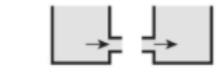
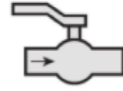


# Aula - 09: Perda de Carga Localizada $hf_{Loc}$

## Perdas de Carga Localizada em Sistemas de Tubulações



Entradas e Saídas



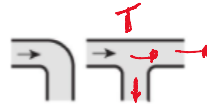
Válvulas



Expansões Graduais ou Contrações

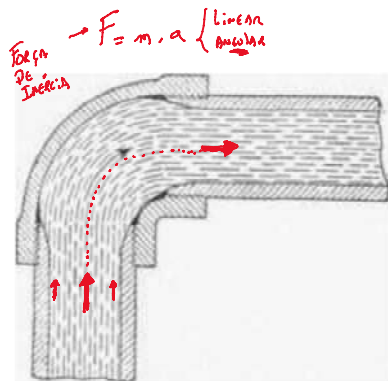
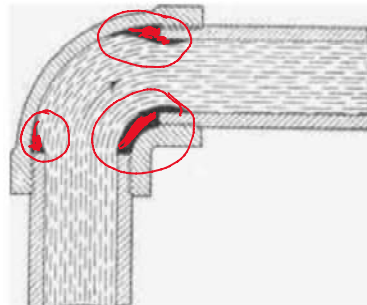
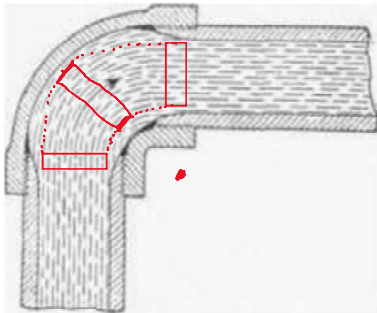


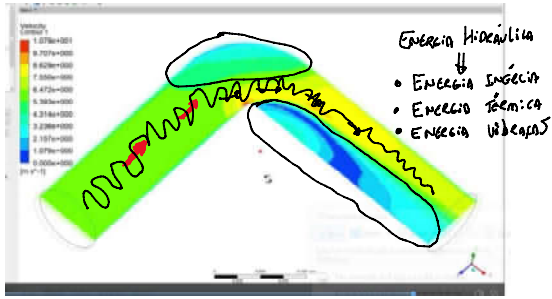
Expansão e Contração Súbita



Curvas ou outras derivações

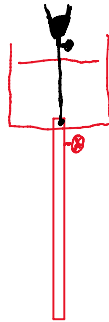
Como explicar a perda de carga localizada em conexões e acessórios ?





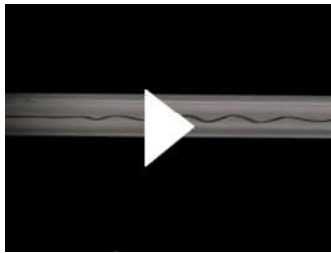
[Reynolds Apparatus \(Vertical Mode\)](#)

mechmatics



[Laminar flow, Turbulent flow by Reynolds Experiment](#)

Civil Engineering Theory And Practice



Número de Reynolds:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

V – velocidade de escoamento, m/s

D – diâmetro do conduto, m

$\nu$  – viscosidade cinemática do líquido, m<sup>2</sup>/s

Tipo de escoamento:

Escoamento laminar:  $Re \leq 2000$

Transição:  $2000 < Re \leq 4000$

Escoamento turbulento:  $Re > 4000$

2400  
3  
8.000 - 12.000

Wikipedia

A significância fundamental do número de Reynolds é que o mesmo permite avaliar o tipo do escoamento (a estabilidade do fluxo) e pode indicar se flui de forma laminar ou turbulenta. Para o caso de um fluxo de água num tubo cilíndrico, admite-se os valores de 2.000 e 2.400 como limites. Desta forma, para valores menores que 2.000 o fluxo será laminar, e para valores maiores que 2.400 o fluxo será turbulento. E para valores entre eles o fluxo será transitório.

Número de Reynolds  $\rightarrow NR = \frac{\text{Forças de Inércia}}{\text{Forças de Viscosidade}}$   $\leftarrow F = m \cdot a$

Número de Reynolds  $\Rightarrow NR = \frac{\text{Forças De Inércia} \uparrow \tau = m \cdot a}{\text{Forças De Viscosidade}}$

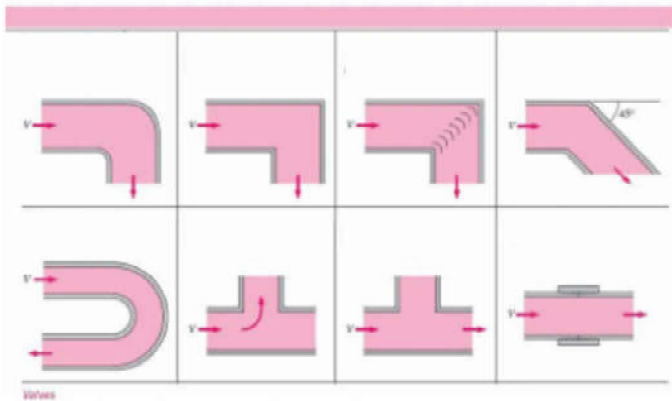
$$NR = \frac{\text{massa} \cdot \text{aceleração}}{\mu \cdot A \cdot \frac{\Delta v}{\Delta y}} = \frac{\rho \cdot L^3 \cdot L^2 \cdot T^{-2}}{\mu \cdot L^2 \cdot L \cdot T^{-1} \cdot L^2}$$

$$NR = \frac{\rho \cdot L^2 \cdot T^{-1}}{\mu} = \frac{L^2 \cdot T^{-1}}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{L \cdot T^{-1} \cdot D}{\nu} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

$NR = \frac{\text{Forças Inércia}}{\text{Forças de Viscosidade}} \Rightarrow \text{Ex: } NR = 4000$

Forças inercias = 4.000  $\cdot$  Forças de Viscosidade

$\Downarrow$   
hf localizada



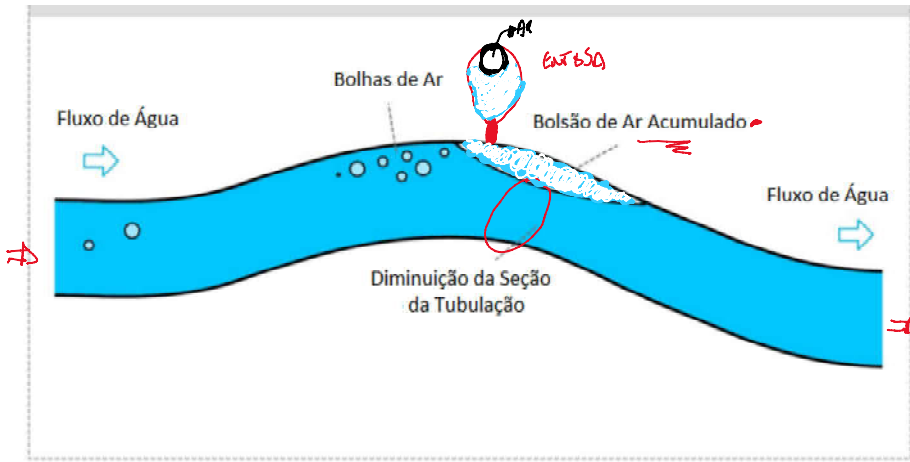
### Relevância da Perda de Carga Localizada em Sistemas de Irrigação

⊙ Adutores  $\Rightarrow$   $\frac{L}{\text{comprimento}}$  valores 100 - 6.000 metros  
 $hf_{\text{tubo}} \Rightarrow 95 - 98\%$   
 $hf_{\text{loc}} \Rightarrow 5 - 2\%$

⊙ Perdas localizadas  $\Rightarrow$   $\bullet$  tubo pequeno  
 $\bullet$  cotovelos dentro do tubo  
 $\bullet$  espaçamentos 0,60  $\approx$  0,20cm  
 Linha lateral  $\rightarrow$   $hf_{\text{tubo}} \Rightarrow 25 - 35\%$   
 $hf_{\text{localizada}} \Rightarrow 75 - 65\%$

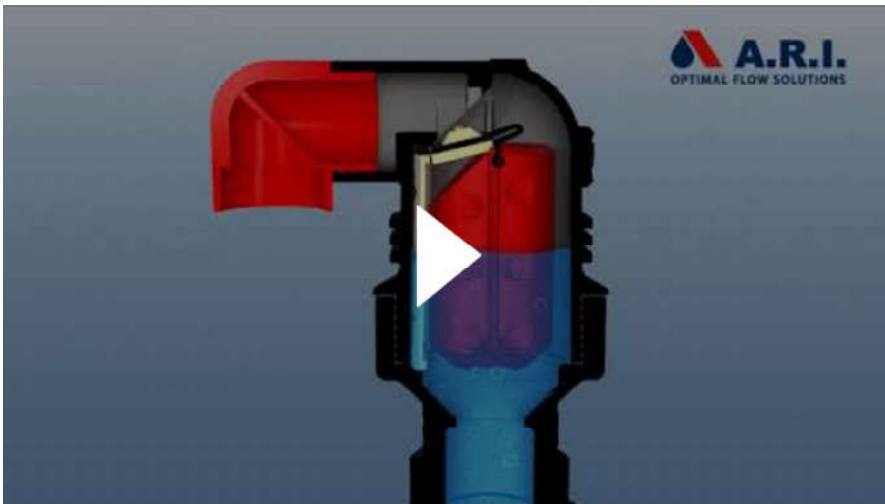
Bolhas de Ar





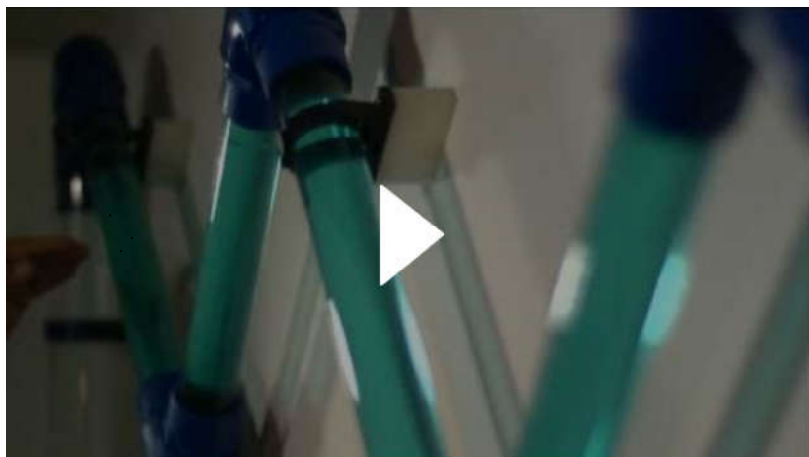
[HOW DOES THE AIR VALVE WORK A R I D 040](#)

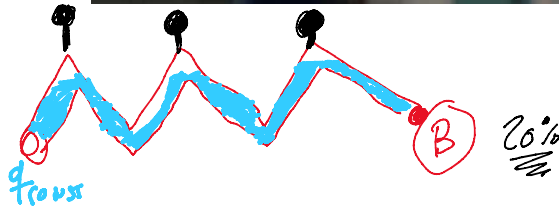
A.R.I. Optimal Flow Solutions



[Promotional Films - A.R.I. Saving Energy Using Air Valves](#)

פאוזר בית הפקות - Pausa Production House





Como calcular a Perda de Carga Localizada ?

## Cálculo de $hf_L$

### 1) Método dos Coeficientes (K)

- Cada peça tem um coeficiente K

$$hf_l = K \frac{v^2}{2g}$$

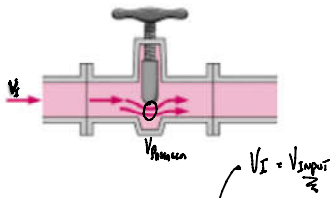
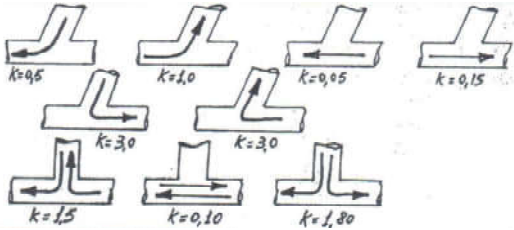
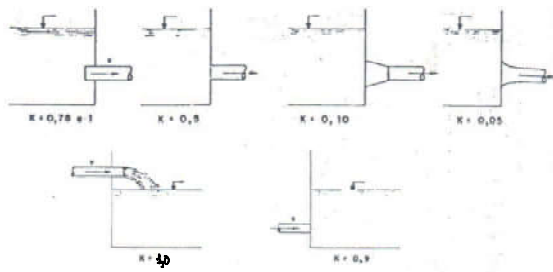
*Velocidade  
 Média da  
 Água no Tubo*

- Coeficientes tabelados

PEÇA	K
Curva de raio longo	0,25 a 0,40
Curva de raio curto	0,90 a 1,50
Curva 45°	0,20
Registro de gaveta aberto	0,20
Registro globo aberto	10,00
T passagem direta	0,60
T saída lateral	1,30
T saída bilateral	1,80
Válvula de retenção	2,50
Válvula de pé	1,75
Medidor Venturi	2,50

— curva de raio longo	K = 0,25 a 0,40
— curva de raio curto (cotovelo)	K = 0,90 a 1,50
— curva de 45°	K = 0,20
— cotovelo de 45°	K = 0,40
— curva de 22°30'	K = 0,10
— crivo	K = 0,75
— alargamento gradual	K = 0,30
— redução gradual	K = 0,15
— registro de gaveta aberto	K = 0,20
— registro de globo aberto	K = 10,00
— registro de ângulo aberto	K = 5,00
— junção	K = 0,40
— t. passagem direta	K = 0,60
— t. saída lateral	K = 1,30
— t. saída bilateral	K = 1,80
— válvula de retenção	K = 2,50
— válvula de pé	K = 1,75
— CURVA DE RETORNO	K = 2,20
— BOCAIS :	K = 2,75
— MEDIDOR VENTURI: K = 2,50 (V DA TUBULAÇÃO)	
— PEQUENA DERIVAÇÃO	K = 0,03
— COMPORTA ABERTA	K = 1,00

Perda de carga na entrada e saída do encaramento.



Tipos de Peças	Valores de K								
	$h_{fuc} = K \cdot \frac{V^2}{2g}$								
Registro de Gaveta	$d/D$								
	$D$ , mm	in	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1		
	50	2	140	20	6.5	3.0	0.68	0.16	
	100	4	91	16	5.6	2.6	0.55	0.14	
	150	6	74	14	5.3	2.4	0.49	0.12	
	200	8	66	13	5.2	2.3	0.47	0.10	
300	12	56	12	5.1	2.2	0.47	0.07		
Registro Borboleta	$\phi$								
		5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
	$K$	0.24	0.52	1.54	3.91	10.8	32.6	118	751

## 2) Método dos Comprimentos Equivalentes

- Acréscimo de comprimento à tubulação devido a cada peça
  - $L$ : Comprimento da tubulação
  - $L_e$ : Comprimento equivalente às peças
- Comprimento total:  $L_T = L + L_e$

$$hf = K \cdot \frac{L_T}{D^n} \cdot V^m$$

Handwritten notes:  $L_T = L + L_e$  (Real Visual),  $L_T$  (Comprimento Total),  $L_e$  (Comprimento Visual).

Figura 2: Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída lateral	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canalização	Válvula de retenção e chivo	Válvula retenção Tipo leve	Válvula retenção Tipo pesado	Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
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	3,8	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	0,8	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	1,5	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	1,5	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	14,5	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

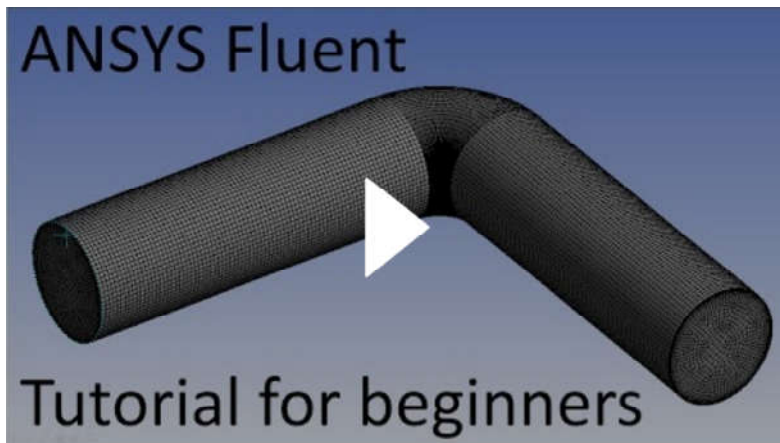
PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS, EM METROS DE CANALIZAÇÃO RETILÍNEA EQUIVALENTE (F8866 cv Apco)

DIÂMETRO	JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TÊ 90° PASSAGEM DIRETA	TÊ 90° SAÍDA LATERAL	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SÁDIA DE CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RETENÇÃO E CHIVO	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO	REGISTRO GLOBO ABERTO	REGISTRO GAVETA ABERTO	REGISTRO ÂNGULO ABERTO		
15	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,8	0,1	0,1	0,1	4,9	2,8	0,3	1,0	1,0	3,4	0,4	1,1	
18	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,1	0,2	0,5	0,1	8,7	3,8	0,4	1,4	1,4	3,8	0,5	1,8
20	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,2	0,3	0,7	0,8	8,8	4,8	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,8
25	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,2	0,4	0,9	0,8	11,2	5,8	0,7	2,2	2,2	10,0	0,9	3,7
30	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,3	0,5	1,0	0,9	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,9	1,0	3,8
40	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,8	0,3	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,3	4,2
50	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	0,4	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,5	5,1
75	3	1,8	2,1	2,5	1,2	1,0	0,5	1,1	2,8	0,5	28,0	13,0	1,8	5,8	5,8	20,0	2,2	6,3
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	0,6	1,6	3,8	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4
125	5	2,7	3,7	4,8	1,9	1,8	0,8	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4
150	6	3,4	4,5	6,0	2,3	2,3	0,9	2,5	5,0	1,1	57,0	28,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,3
200	8	4,5	5,5	8,4	3,0	3,4	1,2	3,5	6,0	1,4	87,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0
250	10	5,3	6,7	9,8	3,8	3,0	1,5	4,3	7,5	1,7	119,0	43,0	5,0	16,0	16,0	63,0	7,5	20,0
300	12	6,1	7,9	10,8	4,6	3,8	1,8	5,2	9,0	2,1	162,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0
350	14	7,3	9,5	13,1	5,3	4,4	2,2	6,2	11,0	2,4	210,0	60,0	7,3	22,0	22,0	94,0	11,0	29,0

### 3) Método de Simulação Numérica / Elementos Finitos Computer Fluid Dynamics (CFD)

#### [ANSYS Fluent Tutorial 1 | Calculation of losses in the pipeline](#)

Evgeniy Ivanov



#### [Fluid Mechanics Lab # 3 - Head Loss in Fittings](#)

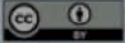
Habib Ahmari, PhD, PE

# Lab 3 Head Loss in Fittings

Applied Fluid Mechanics Lab

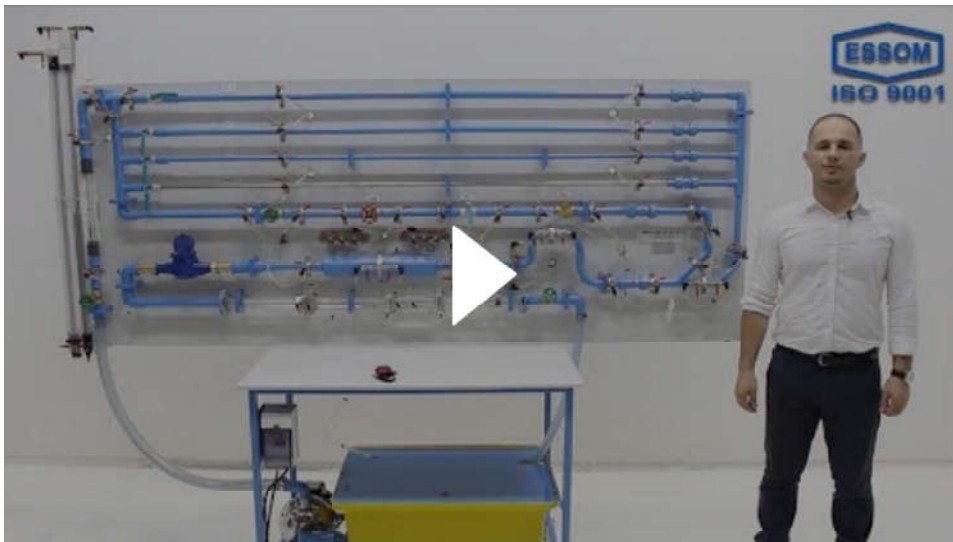
Instructor: Dr. Habib Ahmari, P.E

Production Team: Andrew Czubai  
Shah Md Imran Kabir  
Ankur Patel  
Nicholas Sopko



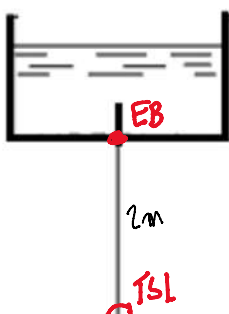
## HF135 PIPING LOSS TEST SET, Large

ESSOM COMPANY THAILAND



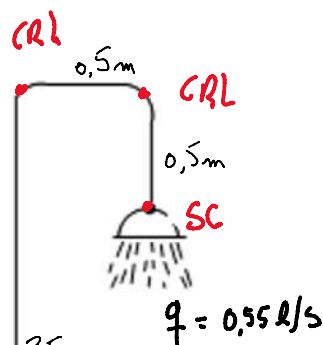
## EXERCICIOS - PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Tubo PVC  $\Rightarrow \varnothing = 3/4'' = 19\text{mm}$

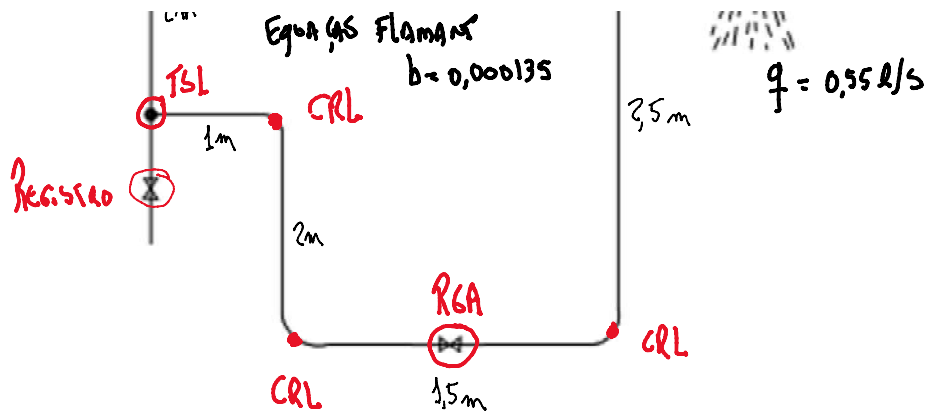


- 1 - Entrada de Borda (EB) ●
- 1 - Tê de saída de lado (TSL) ●
- 5 - Curvas 90 Raio Longo (CRL) ●
- 1 - Registro de Gaveta Aberto (RGA) ●
- 1 - Saída de Canalização (SC) ●

Equação FLAMANT  
 $b = 0,000135$



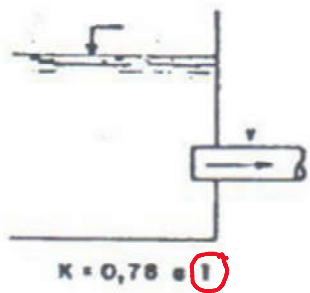




- Calcular  $h_f$  total da tubulação
  - ↳ Método - K
  - ↳ Método - L Equivalente

Ⓐ Método K

$$h_{floc} = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$



PEÇA	K
Curva de raio longo	0,25 a 0,40
Curva de raio curto	0,90 a 1,50
Curva 45°	0,20
Registro de gaveta aberto	0,20
Registro globo aberto	10,00
T passagem direta	0,60
T saída lateral	1,30
T saída bilateral	1,80
Válvula de retenção	2,50
Válvula de pé	1,75
Medidor Venturi	2,50

$$\frac{V^2}{2g} = 0,192 \text{ m}$$

$$\text{Velocidade} \Rightarrow \frac{Q}{\text{Área}} = \frac{0,00055 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \cdot 0,019^2}{4}} = 1,94 \text{ m/s}$$

	K	$K \cdot \frac{V^2}{2g}$	$h_{floc}$
1 EB	4,0	0,192	0,192
1 TSL	1,3	0,249	0,249
5 CRL	0,3	5x 0,0576	0,288
1 RGA	0,2	0,0384	0,0384
1 SC	1,0	0,192	0,192
			$\frac{0,192}{\leq} 0,96 \text{ mca}$

$h_{floc\text{-total}}$

$$h_f = \sum L \cdot \frac{1}{107} \cdot \frac{1 \text{ m} \cdot b \cdot Q^{1,75}}{\text{m}^3/\text{s}}$$

$$h_{f \text{ tubo}} \rightarrow \text{Flamant} \Rightarrow h_f = \frac{6,107 \cdot L_m \cdot v \cdot Q_m^{1,75}}{D_m^{4,76}}$$

$$h_f = \frac{6,107 \cdot \sum \text{Tubos} \cdot 10m \cdot 0,000135 \cdot 0,00055^{1,75}}{0,019^{4,76}} = 2,54m.$$

$$h_{f \text{ total no sistema}} = h_{f \text{ tubo}} + h_{f \text{ loc}} = 2,54 + 0,96 = \underline{\underline{3,5mCA}}$$

## ⑤ Método dos Comprimentos Equivalentes

Figura 2: Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre

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	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)												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	14,5	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

### Método Equivalências

1 EB 1,0

1 TSL 2,4

5 CRL 0,5 x 5

1 RGA 0,2

1 SC 0,9

Σ 7,0m eq.

$$L_{\text{TOTAL}} = L_{\text{REAL}} + L_{\text{FICÇÃO}}$$

VIRTUAL

$$L_{\text{TOTAL}} = 10,0 + 7 = 17,0m$$

VIRTUAL

$$1 \text{ SC} \quad \frac{0,9}{\Sigma 7,0 \text{ mequi}}$$

VIRTUAL

$$h_{f \text{ tubo}} \rightarrow \text{FLAMANT} \Rightarrow h_f = \frac{6,107 \cdot L \cdot m \cdot b \cdot Q^{1,75}}{D_m^{4,76}}$$

$$h_f = \frac{6,107 \cdot \overset{\substack{\Sigma \\ \text{Tubos}}}{17 \text{ m}} \cdot 0,000135 \cdot 0,00055^{1,75}}{0,019^{4,76}} = 4,31 \text{ m.}$$

•  $h_{f \text{ TOTAL NO SISTEMA}} = \underline{\underline{4,31 \text{ mCA}}}$

$h_{f \text{ TOTAL}}$

- Método K  $\Rightarrow \underline{3,5 \text{ mCA}}$
- Método Comprimentos Equivalentes  $\Rightarrow \underline{4,31 \text{ mCA}}$

