

ME5330

Mecânica dos Fluidos para
Engenharia Química

24/03/2009

O objetivo desta
aula é obter a
equação da CCI



CCI

É a equação de $H_B=f(Q)$ para a instalação que está sendo analisada.

Para obtê-la aplica-se a equação da energia da seção inicial a final, deixando a carga cinética e as perdas em função da vazão. Considerando uma instalação com apenas dois diâmetros, um antes da bomba (a_B) e um depois da bomba (d_B) e ainda que o escoamento será sempre turbulento (coeficiente de energia cinética (α) aproximadamente igual a 1,0, tem-se:

$$H_S = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{1}{2g \times A_f^2} - \frac{1}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 - H_{pT}$$

$$H_{estática} = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right)$$

Onde:

$$H_{pT} = \left[f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + \sum Leq_{aB})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} + f_{dB} \times \frac{(L_{dB} + \sum Leq_{dB})}{D_{H_{dB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{dB}^2} \right] \times Q^2$$

$$H_{pT} = [f_{aB} \times (\text{constante})_{aB} + f_{dB} \times (\text{constante})_{dB}] \times Q^2$$

Se considerarmos uma instalação com um único diâmetro, pede-se: especificar a condição para que ela opere em queda livre (sem bomba) e escrever a equação para o cálculo da vazão em queda livre.



$$H_S = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + [f \times (\text{constante})] \times Q^2$$

$$H_S = H_{\text{estática}} + [f \times (\text{constante})] \times Q^2$$

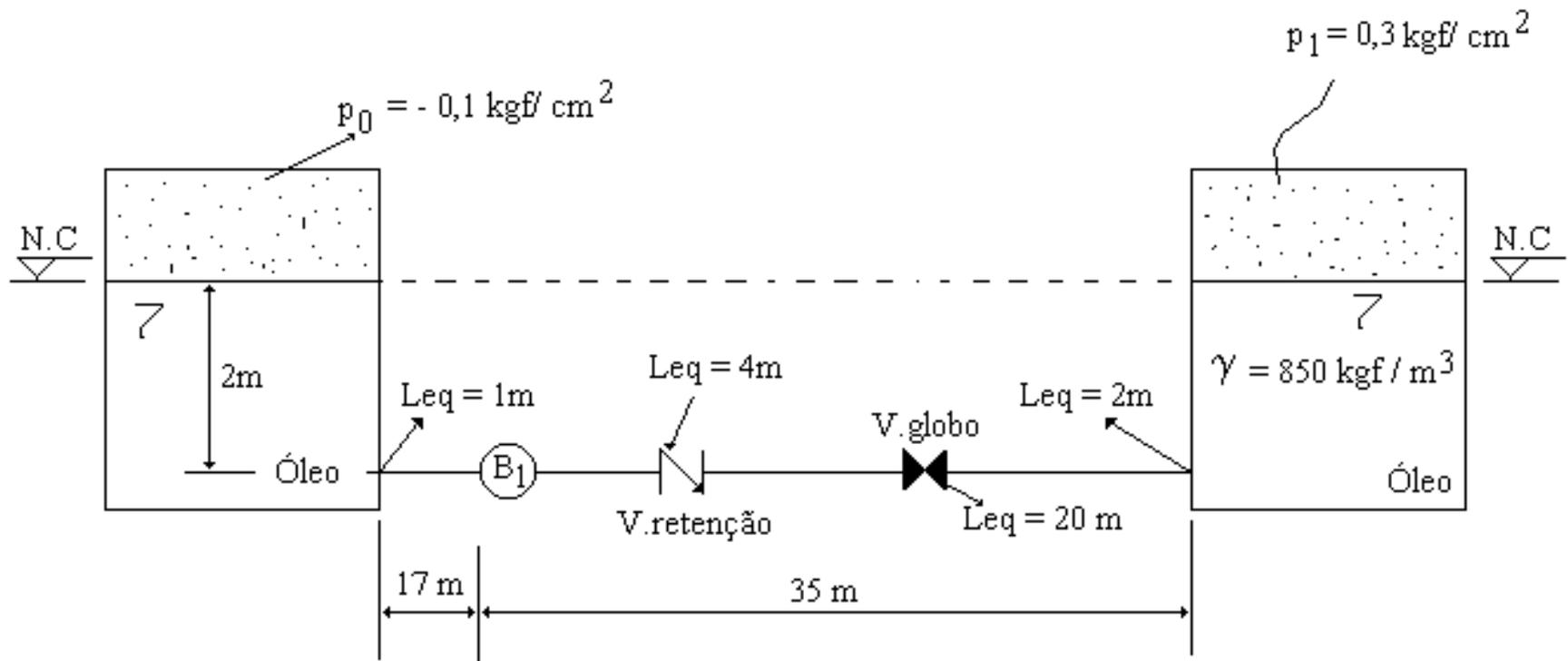
Em queda livre, tem-se:

$$H_S = 0 \therefore Q_{\text{queda livre}} = \sqrt{\frac{-H_{\text{estática}}}{f \times (\text{constante})}}, \text{ onde:}$$

$$\text{constante} = \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} > 0 \therefore$$

para ser ter o escoamento em queda livre a carga estática ($H_{\text{estática}}$) deve ser negativa.

7.12.10 Considerando a instalação hidráulica esquematizada abaixo, determine a equação da CCI.



Tubo de Dint = 78 mm e $f \approx 0,02$

Resolvendo

$$H_i + H_S = H_f + H_{pT}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} + H_S = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g} + H_{pT}$$

Adotando o PHR no eixo da bomba:

$$2 + \frac{(-0,1 \times 10^4)}{850} + 0 + H_S = 2 + \frac{0,3 \times 10^4}{850} + 0 + H_{pT}$$

$$H_S = 4,71 + H_{pT}$$

Como a instalação só tem um diâmetro resulta:

$$H_{pT} = f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} = f \times \frac{(52 + 27)}{0,078} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left[\frac{\pi \times 0,078^2}{4} \right]^2}$$

$$H_{pT} = f \times 22631756 \times Q^2$$

Para o exemplo com se considerou $f = 0,02$, resulta:

$$H_{pT} = 45263512 \times Q^2 \therefore H_S = 4,71 + 45263512 \times Q^2$$

Complementação do exemplo

Considerando que a vazão varia de 0 a 20 L/s, trace a CCI para o exemplo anterior, porém com o “f” variando com a vazão e para a situação onde os comprimentos equivalentes são obtidos pelo catálogo da Mipel (válvula de retenção vertical e válvula globo reta sem guia) e pelo catálogo da Tupy (entrada e saída normal de reservatório). Compare as três representações e comente.

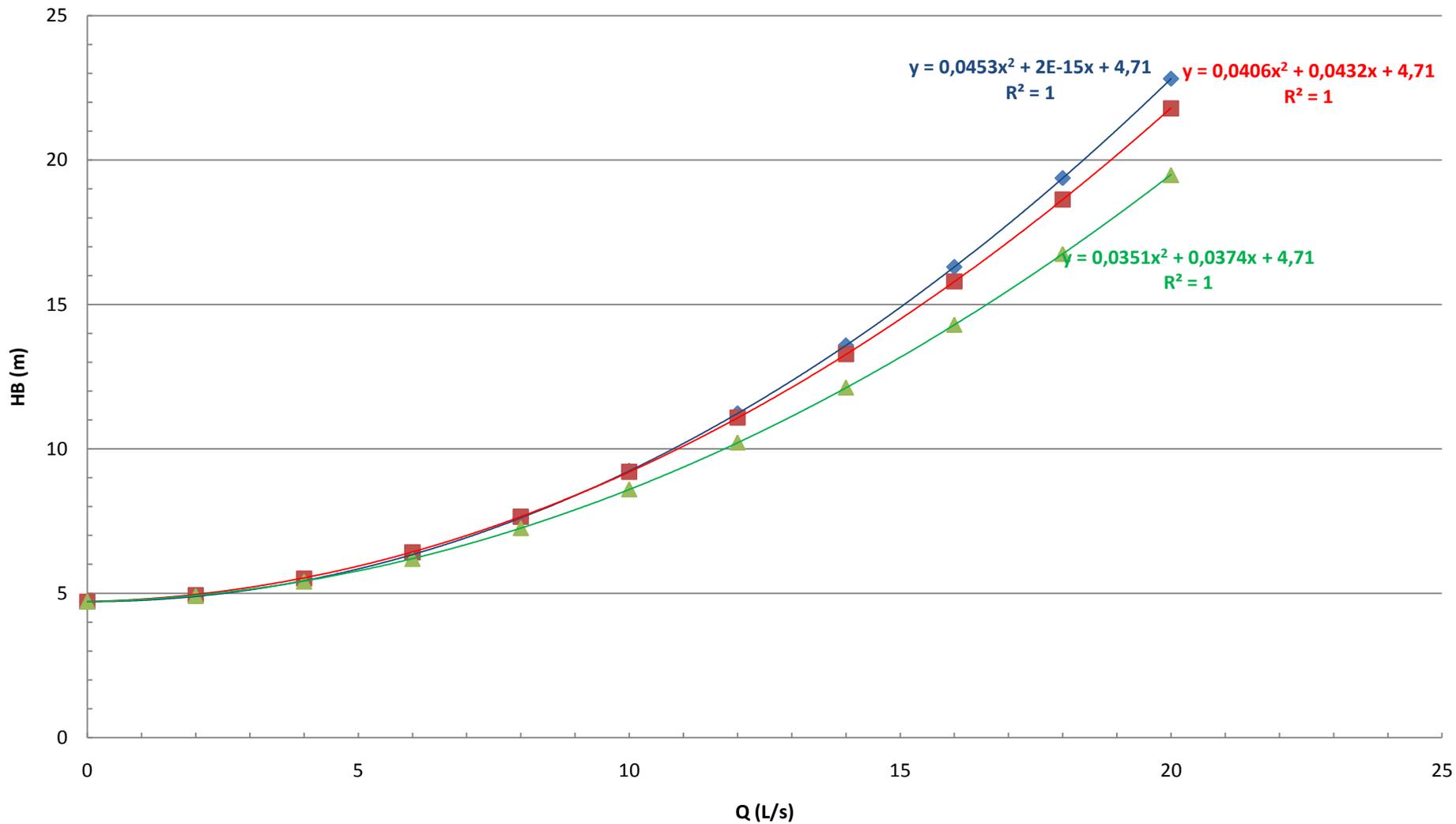
Considere o fluido como sendo a água a 20⁰C e a tubulação com rugosidade igual a $4,8 \cdot 10^{-5}$ m.

Considerando o catálogo da Mipel e o da Tupy para o segundo caso, tem-se

$$\sum L_{eq} = 16,33m$$

$$H_S = 4,71 + f \times 1957503617 \times Q^2$$

Q (L/s)	H_s (m) com $f = 0,02$	f	H_s (m) com $f=f(Q)$	
			primeiro caso	segundo caso
0	4,71	0	4,71	4,71
2	4,89	0,02478	4,93	4,90
4	5,43	0,02211	5,51	5,40
6	6,34	0,02096	6,42	6,19
8	7,61	0,02030	7,65	7,25
10	9,24	0,01987	9,21	8,60
12	11,23	0,01956	11,08	10,22
14	13,58	0,01932	13,28	12,12
16	16,30	0,01914	15,80	14,30
18	19,38	0,01899	18,63	16,75
20	22,82	0,01887	21,79	19,48



◆ Hs (m) com $f = 0,02$

■ CCI para $f=f(Q)$

▲ CCI mudando Leq e para $f=f(Q)$

— Polinômio (Hs (m) com $f = 0,02$)

— Polinômio (CCI para $f=f(Q)$)

— Polinômio (CCI mudando Leq e para $f=f(Q)$)

Deve-se observar que existe uma diferença significativa das CCI e em consequência do ponto de trabalho (cruzamento da CCI com a CCB) a medida que se aumenta a vazão, portanto é fundamental se saber qual delas usar.