

* PHA3201

Hidráulica Ambiental

aula 05

André Luiz Marguti (andre.marguti@usp.br)

Fábio Lofrano (fabio.lofrano@usp.br)

J Rodolfo S Martins (scarati@usp.br)

Luis Cesar de Souza Pinto (lcesar@usp.br)

* Fórmulas empíricas Hazen Williams

$$\Delta H_d = f \frac{L V^2}{D 2g} = 8 \frac{f}{\pi^2 g} \frac{L}{D^5} Q^2$$

$$\Delta H = 10,65 \frac{1}{C^{1,85}} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,85}$$

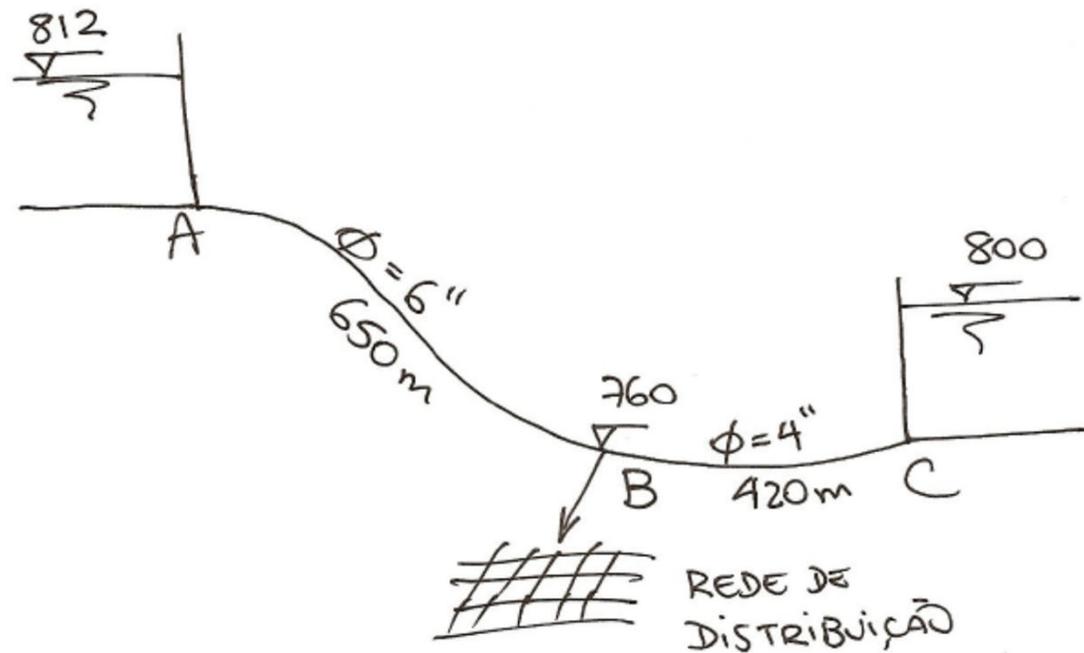


Cimento Amianto	140
Ferro Fundido	100
Cimento	140
Concreto	100
Cobre	150
Aço	120
Aço Galvanizado	120
Polietileno	150
PVC	150
Plástico reforçado com fibra de vidro	150

Limitações: regime turbulento
misto e rugoso

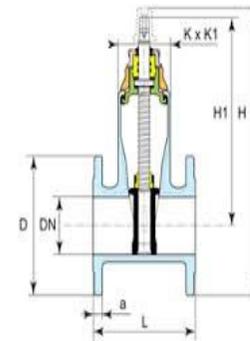
* Exercício

- * O sistema de abastecimento da cidade é feito por um reservatório “A” e um reservatório de sobras “C”, que complementa a vazão de entrada na rede nas horas de pico. O esquema é ilustrado na figura abaixo. Determine a vazão de saída e a carga de pressão em B, de tal forma que a linha piezométrica tenha a mesma inclinação nos trechos AB e BC. O material da adutora é aço soldado ($C=130$)



*Perdas localizadas

- perdas de carga concentradas nas singularidades das tubulações de transporte de líquidos
- singularidades: acessórios como válvulas e conexões diversas
- São geradas pelas mudanças de diâmetro ou de direção do escoamento, gerando acréscimo na turbulência local
- Apesar do nome a perda se faz sentir em trechos a montante e a jusante das tubulações
- Não existe um tratamento analítico específico para cada tipo de acessório utilizado





Gaveta



Borboleta

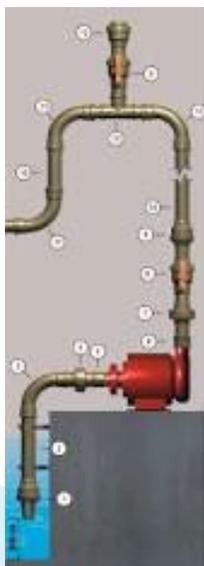


Pressão

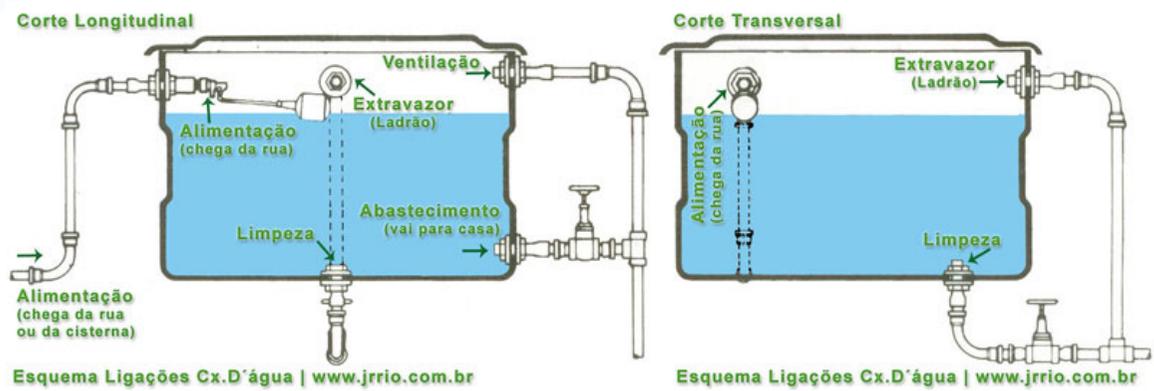
*Válvulas de controle



Conexões gerais



Válvula de pé com crivo



Entrada/saída de reservatório

$$\Delta H_L = K \frac{V^2}{2g}$$

Acessório	K
Cotovelo 90° Raio curto	0,9
Cotovelo 90° Raio longo	0,6
Cotovelo 45°	0,4
Curva 90° r/D=1	0,4
Curva 45°	0,5
Te passagem Direta	0,9
Te passagem Lateral	2,0
Válvula Gaveta Aberta	0,2
Válvula de ângulo aberta	5
Válvula globo averta	10
Válvula de pé com crivo	10
Válvula de retenção	3
Curva de retorno 180°	2,2
Válvula de boia	6,0

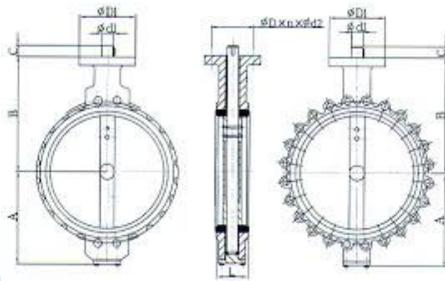
* Fórmula geral



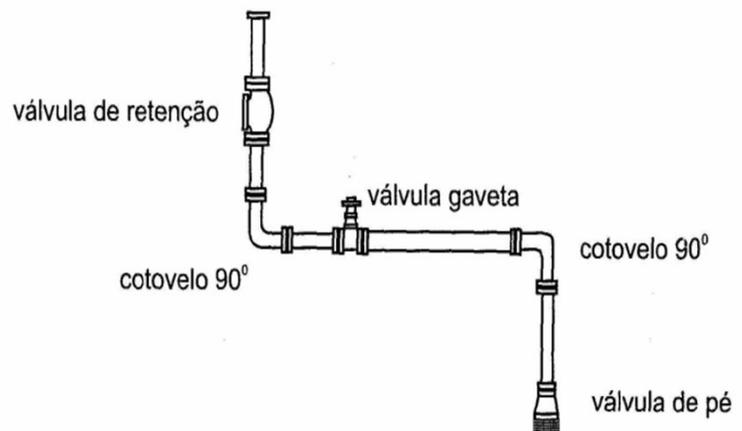
a/D	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
K	0,15	0,26	0,81	2,06	5,52	17	97,8



a	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K	0,15	0,24	0,52	0,90	154	2,5 1	3,91	6,22	10,8	18,7	32,6



*Válvulas



$$\Delta H_L = k \frac{V^2}{2g} = f \frac{L_{virt}}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$L_{virt} = k \frac{f}{D}$$



* **Comprimentos Equivalentes**

DIÂMETRO D		COTONELO 90° RAIO LONGO	COTONELO 90° RAIO MÉDIO	COTONELO 90° RAIO CURTO	COTONELO 45°	CURVA 90° R/D 1:12	CURVA 90° R/D 1:1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE CANTO ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	FE PASSAGEM CURTA	FE SAÍDA DE LADO	FE SAÍDA BILATERAL	VALVULA DE PÉ E CHIVO	SADA DA CANALIZAÇÃO	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
mm	pol																			
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

- * Na instalação da figura abaixo a tubulação é de PVC rígido ($\epsilon = 0,06 \text{ mm}$), o reservatório tem nível constante e a vazão em escoamento é de 270 L/s . Determine a máxima distância “L” que pode ser admitida para que a pressão no ponto “A” não seja negativa.

