

Terceira aula de mecânica dos fluidos para engenharia química (ME5330)

02/03/2010

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A_{res}}{t}$$

determinação da vazão de forma direta

$$p_e = p_{me} + \gamma \times h_e$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times h_e$$



determinação da pressão na seção de entrada e saída da bomba em função das pressões manométricas lidas pelo vacuômetro e manômetro



$$H_B = (z_s - z_e) + \left(\frac{p_s - p_e}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_s^2 - v_e^2}{2g} \right)$$

determinação da carga manométrica

$$\Phi = \frac{Q}{n \times D_r^3} \text{ e } \Psi = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2}$$



correção da vazão e da carga manométrica em função do coeficiente de vazão e do coeficiente manométrico

$$Q_{cor} = \left(\frac{n_{fabricante}}{n_{lida_{exp}}} \right) \times Q_{exp}$$

$$H_{B_{cor}} = \left(\frac{n_{fabricante}}{n_{lida_{exp}}} \right)^2 \times H_{B_{exp}}$$

experiência para obtenção da curva da carga manométrica em função da vazão

Ver vídeo no you tube

avaliação

falar da atividade da criação



vídeo



podcast

terceira etapa do projeto



esboço da instalação define

L
Leq

Terceira aula de ME5330

02/03/2010 - v7



quarta etapa

obtenção da equação da CCI



exemplo

Para se obter a equação da CCI (curva característica da instalação) em uma instalação com apenas uma entrada e uma saída, escreve-se a equação da energia entre a seção de captação (inicial) e a seção final, nessa a velocidade média do escoamento é substituída pela relação da vazão e a área onde a mesma é considerada.

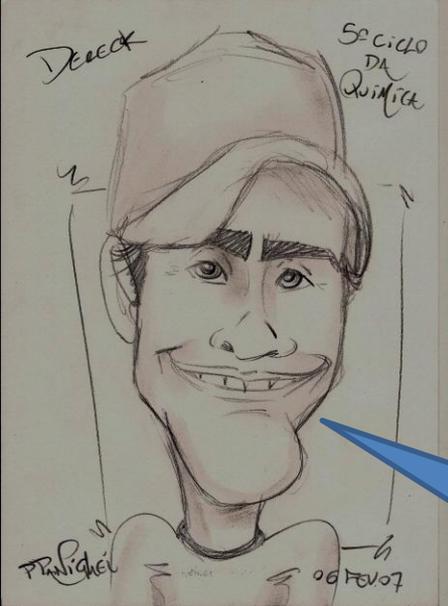
$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{totais}}}$$

H_S = carga que o sistema necessita para que o fluido possa escoar na instalação com uma vazão Q .

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} + H_S = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + \sum h_f + \sum h_s$$

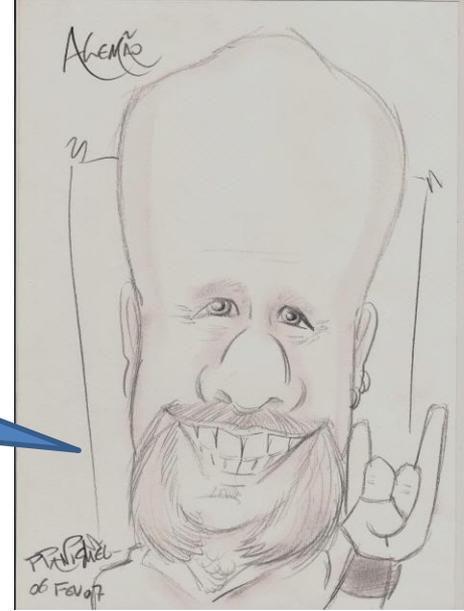
α = coeficiente de energia cinética, o qual só é definido para seções de tubo e que é igual a aproximadamente 1,0 para escoamentos turbulentos e igual a 2,0 para escoamentos laminares.

Importante: α não é definido para níveis de reservatórios pois para os mesmos a velocidade média do escoamento é igual a zero.



A VELOCIDADE MÉDIA É ZERO
NOS NÍVEIS DE
RESERVATÓRIOS PARA A
CONDIÇÃO DE REGIME
PERMANENTE, PORÉM A
VAZÃO É DIFERENTE DE
ZERO, NUNCA ESQUEÇAM
DISSO!

VERDADE, POR ISSO
MULTIPLICAMOS A VAZÃO POR
“Y”, QUE É = 0 QUANDO $v = 0$ E É
=1,0 QUANDO v FOR DIFERENTE
DE ZERO

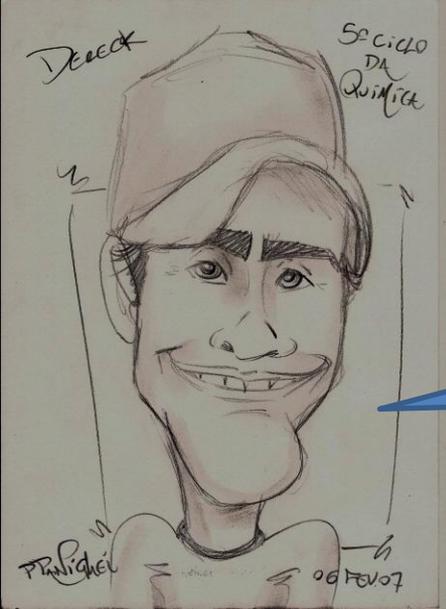


$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} + H_S = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + \sum h_f + \sum h_s$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times y_i \times Q^2}{2g \times A_i^2} + H_S = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times y_f \times Q^2}{2g \times A_f^2} + \sum h_f + \sum h_s$$

$$H_S = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum h_f + \sum h_s$$

$$\sum h_f + \sum h_s = \sum \left(f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right) + \sum \left(K_s \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right)$$



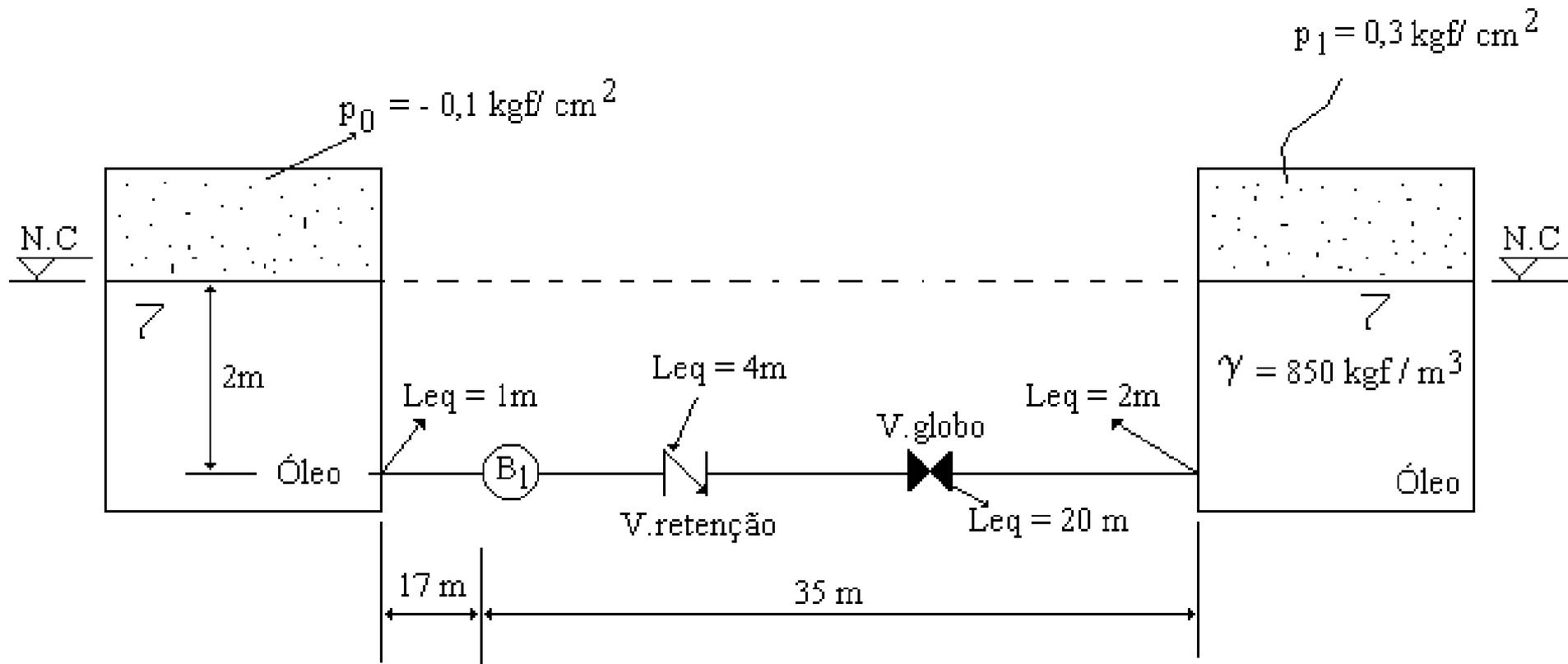
E EXISTE OUTRA MANEIRA DE CALCULAR AS PERDAS DE CARGAS LOCALIZADAS, SERIA UTILIZANDANDOS OS SEUS COMPRIMENTOS EQUIVALENTES!

$$h_s = f \times \frac{L_{eq}}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} = K_s \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$\therefore H_s = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right)$$

Essa última equação quando escrita em função da vazão (Q) e do(s) coeficiente (s) de perda de carga distribuída (f) representa a CCI.

Exemplo: considerando a instalação a seguir, pede-se determinar a equação da CCI.



Tubo de Dint = 78 mm

Solução

$$\therefore H_s = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right)$$

$$H_s = (2 - 2) + \left(\frac{0,3 \times 10^4 - (-0,1 \times 10^4)}{850} \right) + f \times \frac{(52 + 27)}{0,078} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left(\frac{\pi \times 0,078^2}{4} \right)^2}$$

$$H_s \cong 4,7 + f \times 2263175,6 \times Q^2 \Rightarrow \text{equação da CCI}$$

VAMOS PENSAR NA
REPRESENTAÇÃO DA CCI

Para isso deve-se conhecer a viscosidade de fluido e a rugosidade relativa da tubulação!

Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

Nome comercial do produto: Hyspin HDH 7000
Nome do Fabricante : Castrol Brasil Ltda

Pressão de Vapor : Esperado, menor que 0,5 Pa a 20°C

Viscosidade Cinemática 40°C, cSt : 72,85

Viscosidade Cinemática 100°C, cSt : 11,93

Densidade do vapor : > 1

Ponto de fulgor, °C : 216 (ASTM D92)

Densidade à 20/4°C : 0,887

Solubilidade em água : Insolúvel

Vamos considerar que a 40°C se tenha a massa específica aproximadamente igual a 850 kg/m³ e a sua viscosidade cinemática igual a 72,85 cSt, ou seja, 72,85 e-6 m²/s e sua viscosidade dinâmica igual a aproximadamente igual a 0,062 Pa*s.

Considerando-se ainda que a tubulação seja de aço galvanizado, a qual apresenta a rugosidade relativa igual a 4,8 e-5 m e que para o diâmetro dado de 78 mm se esteja trabalhando com tubo de espessura 40, ou seja, tubo, segundo a norma ANSI B3610, que tem diâmetro nominal de 3" com diâmetro interno de 77,9 mm e área da seção livre igual a 47,7 cm².

Normalizando as contas:

$$H_s = (2 - 2) + \left(\frac{0,3 \times 10^4 - (-0,1 \times 10^4)}{850} \right) + f \times \frac{(52 + 27)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_s \cong 4,7 + f \times 2274033,2 \times Q^2 \Rightarrow \text{equação da CCI}$$

Considerando as vazões:

Q(m ³ /h)	0	64	66	68	70	72	74
----------------------	---	----	----	----	----	----	----

VAMOS TRAÇAR A CCI

Determinando os coeficientes de perda de carga distribuída através da página:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12010/consulta.htm

ALÉM DAS
VAZÕES, TEM-SE
OS SEGUINTE
DADOS DE
ENTRADA E
PRIMEIROS
CÁLCULOS

propriedades do fluido transportado					
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	ρ_v (Pa)	v (m ² /s)
40		0,062	850		7,29E-05

propriedades do local		
g =	9,8	m/s ²
patm =		Pa

mat. tubo aço			
espessura	Dint (mm)	A (cm ²)	
40	77,9	47,7	
K(m)	D _H /k		
4,80E-05	1623		

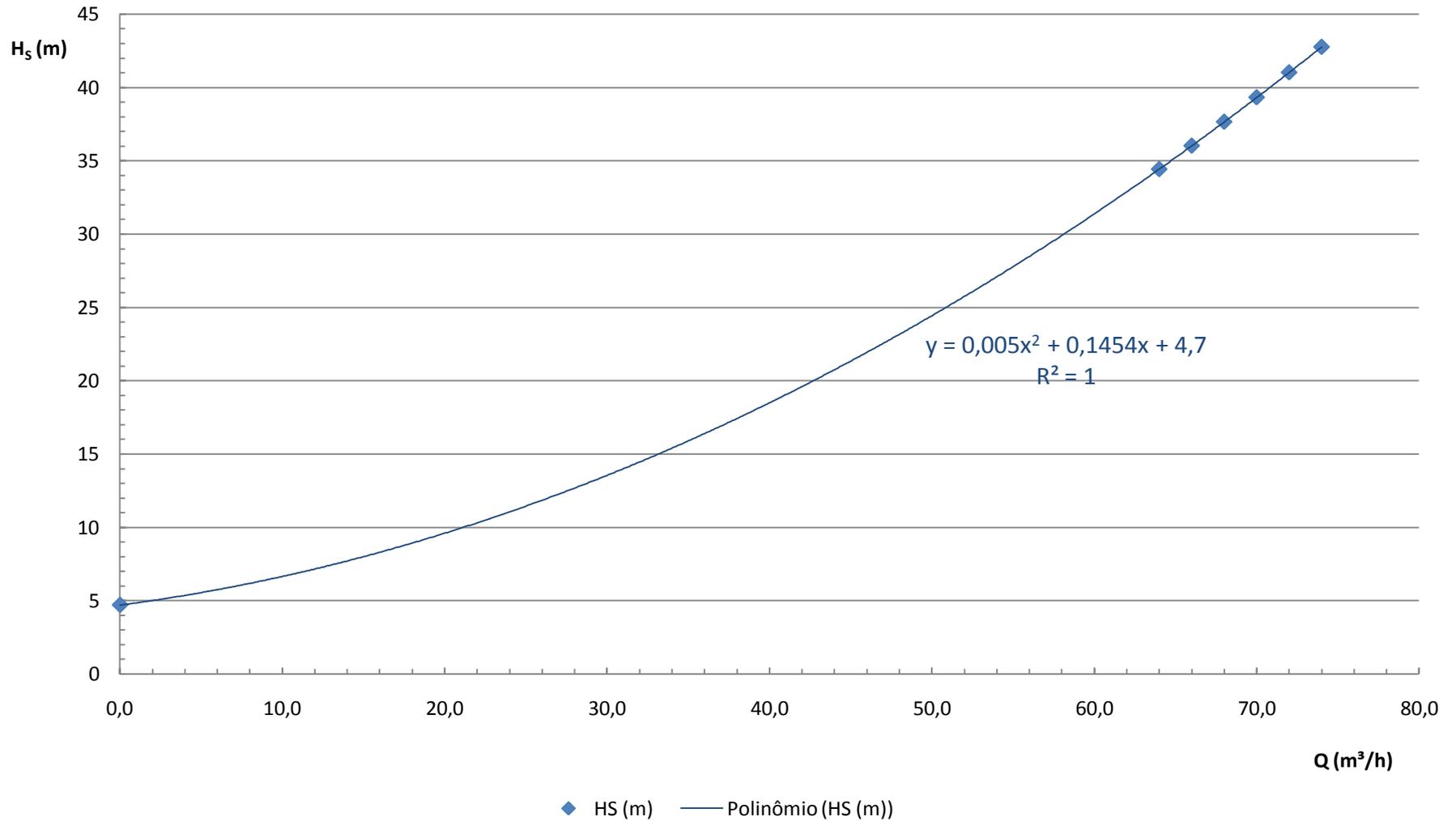
Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f_{Haaland}	$f_{\text{Swamee e Jain}}$	$f_{\text{Churchill}}$	f_{planilha}
64,0	3,73	3980	0,0409	0,0404	0,0414	0,0406
66,0	3,84	4105	0,0406	0,0402	0,0410	0,0402
68,0	3,96	4229	0,0402	0,0400	0,0406	0,0399
70,0	4,08	4354	0,0399	0,0397	0,0403	0,0396
72,0	4,19	4478	0,0395	0,0395	0,0399	0,0392
74,0	4,31	4602	0,0392	0,0392	0,0396	0,0389

RESULTADOS

Traçando a CCI

Q (m ³ /h)	f	H _s (m)
0,0	0	4,7
64,0	0,041	34,4
66,0	0,041	36,0
68,0	0,041	37,7
70,0	0,040	39,3
72,0	0,040	41,0
74,0	0,040	42,8

CCI



Ao adicionar uma CCB (curva característica da bomba) no gráfico anterior pode-se determinar, no cruzamento da CCI com a CCB, o ponto de trabalho da bomba operando na instalação em questão e como a CCI foi obtida para a válvula controladora de vazão totalmente aberta, tem-se no ponto de trabalho a vazão máxima do escoamento.

Seja a bomba:

Q (m ³ /h)	f	H _S (m)	H _B (m)
0,0	0	4,7	56
64,0	0,041	34,4	26
66,0	0,041	36,0	22
68,0	0,041	37,7	18
70,0	0,040	39,3	16
72,0	0,040	41,0	12
74,0	0,040	42,8	6

No cruzamento da CCI com a CCB tem-se o ponto de trabalho

CCI

