

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ESCOLA POLITÉCNICA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**

---

# **PHD 0313 Instalações e Equipamentos Hidráulicos**

**Aula 7: Sistema Predial de Água Fria  
Colunas – Pressão Mínima**

**Prof.: J. RODOLFO S. MARTINS**

**Prof.: MIGUEL GUKOVAS**

**Prof.: RONAN C. CONTRERA**

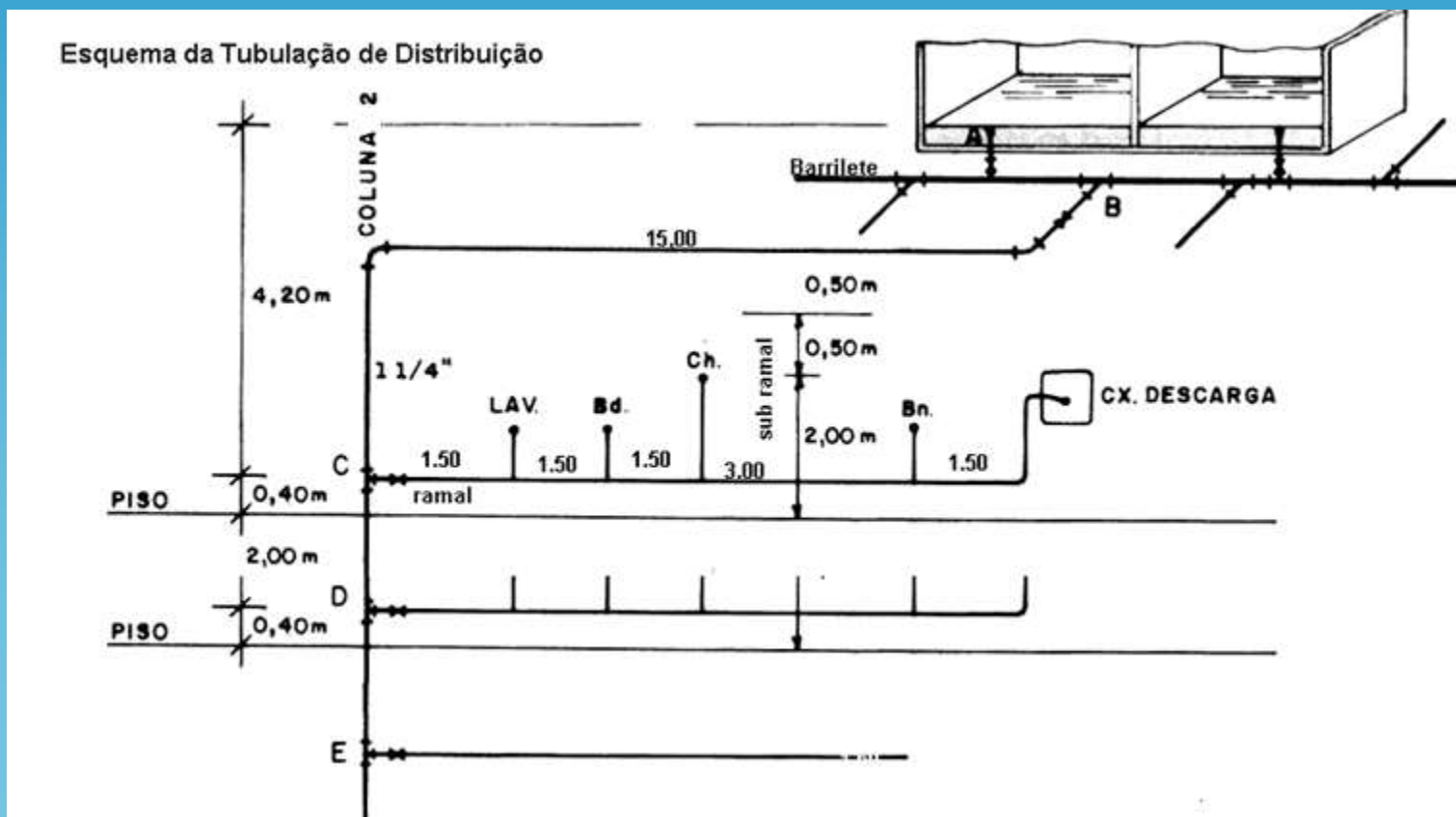
# Objetivos da aula

---

- Dimensionamento de colunas de água fria.
- Verificação de pressão mínima.

# Distribuição de Água

Reservatório Superior → Barrilete → Coluna de A.F → Ramal → Sub ramal



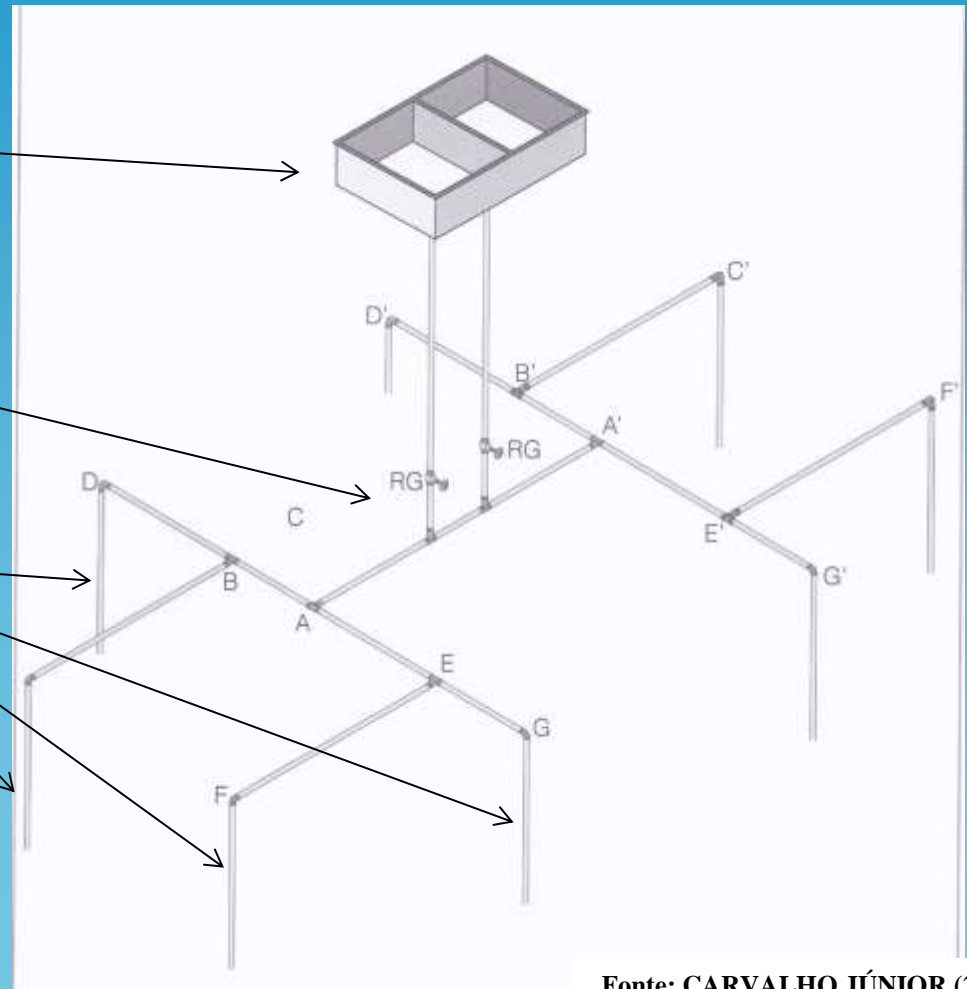
# Barrilete e Colunas de Água Fria

**Reservatório Superior**

**Barrilete**

**Colunas de água fria**

- Cada coluna abastece um conjunto de apartamentos, ou um conjunto de áreas molhadas dos apartamentos.



Fonte: CARVALHO JÚNIOR (2009)

# Dimensionamento de Sub-ramais

## Vazões Unitárias

Peças de utilização	Vazão(l/s)	Peso (P)	Diam. (mm)
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,3	20
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,70	32	50
Banheira	0,30	1,0	25
Bebedouro	0,10	0,1	20
Bidê	0,10	0,1	20
Chuveiro ou ducha	0,20	0,4	20
Chuveiro elétrico	0,10	0,1	20
Lavadora de pratos ou de roupas	0,30	1,0	25
Lavatório	0,15	0,3	20
Mictório de descarga contínua por metro	0,15	0,3	20
Mictório com válvula de descarga	0,5	2,8	25
Pia de cozinha	0,25	07	25
Pia de cozinha (torneira elétrica)	0,10	0,1	20
Tanque	0,25	0,7	25
Torneira de jardim ou lavagem em geral	0,20	0,4	20

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$$

# Dimensionamento: Ramais

---

Para o caso dos ramais, a determinação da vazão de projeto pode se feita, assim como nas colunas e barriletes, através de duas formas:

- = a soma das vazões de todos os aparelhos ligados ao ramal (vazão máxima possível);
- = incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível, obtendo-se a vazão máxima provável, ou então, simplesmente soma das vazões dos aparelhos ligados ao ramal e que se julga estarem em funcionamento simultâneo.

# Velocidade Máxima

---

A velocidade do escoamento é limitada em função do ruído, da possibilidade de corrosão e também para controlar o golpe de aríete.

A NBR 5626 recomenda que a velocidade da água, em qualquer trecho da tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s.

$$V_{MAX} = 3,0 \text{ m/s}$$

# Velocidade Admissível

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$$

Peso	Vazão	Vmax (m/s)	D (mm)	D Com (mm)	D Com (pol)
<b>0.5</b>	0.21	1.60	13	13	1/2
<b>1</b>	0.30	1.95	14	19	3/4
<b>5</b>	0.67	2.25	19	19	3/4
<b>10</b>	0.95	2.25	23	25	1
<b>20</b>	1.34	2.25	28	32	1 1/4
<b>50</b>	2.12	2.50	33	38	1 1/2
<b>100</b>	3.00	2.50	39	50	2
<b>200</b>	4.24	2.50	46	50	2
<b>500</b>	6.71	2.50	58	63	2 1/2
<b>1000</b>	9.49	2.50	70	75	3
<b>2000</b>	13.42	2.50	83	100	4
<b>5000</b>	21.21	2.50	104	125	5
<b>10000</b>	30.00	2.50	124	125	5
<b>20000</b>	42.43	2.50	147	150	6



# Pressão

---

A NBR 5626 recomenda os seguintes valores máximos e mínimos para a pressão em qualquer ponto da rede:

**PRESSÃO ESTÁTICA MÁXIMA: 400kPa (40mca);**  
**PRESSÃO DINÂMICA MÍNIMA: 5kPa (0,5 mca)**

# Dimensionamento de Colunas

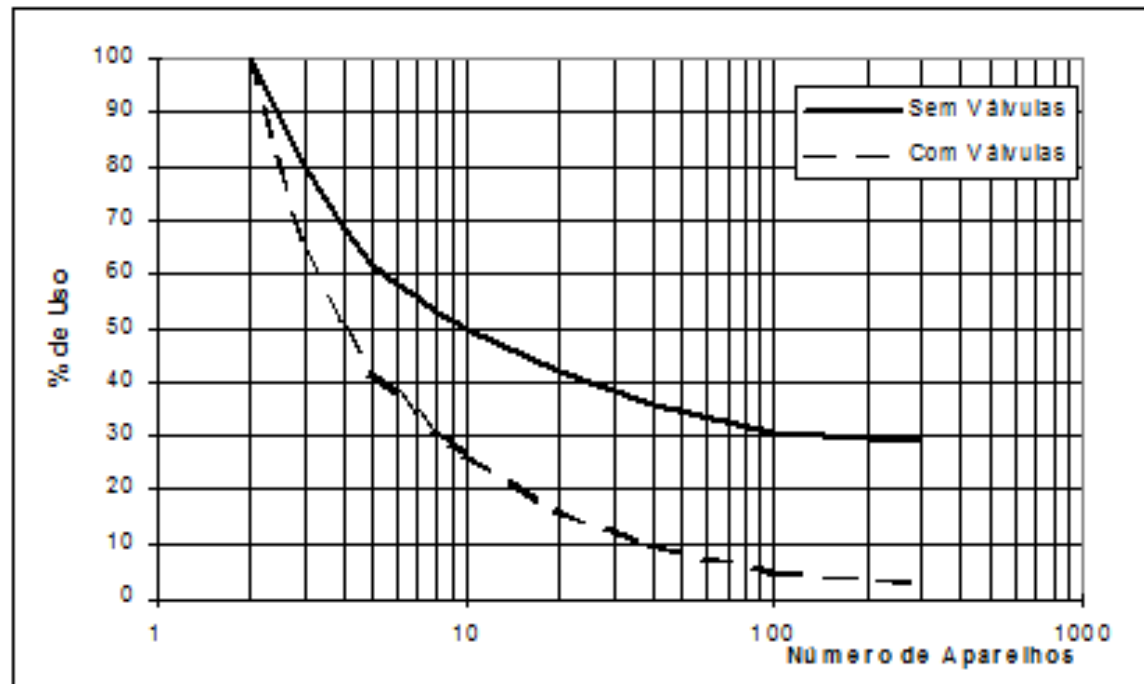
---

As colunas e os barriletes são dimensionados da mesma forma que os ramais, levando-se em conta porém a não utilização simultânea dos equipamentos. Tal consideração é feita a partir de um fator de utilização que permite a redução da vazão de dimensionamento a partir do número de equipamentos ligados à linha.

# Uso Simultâneo

## % de Uso

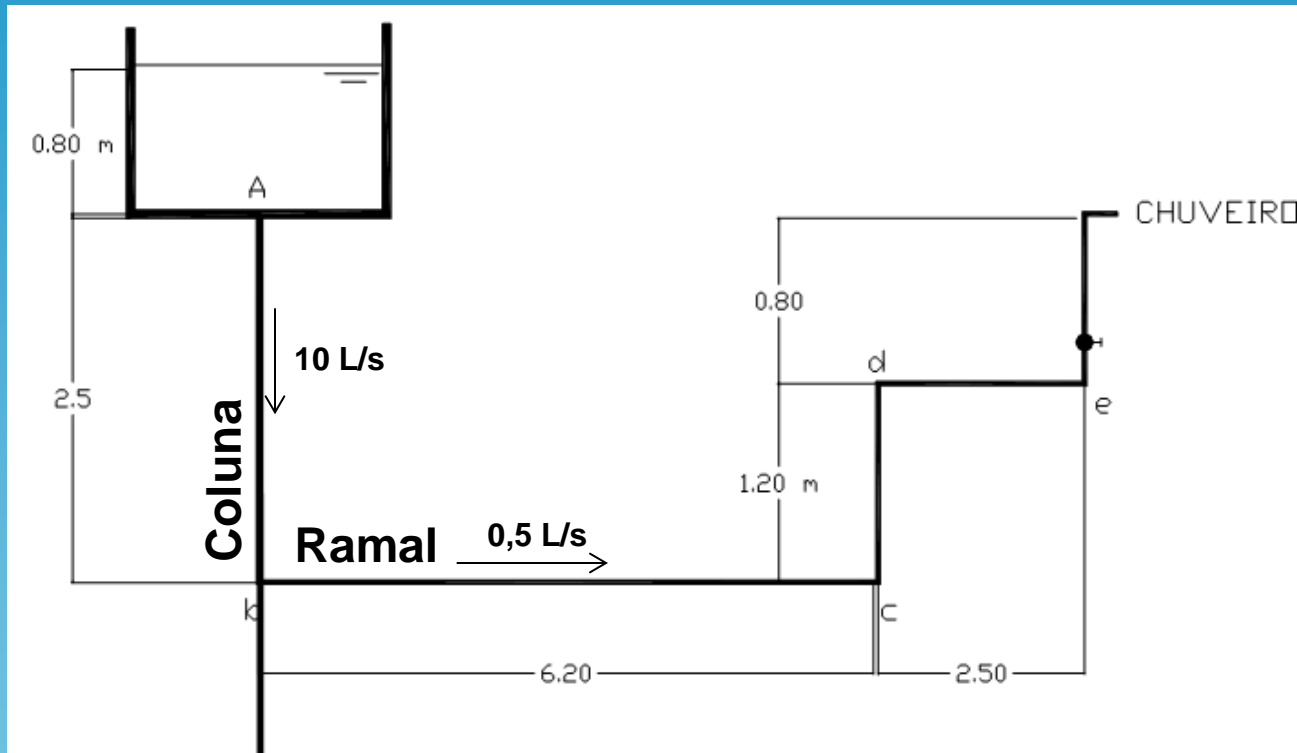
No. Aparelhos	Sem Válvulas	Com Válvulas
2	100	100
3	80	65
4	68	50
5	62	42
6	58	38
7	56	34
8	53	31
9	51	29
10	50	27
20	42	16
40	36	10
100	31	5
300	29	2.5



# Pressões Máximas e Mínimas

Aparelho	Pressão de Serviço (m.c.a.)	
	Mínima	Máxima
Válvula de Bóia	0.5	40
Válvula de Descarga 1 ½"	2.00	6
Válvula de Descarga 1 ¼"	3.00	15
Torneira Uso Geral	1.00	40
Chuveiro	0.50	40
Aquecedor a gás	0.50	5
Aquecedor elétrico	0.50	4
Caixas de descarga	1.00	40

# Exemplo



Verificação da Pressão Mínima no Ponto	Chuveiro
Material da Tubulação	FoFo
Rugosidade Absoluta (mm)	0.15
Desnível Geométrico (m)	2.3
Pressão Mínima Admitida no Ponto	1

# Cálculo

Trecho	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	L real (m)	L Virtual (m)	L Total (m)	Velocidade (m/s)	No. Reynolds	f	DH (m)	Carga (m)
A-B	10.00	100.00								
B-C	0.50	32.00								
C-D	0.50	25.00								
D-E	0.50	20.00								
E-Chuv	0.50	20.00								

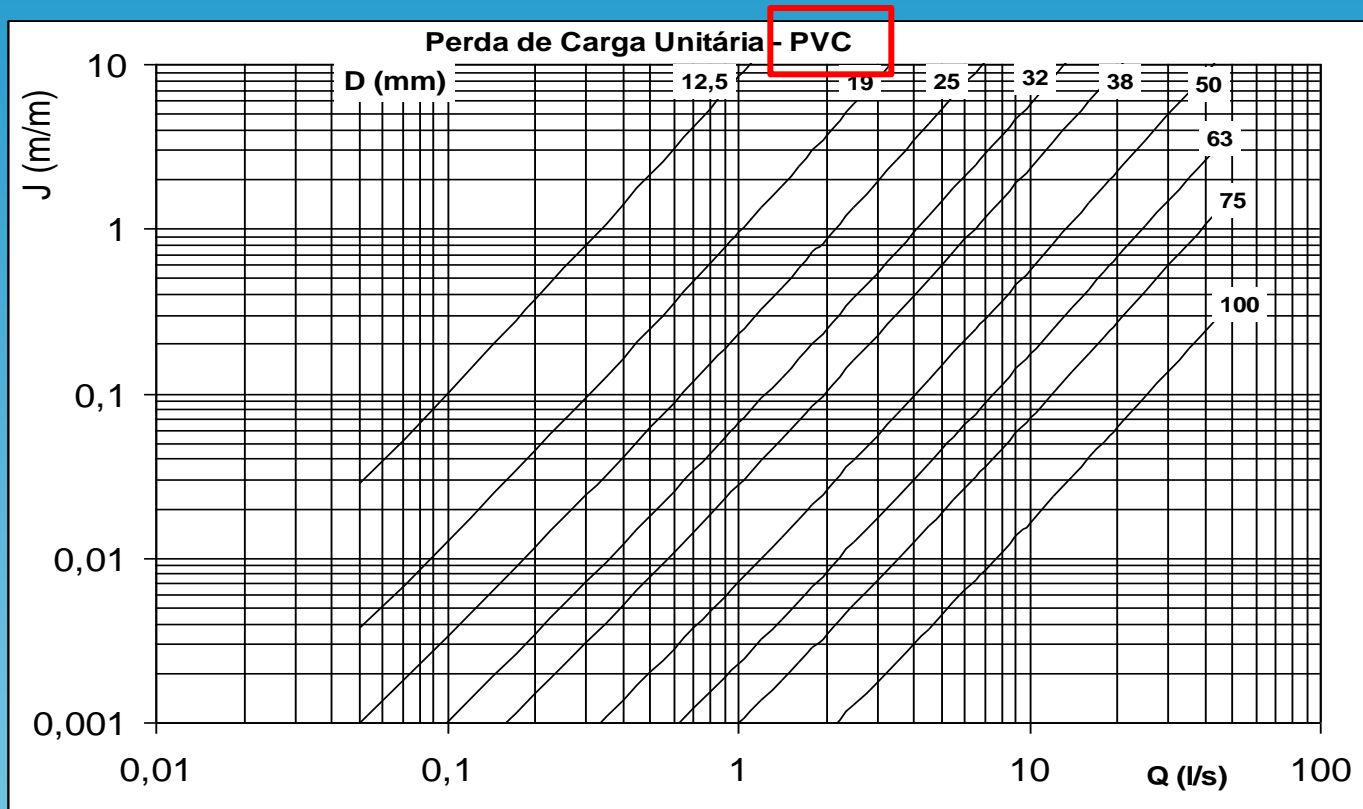
Trecho	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	L real (m)	L Virtual (m)	L Total (m)	Velocidade (m/s)	No. Reynolds	f	DH (m)	Carga (m)
A-B	10.00	100.00	2.50	2.00	4.50	1.27	126063	0.023	0.087	2.21
B-C	0.50	32.00	6.20	1.20	7.40	0.62	19697	0.034	0.155	2.06
C-D	0.50	25.00	1.20	1.00	2.20	1.02	25213	0.035	0.163	1.89
D-E	0.50	20.00	2.50	1.00	3.50	1.59	31516	0.037	0.827	1.07
E-Chuv	0.50	20.00	0.80	0.50	1.30	1.59	31516	0.037	0.307	0.76

**Pressão disponível insuficiente!**

**O que fazer??**

**PHD0313/6/14**

# Perdas de Carga Distribuídas



- PVC ou cobre até 100 mm

- Aço galvanizado ou ferro fundido até 100 mm

$$J = 0,0008695 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J = 0,002021 \cdot \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}}$$

# Perdas de Carga - Tabela de Comprimentos Equivalentes

Tabela 7.6 – Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. (Expressos em metros de canalização retilínea)\*

Diâmetro D			COTOVELO 90° RAIO LONGO	COTOVELO 90° RAIO MÉDIO	COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	CURVA 90° R/D - 1 1/4"	CURVA 90° R/D - 1"	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	VÁLVULA DE GAVETA ABERTO	VÁLVULA DE GLOBO ABERTO	VÁLVULA DE ÂNGULO ABERTO	TÉ PASSAGEM DIRETA	TÉ SAÍDA DE LADO	TÉ SAÍDA LATERAL	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RETEÇÃO TIPO LEVE	VÁLVULA DE RETEÇÃO TIPO PESADO
	mm	pol																			
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	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	0,2	0,2	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	0,3	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	0,4	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	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	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	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	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	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	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	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	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	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	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	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	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



















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

# Perdas de Carga Localizadas

## Tabela de Comprimentos Equivalentes PVC ou Metal

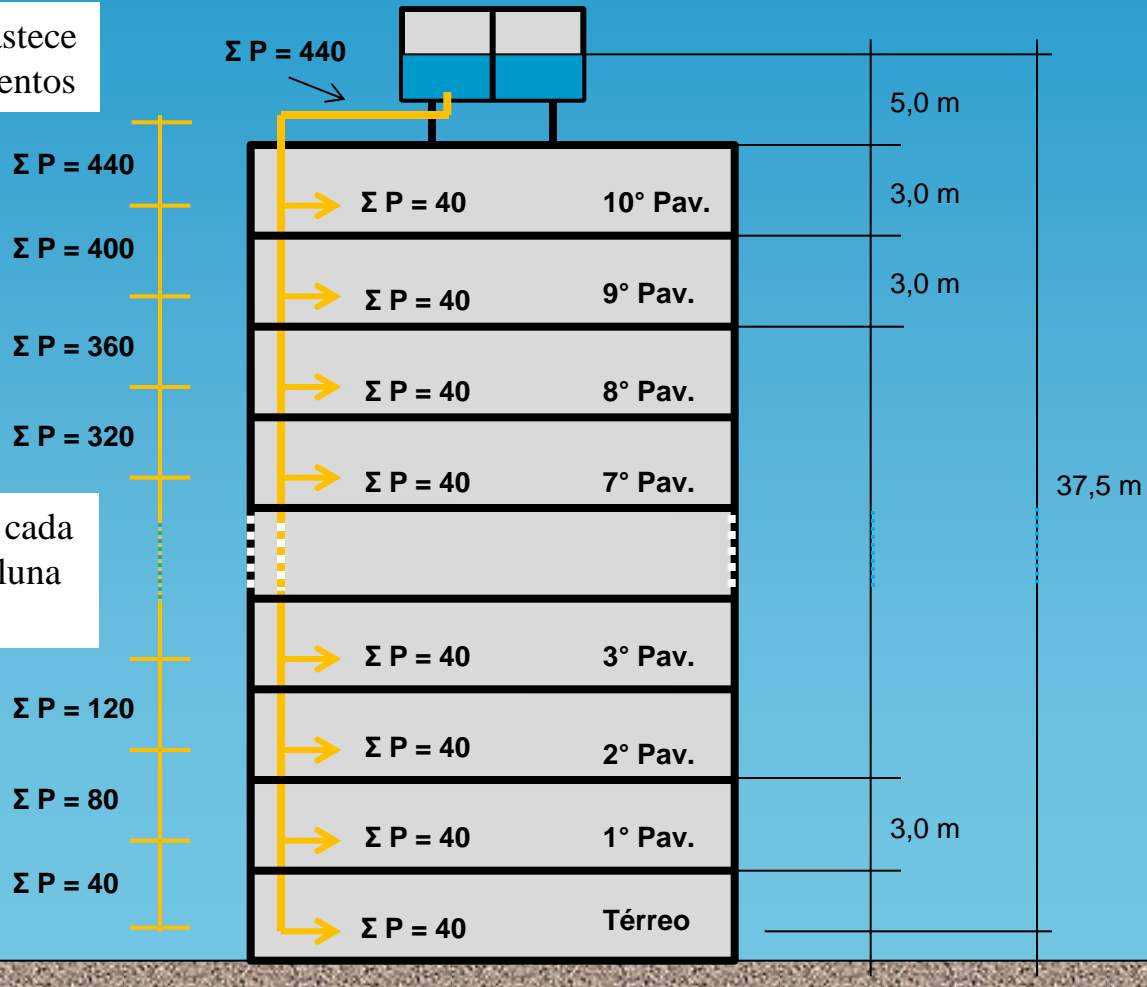
- A diferença se deve principalmente ao diâmetro de referência.

PHD0313/6/17

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"	5"
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	0,02	0,03	0,04
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

# Colunas – Diâmetro Variável

Ex: Uma coluna que abastece um conjunto de apartamentos



Como  $\Sigma$  Pesos varia em cada trecho, o diâmetro da coluna pode ser variável.

# Colunas

- Quando o sistema engloba colunas e barrilete, a verificação de pressão dinâmica mínima deve ser feita desde o reservatório até o ponto **menos favorável** (em um dos apartamentos do pavimento superior) considerando todo o percurso.

Pavimento	Pesos	Peso Acumulado	Vazão no trecho $Q = 0,3 \sqrt{\sum P}$	L tubo	L eqv	D	V $v = Q/A$	Re $Re = \frac{VD}{\nu}$	f	Perda de Carga $\Delta H = f \frac{L V^2}{D 2g}$	Carga Disponível $H_i = H_{i-1} - \Delta H$
			l/s	m	m	(mm)	m/s			m	m
										Desnível Total	38.00
Térreo	40	40	1.90	3	2.25	38	1.67	63574	0.0300	0.59	34.41
1	40	80	2.68	3	2.25	50	1.37	68329	0.0280	0.28	31.13
2	40	120	3.29	3	2.25	50	1.67	83686	0.0277	0.42	27.71
3	40	160	3.79	3	2.25	63	1.22	76692	0.0265	0.17	24.55
4	40	200	4.24	3	2.25	63	1.36	85744	0.0263	0.21	21.34
5	40	240	4.65	3	2.25	63	1.49	93928	0.0261	0.25	18.09
6	40	280	5.02	3	2.25	75	1.14	85221	0.0254	0.12	14.98
7	40	320	5.37	3	2.25	75	1.21	91106	0.0252	0.13	11.85
8	40	360	5.69	3	2.25	75	1.29	96632	0.0251	0.15	8.70
9	40	400	6.00	3	2.25	75	1.36	101859	0.0251	0.16	5.53
10	40	440	6.29	3	2.25	75	1.42	106831	0.0250	0.18	2.35

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3.54D} \right)$$

Pavimento menos favorável

# Simbologia

<b>Tubulação de combate a incêndio</b>	
<b>Subida</b>	
<b>Descida</b>	
<b>Passagem na laje</b>	
<b>Coluna de água fria</b>	
<b>Registro de gaveta</b>	
<b>Plug. (Terminal)</b>	
<b>Tê de 45°</b>	
<b>Tê de 90°</b>	
<b>Cruzeta</b>	
<b>Hidrômetro</b>	
<b>Válvula de retenção</b>	
<b>Joelho de 45°</b>	
<b>Joelho de 90°</b>	
<b>Curva</b>	
<b>Redução</b>	