprimento da tubulação, retomamos a nova situação para a determinação do comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia da Mipel parcialmente fechada, lembrando que os demais comprimentos equivalentes permanecem inalterados:

$$\left( \frac{114,23 + 37,88 + L_{\text{eqVGp.fechada}}}{0,0779} \right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 14156851,29$$

$$L_{\text{eqVGp.fechada}} \cong 339,7\text{m} \rightarrow (0,2)$$

### Gabarito turma B1

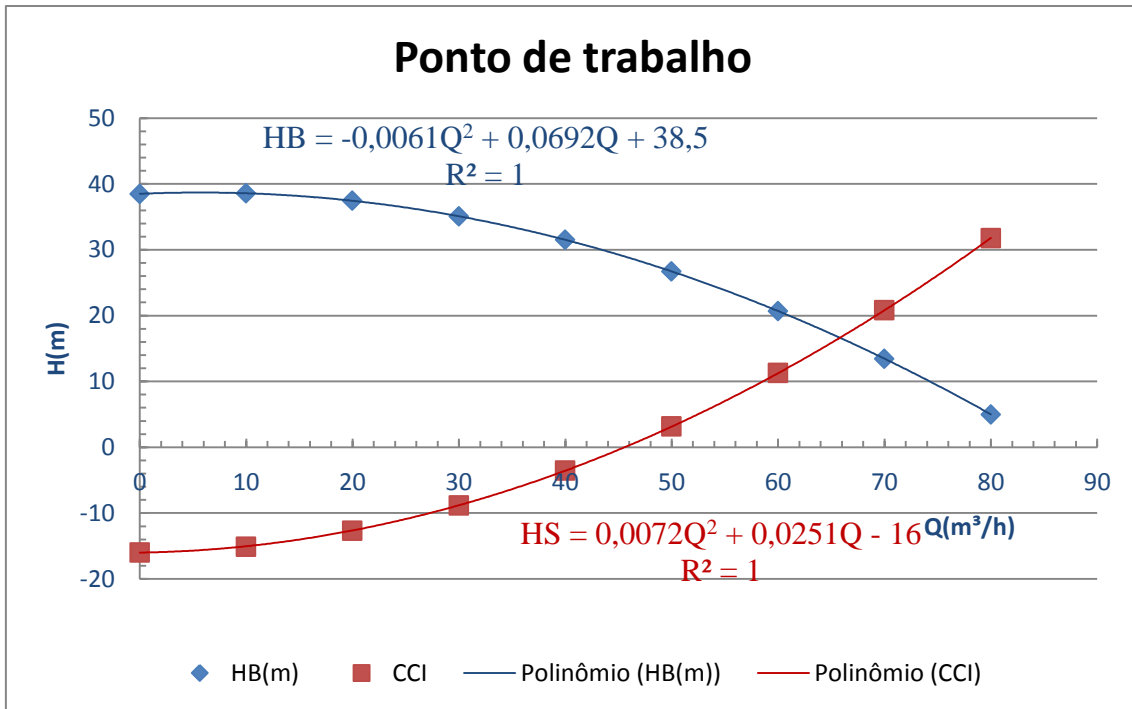
- Determinação da equação da linha de tendência da CCI, para isto deve-se atribuir vazões para o cálculo de  $H_s$ , onde se devem adotar vazões que propiciem o ponto de trabalho, ou seja, o cruzamento da CCB com a CCI.

Para a determinação anterior é importante se ter os dados fornecidos:

$$\text{fluido} \rightarrow \text{água a } 28^{\circ}\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho = 996,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \mu = 8,32 \times 10^{-4} \text{ Pa} \times \text{s} \\ \nu = 8,35 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \end{array} \right.$$

$$\text{tubulação} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{aço}} = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ \text{aço 40} \rightarrow D_N = 3'' \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 77,9 \text{ mm} \\ A = 47,7 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Q(m <sup>3</sup> /h)	HB(m)	f <sub>3"</sub>	Hs(m)
0	38,5	0	-16
10	38,6	0,0226	-15,1
20	37,4	0,0206	-12,7
30	35,1	0,0197	-8,8
40	31,5	0,0193	-3,5
50	26,7	0,0190	3,2
60	20,7	0,0187	11,3
70	13,5	0,0186	20,8
80	5,0	0,0184	31,8



$$-0,0061Q^2 + 0,0692Q + 38,5 = 0,0072Q^2 + 0,0251Q - 16$$

$$0,0133Q^2 - 0,0441Q - 54,5 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,0441 + \sqrt{0,0441^2 + 4 \times 0,0133 \times 54,5}}{2 \times 0,0133} \cong 65,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,2)$$

$$Q_{\text{nova}} = 0,55 \times 65,7 = 36,135 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,1)$$

Para esta nova vazão determina-se o novo coeficiente de perda de carga distribuída e o pela equação da linha de tendência da CCB, que não muda, a nova carga manométrica, que pertence ao novo ponto de trabalho:

$$Q_{\text{nova}} = 36,135 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \{f_{3''} = 0,0198 \rightarrow (0,1)\}$$

$$H_{B_{\text{novo}}} = H_{S_{\text{novo}}} = -0,0061 \times 36,135^2 + 0,0692 \times 36,135 + 38,5 \cong 33,04\text{m} \rightarrow (0,2)$$

Pelas condições da questão sabemos que a CCI para esta nova vazão seria:

$$H_S = 33,04 = -16 + 2242 \times \left(\frac{36,135}{3600}\right)^2 + 0,0198 \times B_{\text{inst}} \times \left(\frac{36,135}{3600}\right)^2$$

$$\therefore B_{\text{inst}} \cong 24469726,6 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \rightarrow (0,1)$$

$$B_{\text{inst}} = \left(\frac{L + \sum L_{\text{eq}}}{D_H}\right) \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

Portanto, devemos retomar a primeira situação, para a vazão máxima para a determinação do comprimento total da tubulação, o qual não muda de uma situação para a outra:

$$\left(\frac{L + 63,78}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 5124058,9 \therefore L \cong 114,23\text{m} \rightarrow (0,1)$$

Determinado o comprimento da tubulação, retomamos a nova situação para a determinação do comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia da Mipel parcialmente fechada, lembrando que os demais comprimentos equivalentes permanecem inalterados:

$$\left(\frac{114,23 + 37,88 + L_{\text{eqVGp.fechada}}}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 24469726,6$$

$$L_{\text{eqVGp.fechada}} \cong 698\text{m} \rightarrow (0,2)$$

### Gabarito turma B11

- Determinação da equação da linha de tendência da CCI, para isto deve-se atribuir vazões para o cálculo de  $H_s$ , onde se devem adotar vazões que propiciem o ponto de trabalho, ou seja, o cruzamento da CCB com a CCI.

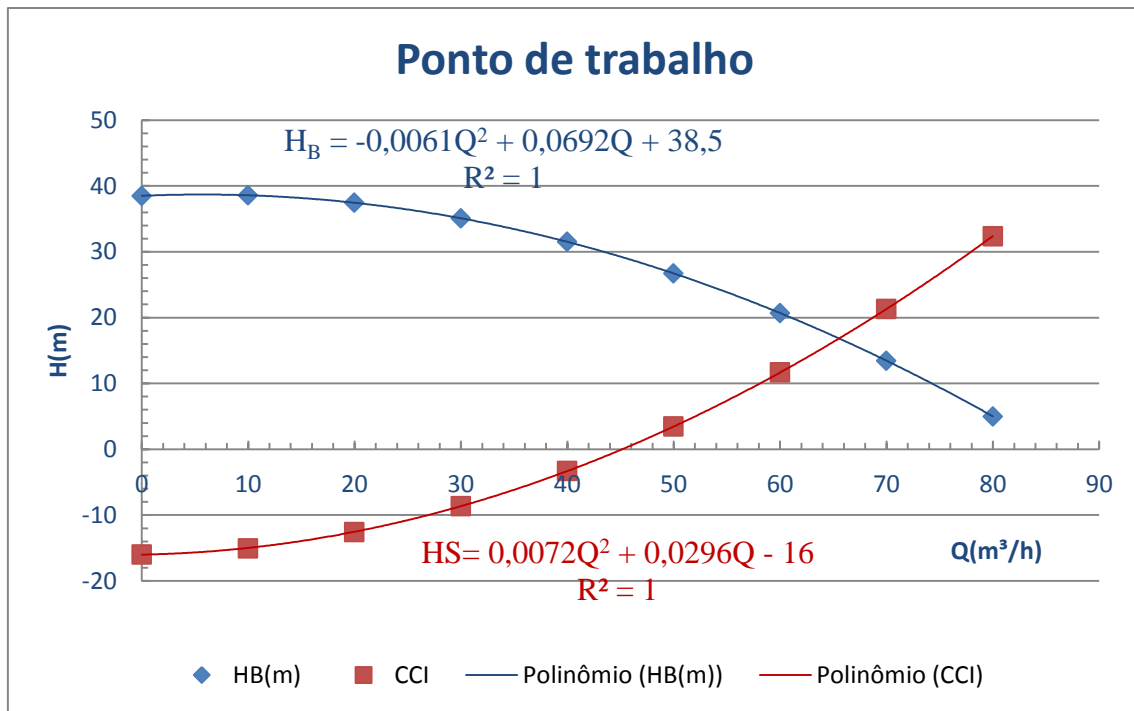
Para a determinação anterior é importante se ter os dados fornecidos:

$$\text{fluido} \rightarrow \text{água a } 18^0 \text{ C} \left\{ \begin{array}{l} \rho = 998,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \mu = 1,05 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times \text{s} \\ \nu = 1,055 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \end{array} \right.$$

$$\text{tubulação} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{aço}} = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ \text{aço 40} \rightarrow D_N = 3'' \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 77,9 \text{ mm} \\ A = 47,7 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Q(m³/h)	HB(m)	f <sub>3"</sub>	Hs(m)
0	38,5	0	-16
10	38,6	0,0235	-15,1
20	37,4	0,0212	-12,6
30	35,1	0,0202	-8,7
40	31,5	0,0196	-3,3
50	26,7	0,0193	3,5
60	20,7	0,0190	11,7
70	13,5	0,0188	21,3
80	5,0	0,0187	32,4





$$-0,0061Q^2 + 0,0692Q + 38,5 = 0,0072Q^2 + 0,0296Q - 16$$

$$0,0133Q^2 - 0,0396Q - 54,5 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,0396 + \sqrt{0,0396^2 + 4 \times 0,0133 \times 54,5}}{2 \times 0,0133} \cong 65,52 \frac{m^3}{h} \rightarrow (0,2)$$

$$Q_{nova} = 0,75 \times 65,52 = 49,14 \frac{m^3}{h} \rightarrow (0,1)$$

Para esta nova vazão determina-se o novo coeficiente de perda de carga distribuída e o pela equação da linha de tendência da CCB, que não muda, a nova carga manométrica, que pertence ao novo ponto de trabalho:

$$Q_{nova} = 49,14 \frac{m^3}{h} \rightarrow \{f_{3''} = 0,0193 \rightarrow (0,1)$$

$$H_{B_{novo}} = H_{S_{novo}} = -0,0061 \times 49,14^2 + 0,0692 \times 49,14 + 38,5 \cong 27,2m \rightarrow (0,2)$$

Pelas condições da questão sabemos que a CCI para esta nova vazão seria:

$$H_S = 27,2 = -16 + 2242 \times \left(\frac{49,14}{3600}\right)^2 + 0,0193 \times B_{\text{inst}} \times \left(\frac{49,14}{3600}\right)^2$$

$$\therefore B_{\text{inst}} \cong 11897101,35 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} \rightarrow (0,1)$$

$$B_{\text{inst}} = \left(\frac{L + \sum L_{\text{eq}}}{D_H}\right) \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

Portanto, devemos retomar a primeira situação, para a vazão máxima para a determinação do comprimento total da tubulação, o qual não muda de uma situação para a outra:

$$\left(\frac{L + 63,78}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 5124058,9 \therefore L \cong 114,23\text{m} \rightarrow (0,1)$$

Determinado o comprimento da tubulação, retomamos a nova situação para a determinação do comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia da Mipel parcialmente fechada, lembrando que os demais comprimentos equivalentes permanecem inalterados:

$$\left(\frac{114,23 + 37,88 + L_{\text{eqVGp.fechada}}}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 11897101,35$$

$$L_{\text{eqVGp.fechada}} \cong 261,2\text{m} \rightarrow (0,2)$$

## Gabarito turma B12

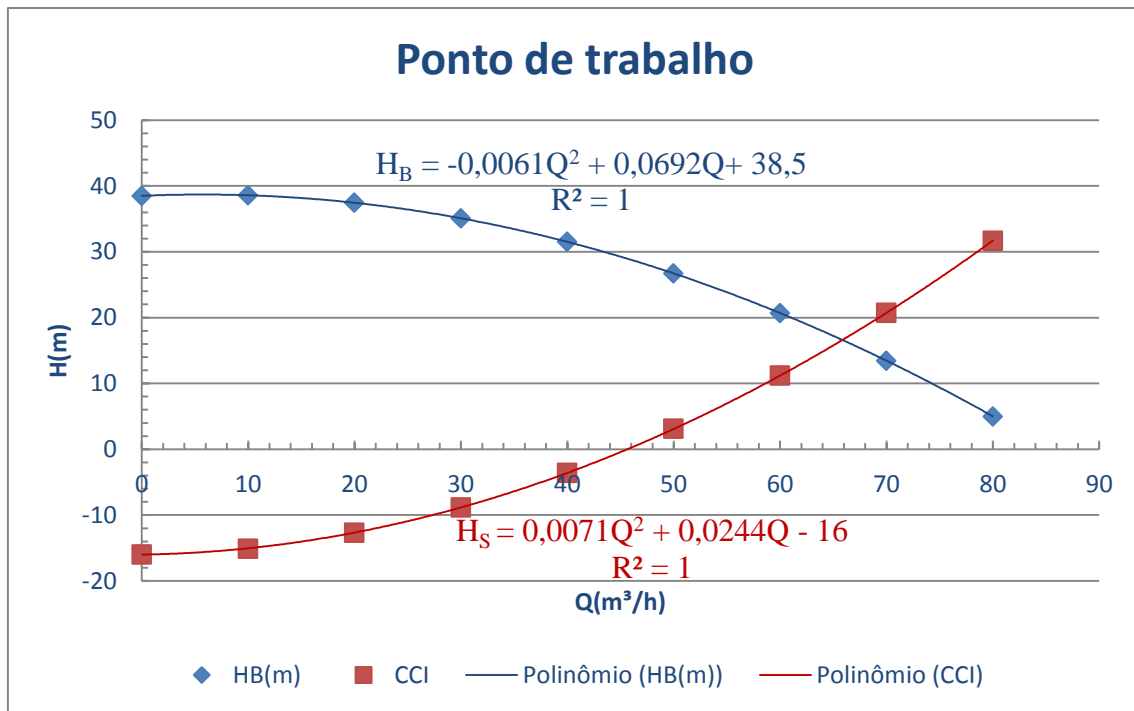
- Determinação da equação da linha de tendência da CCI, para isto deve-se atribuir vazões para o cálculo de  $H_s$ , onde se devem adotar vazões que propiciem o ponto de trabalho, ou seja, o cruzamento da CCB com a CCI.

Para a determinação anterior é importante se ter os dados fornecidos:

$$\text{fluido} \rightarrow \text{água a } 30^0\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho = 995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \mu = 7,97 \times 10^{-4} \text{ Pa} \times \text{s} \\ \nu = 8,00 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \end{array} \right.$$

$$\text{tubulação} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{aço}} = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \\ \text{aço 40} \rightarrow D_N = 3'' \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 77,9 \text{ mm} \\ A = 47,7 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Q(m <sup>3</sup> /h)	HB(m)	f <sub>3"</sub>	Hs(m)
0	38,5	0	-16
10	38,6	0,0225	-15,1
20	37,4	0,0205	-12,7
30	35,1	0,0197	-8,8
40	31,5	0,0192	-3,6
50	26,7	0,0189	3,1
60	20,7	0,0187	11,2
70	13,5	0,0185	20,7
80	5,0	0,0184	31,7



$$-0,0061Q^2 + 0,0692Q + 38,5 = 0,0071Q^2 + 0,0244Q - 16$$

$$0,0132Q^2 - 0,0448Q - 54,5 = 0$$

$$Q_\tau = \frac{0,0448 + \sqrt{0,0448^2 + 4 \times 0,0132 \times 54,5}}{2 \times 0,0132} \cong 66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,2)$$

$$Q_{\text{nova}} = 0,65 \times 66 = 42,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow (0,1)$$

Para esta nova vazão determina-se o novo coeficiente de perda de carga distribuída e o pela equação da linha de tendência da CCB, que não muda, a nova carga manométrica, que pertence ao novo ponto de trabalho:

$$Q_{\text{nova}} = 42,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \{f_{3''} = 0,0191 \rightarrow (0,1)$$

$$H_{B_{\text{novo}}} = H_{S_{\text{novo}}} = -0,0061 \times 42,9^2 + 0,0692 \times 42,9 + 38,5 \cong 30,25\text{m} \rightarrow (0,2)$$

Pelas condições da questão sabemos que a CCI para esta nova vazão seria:

$$H_S = 30,25 = -16 + 2242 \times \left(\frac{42,9}{3600}\right)^2 + 0,0191 \times B_{inst} \times \left(\frac{42,9}{3600}\right)^2$$

$$\therefore B_{inst} \cong 16934361,14 \frac{s^2}{m^5} \rightarrow (0,1)$$

$$B_{inst} = \left(\frac{L + \sum L_{eq}}{D_H}\right) \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

Portanto, devemos retomar a primeira situação, para a vazão máxima para a determinação do comprimento total da tubulação, o qual não muda de uma situação para a outra:

$$\left(\frac{L + 63,78}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 5124058,9 \therefore L \cong 114,23m \rightarrow (0,1)$$

Determinado o comprimento da tubulação, retomamos a nova situação para a determinação do comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia da Mipel parcialmente fechada, lembrando que os demais comprimentos equivalentes permanecem inalterados:

$$\left(\frac{114,23 + 37,88 + L_{eqVG_{p.fechada}}}{0,0779}\right) \times \frac{1}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 16934361,14$$

$$L_{eqVG_{p.fechada}} \cong 436,2m \rightarrow (0,2)$$