Operações Unitárias

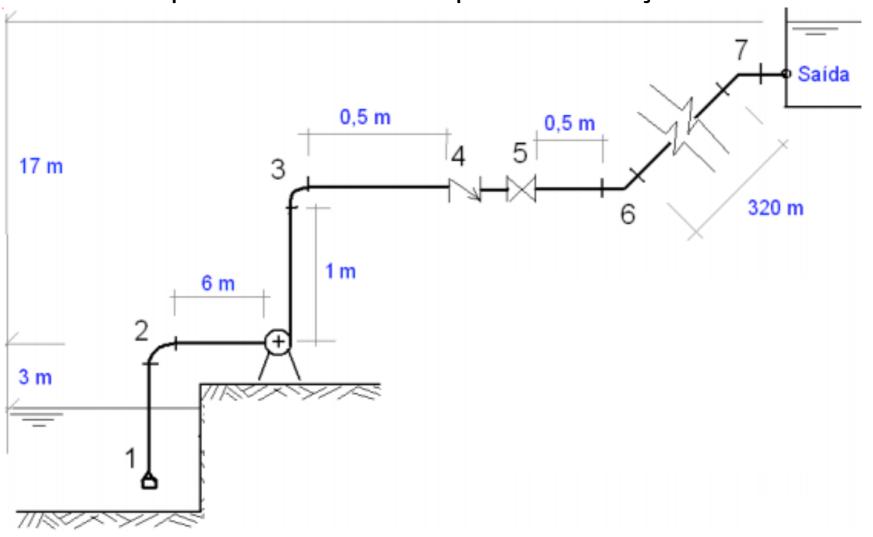
Perdas de carga localizadas Prof. Simões

Objetivos dessa aula

- Compreender o que são perdas localizadas
- Estabelecer a diferença entre perdas localizadas e distribuídas
- Entender os dois métodos de cálculo das perdas localizadas
- Ser capaz de calcular a perda de carga total em um trecho hidráulico

Problema típico

• Calcule a potência da bomba para a instalação abaixo:

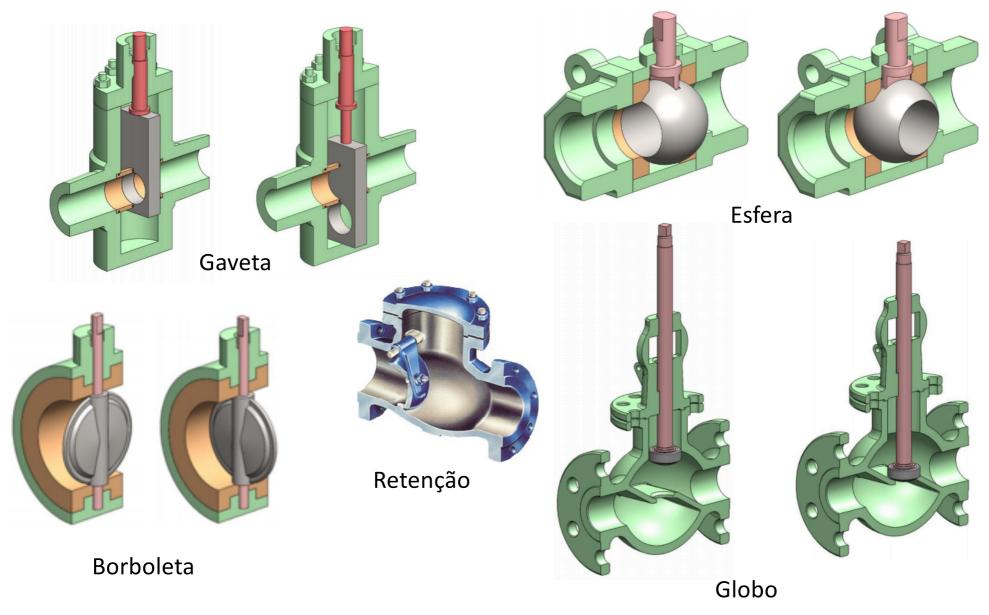


Definição

- Além do atrito ao longo da tubulação, elementos constitutivos da instalação hidráulico (ou singularidades) também ocasionam perturbações no fluxo que dissipam energia.
- Essas perdas (h_s) são chamadas de **perdas localizadas**, e são causadas por válvulas, registros, conectores, etc.



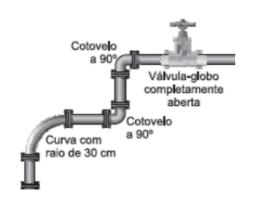
Tipos de válvulas comuns



As características construtivas têm efeito preponderante nas perdas.

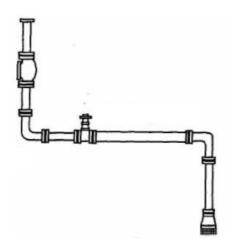
Cálculo da perda de carga localizada

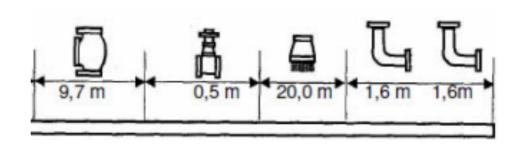
- Existem dois métodos para o cálculo da perda de carga localizada
 - Utilização do fator de perda (k_s)



Diâmetro nominal, cm (in)	1,3 (0,5							
Válvulas (totalmente abertas)								
Globo	14,0							
Gaveta	0,30							
Giratória	5,1							
Ângulo	9,0							
Cotovelos								
45° comum	0,39							
90° comum	2,0							
90° raio longo	1,0							

• Utilização do comprimento equivalente (L_e)



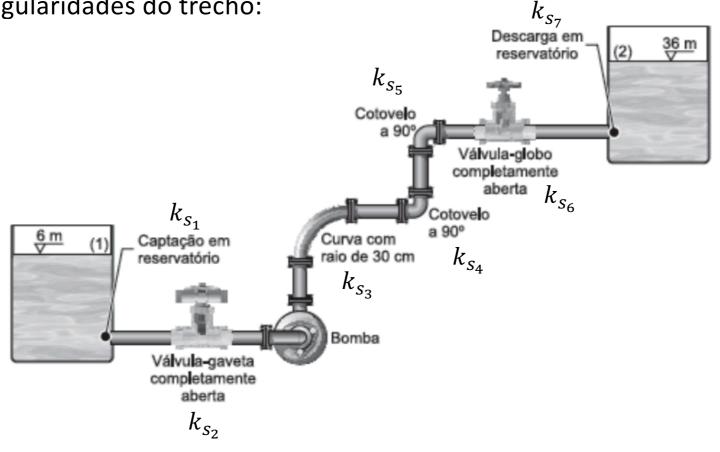


• É possível verificar-se experimentalmente que a perda de carga localizada depende da **velocidade** do fluxo e de uma característica da singularidade chamada **coeficiente de forma** (k_s) , fornecida pelos fabricantes e manuais de hidráulica.

 A determinação da perda de carga na singularidade é feita da seguinte forma:

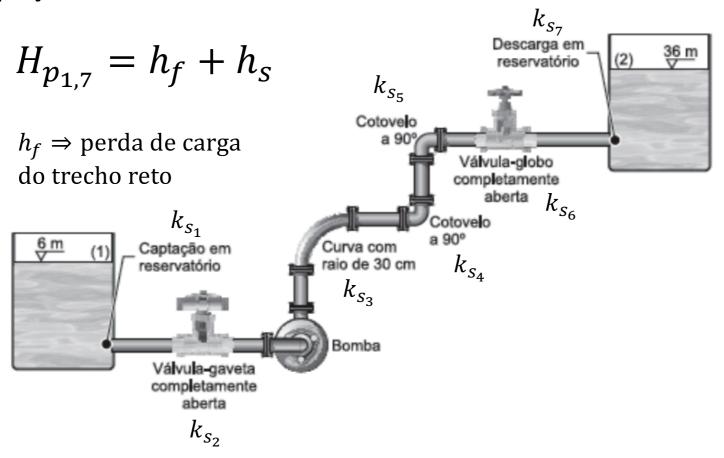
$$h_{s} = k_{s} \frac{v^{2}}{2g}$$

• Assim, no cálculo da perda de carga de um trecho, os fatores de perda localizada (h_s) podem ser somados para compor a perda de carga nas singularidades do trecho: k_s



$$\sum h_{s_i} = h_{s_1} + h_{s_2} + \dots + h_{s_7} \qquad h_s = \sum h_{s_i} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

 Essa parcela será somada à perda dos trechos retos e incluída na equação de Bernoulli



$$H_{(1)} + H_B = H_{(2)} + H_{P1,7}$$

• Valores de $k_{\it S}$ para conexões roscadas



Diâmetro nominal, cm (in)	1,3 (0,5)	2,5 (1,0)	5,0 (2,0)	10 (4,0)							
Válvulas (totalmente abertas)											
Globo	14,0	8,2	6,9	5,7							
Gaveta	0,30	0,24	0,16	0,11							
Giratória	5,1	2,9	2,1	2,0							
Ângulo	9,0	4,7	2,0	1,0							
Cotovelos											
45° comum	0,39	0,32	0,30	0,29							
90° comum	2,0	1,5	0,95	0,64							
90° raio longo	1,0	0,72	0,41	0,23							
180° comum	2,0	1,5	0,95	0,64							
Tês											
Em linha	0,90	0,90	0,90	0,90							
Perpendicular	2,4	1,8	1,1	1,1							

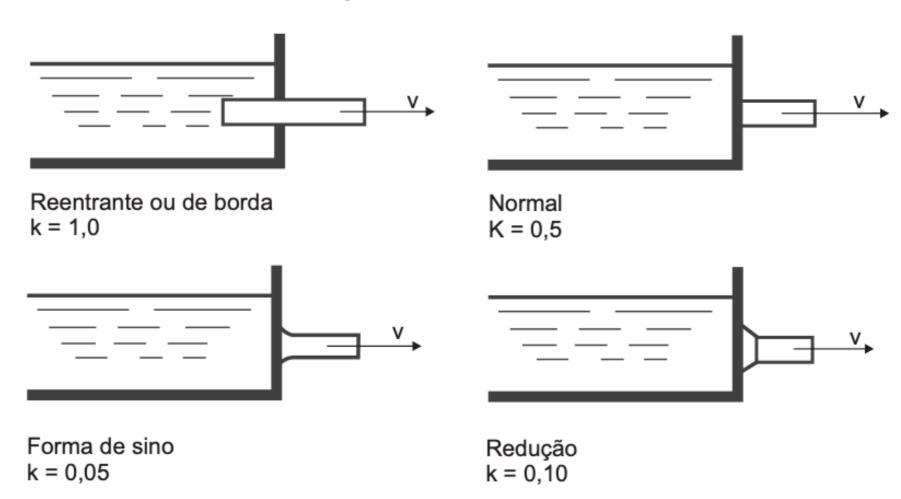
• Valores de $k_{\scriptscriptstyle S}$ para conexões flangeadas





Diâmetro nominal, cm (in)	2,5 (1,0)	5,0 (2,0)	10 (4,0)	20 (8,0)	50 (10,0)							
Válvulas (totalmente abertas)												
Globo	13,0	8,5	6,0	5,8	5,5							
Gaveta	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03							
Giratória	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0							
Ângulo	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0							
Cotovelos												
45° raio longo	0,21	0,20	0,19	0,16	0,14							
90° comum	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21							
90° raio longo	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10							
180° comum	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20							
180° raio longo	0,40	0,30	0,21	0,15	0,10							
Tês												
Em linha	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07							
Perpendicular	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41							

ENTRADA DE UMA TUBULAÇÃO



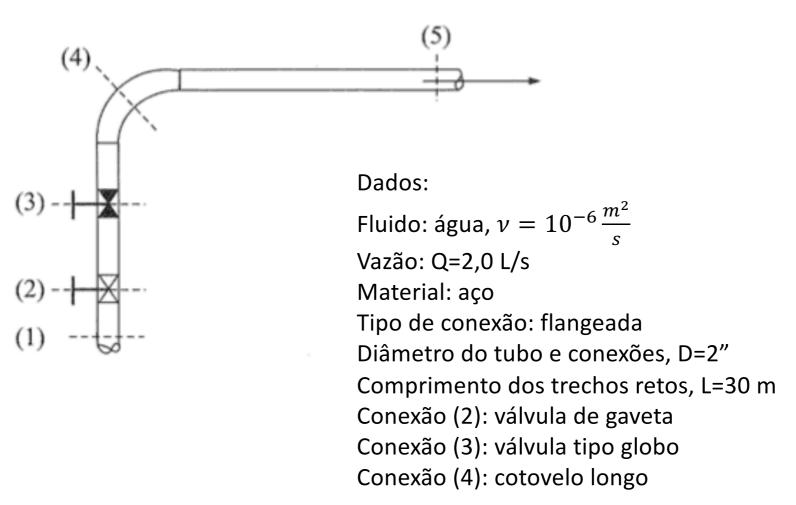
Método do fator de perda $oldsymbol{k}_{oldsymbol{s}}$

• Saída de uma tubulação

Descarga em reservatório	2,0 para escoamento laminar 1,0 para escoamento turbulento
Descarga arredondada em reservatório	2,0 para escoamento laminar 1,0 para escoamento turbulento
Descarga com tubo reentrante em reservatório	2,0 para escoamento laminar 1,0 para escoamento turbulento

Método do fator de perda $oldsymbol{k}_{\mathcal{S}}$ - Aplicação

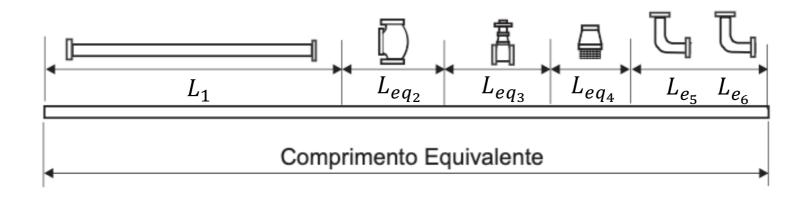
 Calcular a perda de carga no trecho abaixo pelo método das perdas singulares.



Método do comprimento equivalente L_{eq}

 Consiste em substituir matematicamente a singularidade por um trecho reto tabelado de perda de carga equivalente, e aplicar na fórmula de Darcy-Weissbach

$$L_{eq} = L_1 + L_{eq_2} + L_{eq_3} + L_{eq_4} + L_{eq_5} + L_{e_6}$$



$$H_{p_{1,6}} = h_f = f \cdot \frac{L_{eq}}{D_H} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Valores de L_e em metros de canalização retilínea

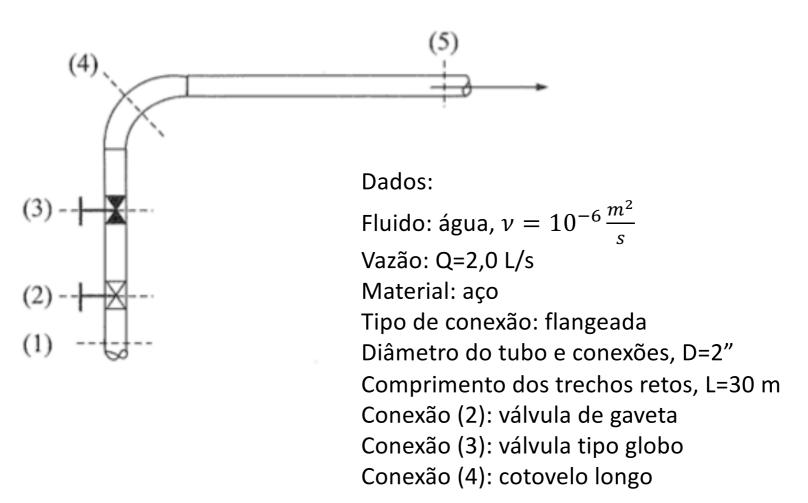
Manual KSB

		COTOVELO 90° RAIO LONGO	COTOVELO 90° RAIO MÉDIO	COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	CURVA 90° R / D - 11/2	CURVA 90° R/D-1	CURVA 45*	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE GAVETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	TÊ PASSAGEM DIRETA	TÊ SAİDA DE LADO	TÊ SAÍDA BILATERAL	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LÉVE	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
DIÂME D	TRO																			
mm	pol.	U	J	\Box		0	\bigcirc	\bigcirc	**					₽	₽	₩			43	
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 ½	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

^{*} Os valores indicados para registros de globo, aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

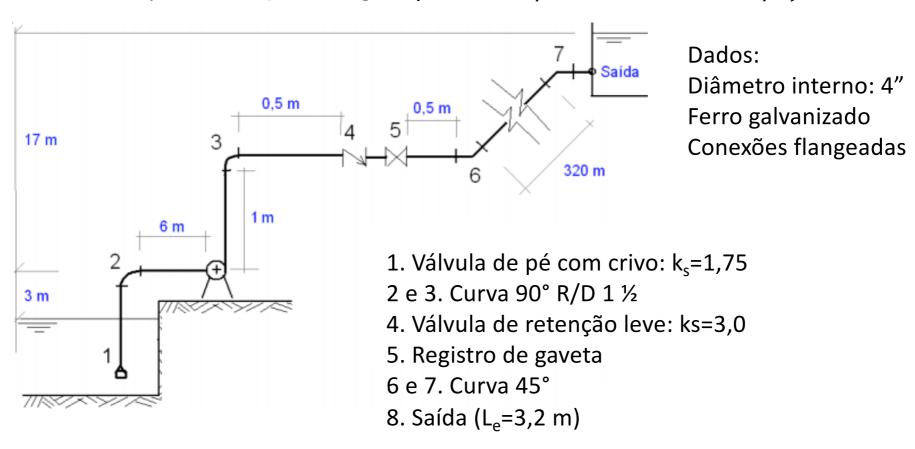
Método do comprimento equivalente L_{eq} - Aplicação

• Calcular a perda de carga no trecho abaixo pelo método do comprimento equivalente.



Exercício proposto

• Determinar a potência da bomba necessária para a instalação abaixo, para uma vazão de 5,0 L/s e rendimento de 75%. Verifique a perda de carga pelos dois métodos de cálculo e utilize o que fornecer o maior valor de potência. (fluido água, $\gamma = 10^4 N/m^3$; $\nu = 10^{-6} m^2/s$)



Roteiro e resultados parciais

1. Cálculos em comum

- a. Velocidade (0,61 m/s)
- b. Reynolds (6,22x10⁴)
- c. Dh/k (671)
- d. f (0,025)

2. Por perdas localizadas

- a. Calcular perda nos trechos retos h_f (1,54 m)
- b. Encontrar e somar os ks (6,67)
- c. Calcular h_s (0,127 m)
- d. Calcular $H_{p1,8}(1,67 \text{ m})$

3. Por comprimento equivalente

- a. Encontrar e somar comprimentos equivalentes (37,3 m)
- b. Somar comprimentos equivalentes com trechos retos (368 m)
- c. Calcular $h_f = H_{p1.8} (1.71 \text{ m})$

4. Potência da bomba

- a. Escolher a maior perda (1,71 m)
- b. Calcular a carga da bomba (Bernoulli) H_B (21,7 m)
- c. Calcular a potência da bomba (1,5 kW, 2,0 CV)

Nessa aula vimos

- O que são perdas localizadas
- Cálculo das perdas localizadas pelo fator de perda

$$h_s = \sum h_{s_i} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

 Cálculo das perdas localizadas pelo comprimento equivalente

$$H_{p_{1,6}} = h_f = f \cdot \frac{L_{eq}}{D_H} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- Como utilizar as respectivas tabelas
- Como realizar o cálculo da perda total do circuito pela fórmula de Darcy-Weissbach