

Prática 05: Perda de carga total e potência da bomba centrífuga

Perda de carga total:

$$h_{\ell T} = h_{\ell m} + h_{\ell}$$

Perda de carga distribuída:

(Equação de Darcy-Weisbach)

$$h_{\ell} = f \frac{L}{D} \frac{\bar{v}^2}{2}$$

Perda de carga localizada:

$$h_{\ell m} = f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{v}^2}{2}$$

$$h_{\ell m} = K \frac{\bar{v}^2}{2}$$

Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho \bar{v} D}{\mu} = \frac{\rho 4Q}{\mu \pi D}$$

Diâmetros internos das tubulações

$$D_{(1/2'')} = 0,013\text{m}; D_{(3/4'')} = 0,019\text{m}; D_{(1'')} = 0,025\text{m}$$

Linha de Sucção		
Acessórios em PVC	Le (m)	K (constante)
Entrada de borda de 3/4''		
União de 3/4''		
Acessórios em Metal	Le (m)	K (constante)
Registro gaveta aberto 3/4''		
Tubo reto na linha de sucção (m)		
Diâmetro da tubulação: 3/4''		
Le =		

Linha de Recalque		
Acessórios em PVC	Le (m)	K (constante)
União de $\frac{3}{4}$ "		
Joelho 90° de $\frac{3}{4}$ "		
Curva 90° de $\frac{3}{4}$ "		
Joelho 45° de $\frac{3}{4}$ "		
Joelho 45° de $\frac{1}{2}$ "		
Joelho 45° de 1"		
Luva de $\frac{3}{4}$ "		
Tê passagem direta $\frac{3}{4}$ "		
Tê passagem lateral $\frac{3}{4}$ "		
Redução de 1" para $\frac{3}{4}$ "		
Redução de $\frac{3}{4}$ " para $\frac{1}{2}$ "		
Expansão de $\frac{3}{4}$ " para 1"		
Expansão de $\frac{1}{2}$ " para $\frac{3}{4}$ "		
Saída de canalização de $\frac{3}{4}$ "		
Acessórios em Metal	Le (m)	K (constante)
Registro gaveta aberto $\frac{3}{4}$ "		
Registro de esfera aberto $\frac{3}{4}$ "		
Tubo reto na linha de recalque (m)		
Diâmetro da tubulação: $\frac{3}{4}$" Le =		
Diâmetro da tubulação: 1" Le =		
Diâmetro da tubulação: $\frac{1}{2}$" Le =		

Propriedades do fluido			
Temperatura da água (°C)			
Massa específica da água (kg/m³)			
Viscosidade da água (kg/m.s)			
Cálculo da vazão (m³/s)			
Massa da água (kg)			
Tempo (s)			
Q (médio)			

$$Q = \frac{\text{Volume coletado}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Massa da água coletado}}{\rho_{\text{água}} \cdot \text{Tempo}}$$

Cálculo do número de Reynolds e obtenção do fator de atrito para tubo liso

$R_{e(3/4'')} = \frac{\rho 4Q}{\mu \pi D_{3/4''}}$		$f_{(3/4'')}$	
$R_{e(1'')} = \frac{\rho 4Q}{\mu \pi D_{1''}}$		$f_{(1'')}$	
$R_{e(1/2'')} = \frac{\rho 4Q}{\mu \pi D_{1/2''}}$		$f_{(1/2'')}$	

Cálculo da potência da bomba

$$P_m = \dot{m} |W_s| \equiv [\text{Watt}] ; W_s \equiv \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

1 hp = 745,6 Watt

$$P_m = \frac{\dot{m} |W_s|}{745,6} \equiv [\text{HP}] ; \dot{m} = \rho_{\text{fluido}} \cdot Q \equiv \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

Diagrama de Moody

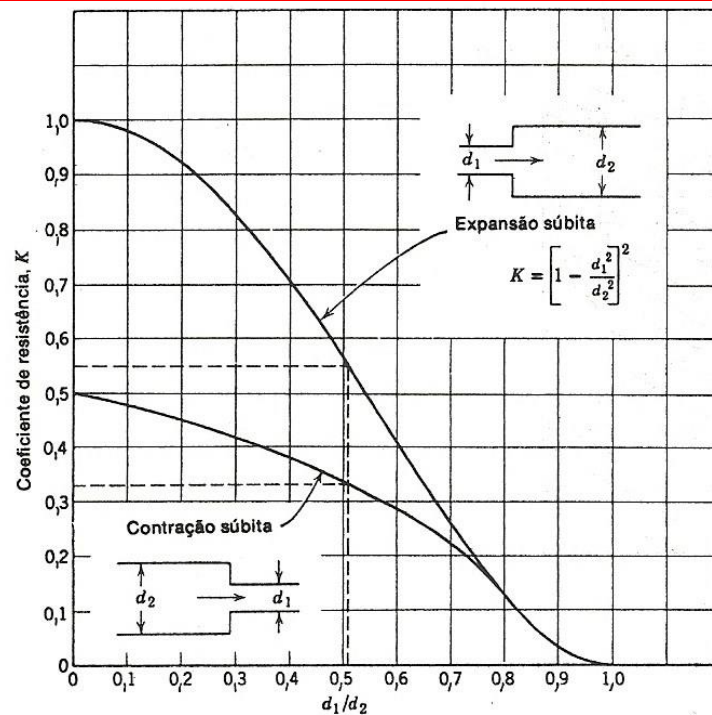
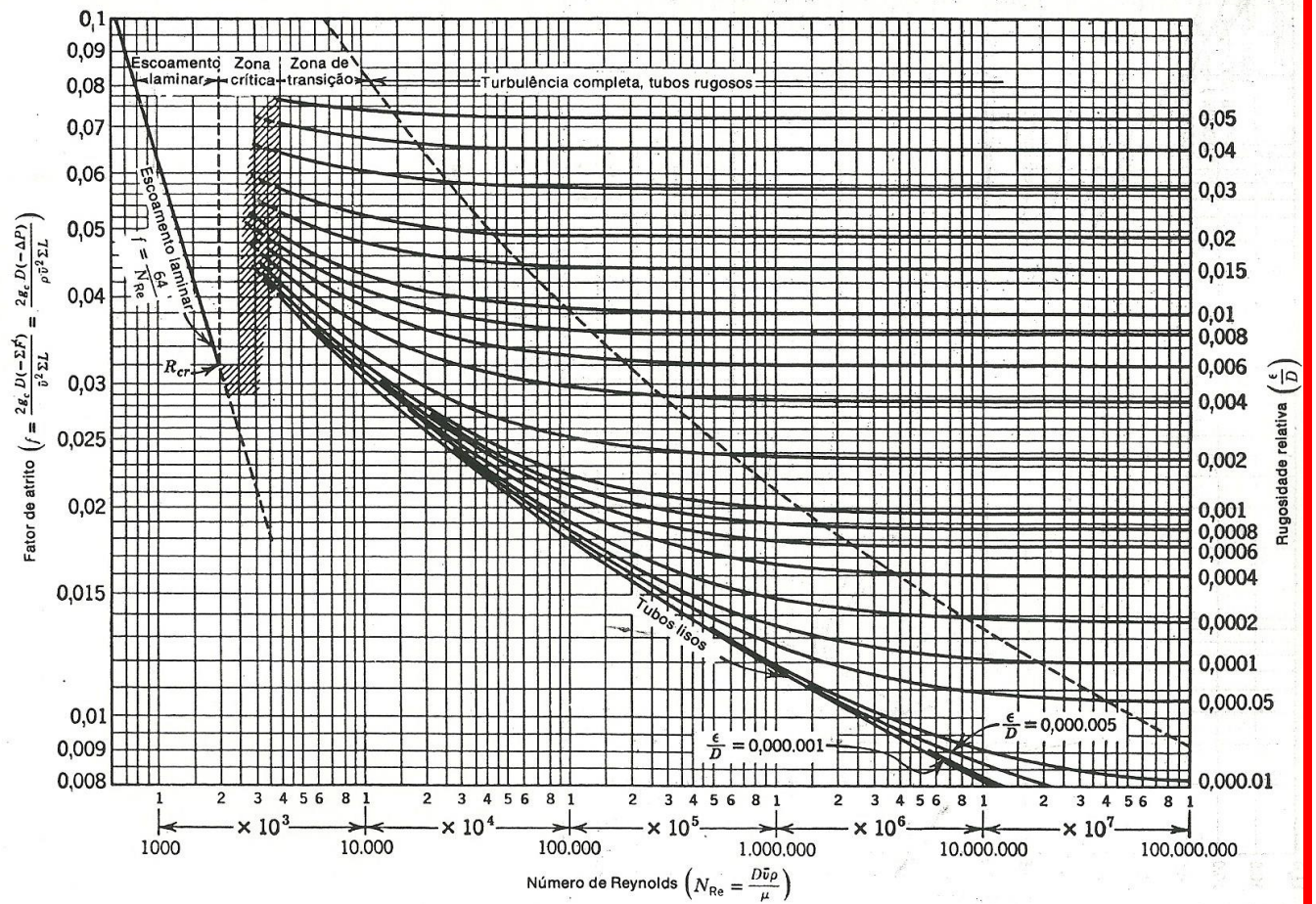


Tabela de perdas de cargas localizadas em conexões, considerando-se os comprimentos equivalentes em metros de canalização

CONEXÃO			Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização								
			MATERIAL	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Curva 90°		PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
		Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1
Curva 45°		PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
Joelho 90°		PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9
		Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2
Joelho 45°		PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5
		Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9
Tê de passagem direta		PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3
		Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7
Tê de saída lateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
Tê de saída bilateral		PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0
		Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4
União		PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25
		Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Saída de canalização		PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9
		Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0
Luva de redução (*)		PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2
		Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07
Registro de gaveta ou esfera aberto		PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
		Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
Registro de globo aberto		Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0
Registro de ângulo aberto		Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0
Válvula de pé com crivo		PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4
		Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0
Válvula de Retenção	Horizontal 	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical 	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1

OBSERVAÇÕES:

a - Os valores acima estão de acordo com a NBR 5626/82 e Tabela de Perda de Targa da Tigre para PVC rígido e cobre, e NBR 92/80 e Tabela de Perda de Carga Tupy para ferro fundido galvanizado, bronze ou latão.

b - (*) Os diâmetros indicados referem-se à menor bitola de reduções concêntricas, com fluxo da maior para a menor bitola, sendo a bitola maior uma medida acima da menor.

Ex.: 1.1/4" x 1" - 1.1/2" x 1.1/4"



K = 0,78
Entrada com tubo afluente inserido



K = 0,50
Entrada com borda nivelada



K = 0,23
Entrada com borda ligeiramente arredondada



K = 0,004
Entrada com borda bem arredondada



K = 1,0
Tubo de saída saliente



K = 1,0
Saída com bordas niveladas



K = 1,0
Saída com borda arredondada

Comprimentos equivalentes (L_e) a perdas de cargas localizadas em metros de canalização retilínea em PVC rígido ou cobre (NB-92)

DIÂMETRO NOMINAL		JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TÊ 90° PASSAGEM DIRETA	TÊ 90° SAÍDA DE LADO	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZ.	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VALV. RETENÇÃO		REGISTRO GLOBO ABERTO	REGISTRO GAVETA ABERTO	REGISTRO ÂNGULO ABERTO
DN mm	(Ref) (-)												TIPO LEVE	TIPO PESADO			
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fig. 1.25 Perdas de cargas localizadas — sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre (NB-92).

$$\mu = \frac{1,78 \times 10^{-3}}{1 + 0,0337T + 0,000221T^2}$$

$$\rho = 999,71704 + 0,07894 \times T - 0,00864 \times T^2 + 5,6752 \cdot 10^{-5} \times T^3 - 1,94502 \cdot 10^{-7} \times T^4$$

$$\rho \equiv \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{massa específica da água})$$

$$\mu \equiv \left[\frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \right] \quad (\text{viscosidade da água})$$

$$T \equiv \left[^\circ\text{C} \right]$$