



PCC3461 - SISTEMAS PREDIAIS I

Sistemas Prediais de Suprimento de Água Fria Dimensionamento

Professores:

Lúcia Helena de Oliveira

Moacyr Eduardo Alves da Graça

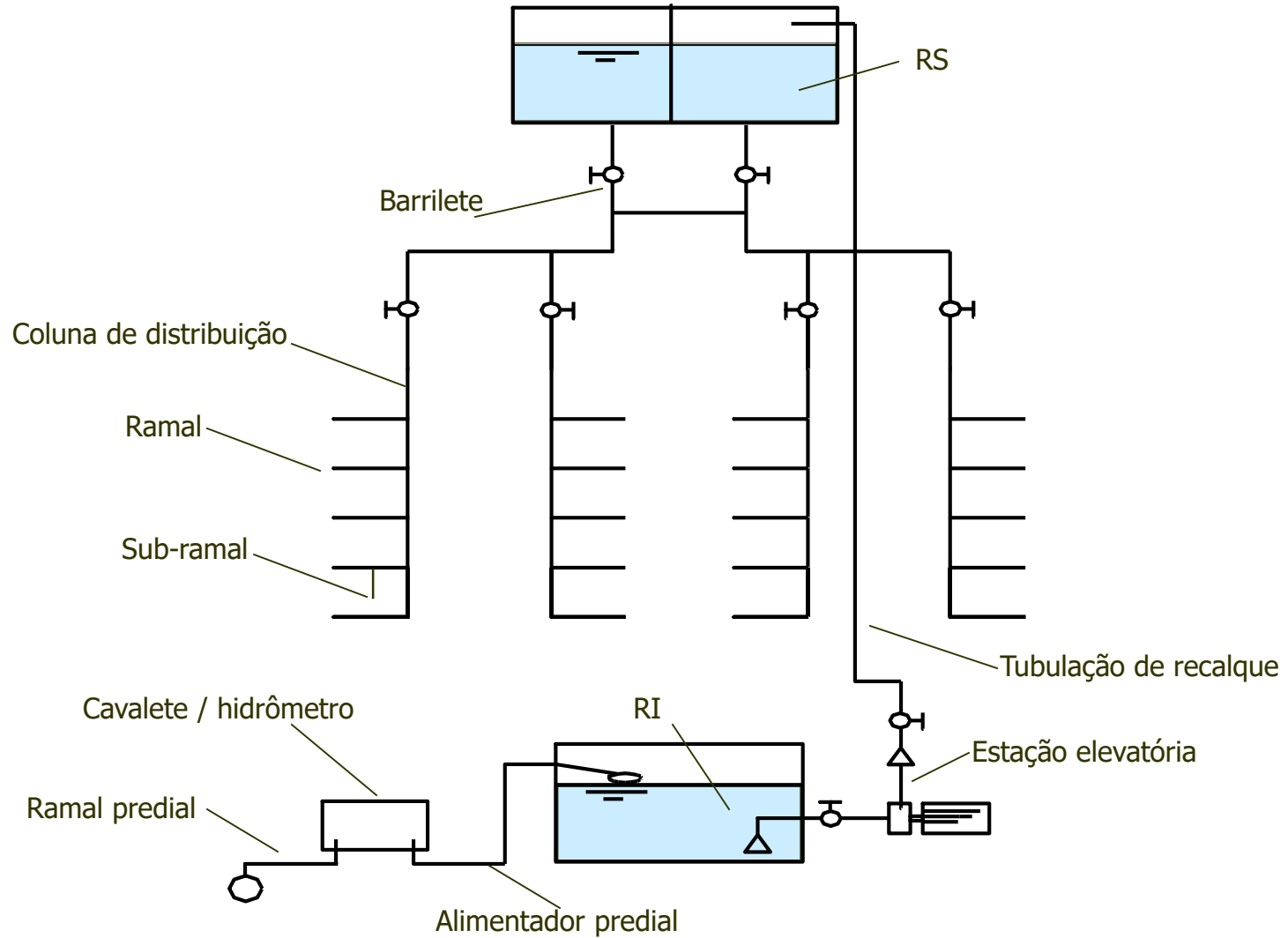
Orestes Marraccini Gonçalves

Sistemas Prediais de Água Fria

Assuntos:

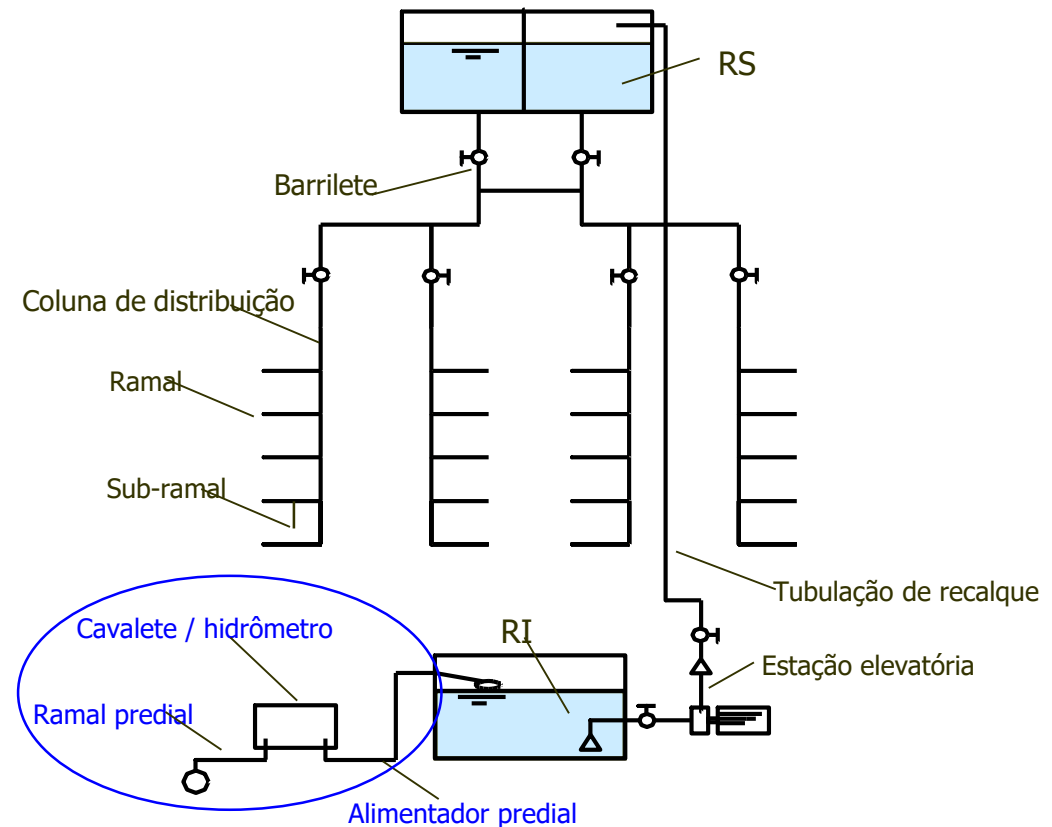
- Dimensionamento do sistema de alimentação
- Dimensionamento do sistema de reservação
- Dimensionamento do sistema de distribuição

Sistema Predial de Água Fria



Dimensionamento do sistema de alimentação

- Ramal predial
- Cavalete / hidrômetro
- Alimentador predial



Dimensionamento dos Componentes do Sistema Predial de Água Fria

Estimativa do Consumo Diário de Água

$$C_D = C * P$$

Em que:

C_D é o consumo diário total (l/dia);

C é o consumo diário "per capita" (l/dia);

P é a população do edifício (pessoas).

Edifício	População (P)
escritório	1 pessoa/9 m ²
loja	1 pessoa/3 m ²
hotel	1 pessoa/15 m ²
hospital	1 pessoa/15 m ²
apart./resid.	$P = 2 N_{DS} + N_{DF}$ ou 5 pessoas/unidade

Edifício	Consumo (l/dia)
alojamento provisório	80 "per capita"
apartamento	200 "per capita"
asilo, orfanato	150 "per capita"
cinema e teatro	2 por lugar
ed. público, com.l ou c/escrit.	50 "per capita"
escola - externato	50 "per capita"
escola - internato	150 "per capita"
escola - semi-internato	100 "per capita"
garagem	50 por automóvel
hospital	250 por leito
hotel (s/ coz. e s/ lav.)	120 por hóspede
jardim	1,5 por m ² de área
lavanderia	30 por kg de roupa seca
mercado	5 por m ² de área
quartel	150 "per capita"
residência popular ou rural	120 "per capita"
residência	150 "per capita"
restaurante e similares	25 por refeição

Dimensionamento do Sistema de Alimentação

Alimentador Predial

A **vazão** a ser considerada para o dimensionamento do alimentador predial é obtida a partir do consumo diário:

$$Q_{AP} \geq \frac{C_D}{86400(s)}$$

Em que:

Q_{AP} é a vazão mínima a ser considerada no alimentador predial (l/s);

C_D é o consumo diário (l/dia).

O **diâmetro** do alimentador predial é dado, por sua vez, por:

$$D_{AP} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{AP}}{\pi \cdot V_{AP}}}$$

Em que:

D_{AP} é o diâmetro do alimentador predial, m;

Q_{AP} é a vazão em m³/s;

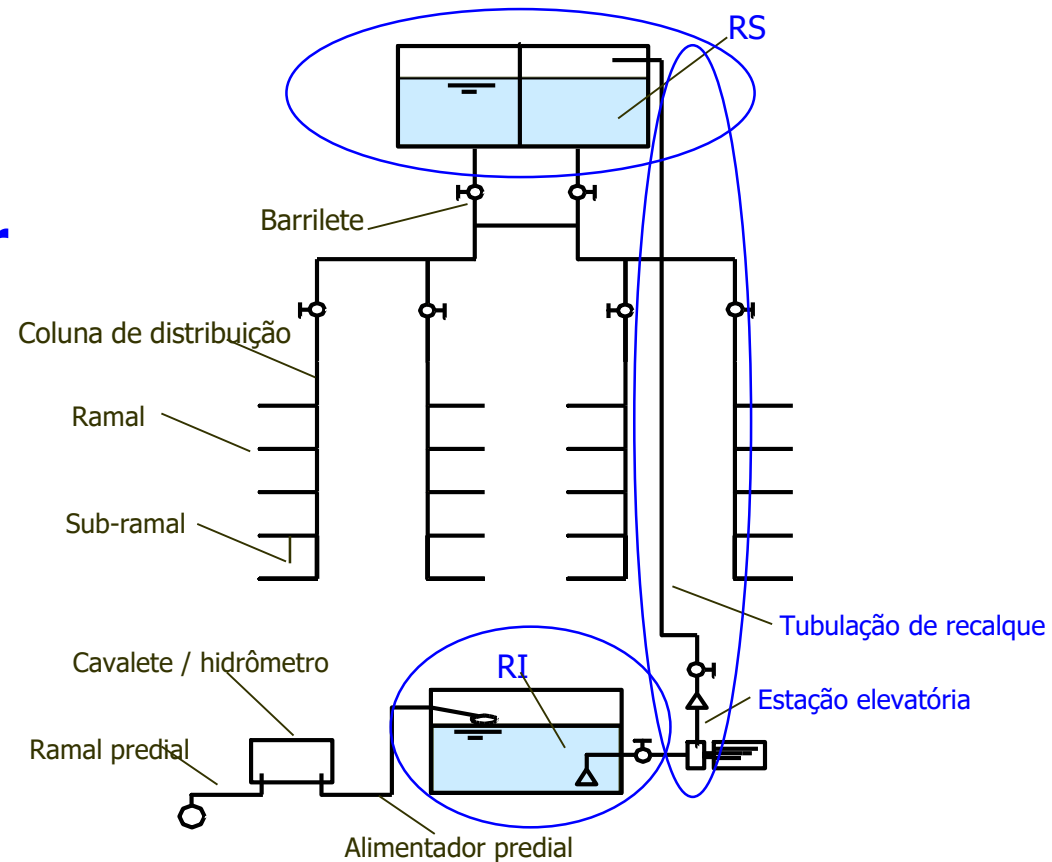
V_{AP} é a velocidade no alimentador predial ($0,6 < V_{AP} \leq 1,0$ m/s).

A Tabela apresenta os diâmetros de alimentador predial em função da velocidade e do consumo diário.

Velocidade (m/s)	Diâmetro Nominal (mm)								
	20	25	32	40	50	60	75	85	110
	Consumo Diário (m ³)								
0,6	11,8	19,0	31,5	50,4	78,8	116,1	180,6	232,7	389,4
1,0	19,6	31,7	52,4	84,1	131,4	193,5	301,0	387,8	649,0

Dimensionamento do Sistema de Reservação

- Reservatório inferior
- Estação elevatória
- Reservatório superior



Dimensionamento do Sistema de Reservação

Capacidades dos Reservatórios Inferior e Superior

$$V_{RI} = 0,6C_D + N_D C_D + (V_{CIS} + V_{AC})$$

$$V_{RS} = 0,4C_D + V_{CIH} + (V_{AC})$$

Em que:

V_{RI} é o volume do reservatório inferior;

V_{RS} é o volume do reservatório superior;

N_D é o número de dias para reserva adicional de água;

V_{CIS} é o volume para combate a incêndio com *sprinklers*;

V_{CIH} é o volume para combate a incêndio com hidrantes;

V_{AC} é o volume necessário para o sistema de ar condicionado.

Dimensionamento do Sistema de Recalque

O diâmetro da **tubulação de recalque** pode ser determinado a partir da Fórmula de Forchheimer:

$$D_{rec} = 1,3 \sqrt{Q_{rec}} \sqrt[4]{X}$$

Em que:

D_{rec} é o diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q_{rec} é a vazão de recalque (m³/s).

A vazão de recalque é dada por:

$$Q_{rec} = \frac{C_D}{N_F}$$

Em que:

N_F é o número de horas de operação da bomba no período de 24 horas;

X é a relação entre o número de horas de operação da bomba e o número de horas do dia, ou seja:

$$X = \frac{N_F}{24}$$

Dimensionamento do Sistema de Recalque

Assim, pode-se determinar D_{rec} em função do consumo diário (C_D) e de N_F , cujos valores são apresentados na Tabela a seguir.

Nº de horas de operação da bomba	Diâmetro de nominal (mm)					
	20	25	32	40	50	60
	Consumo diário (m ³ /dia)					
2,5	6,6	10,3	16,9	26,4	41,2	59,4
3	7,2	11,3	18,5	28,9	45,1	65,0
4	8,3	13,0	21,3	33,3	52,1	75,1
5	9,3	14,5	23,8	37,3	58,3	84,0
6	10,2	15,9	26,1	40,9	63,9	92,0

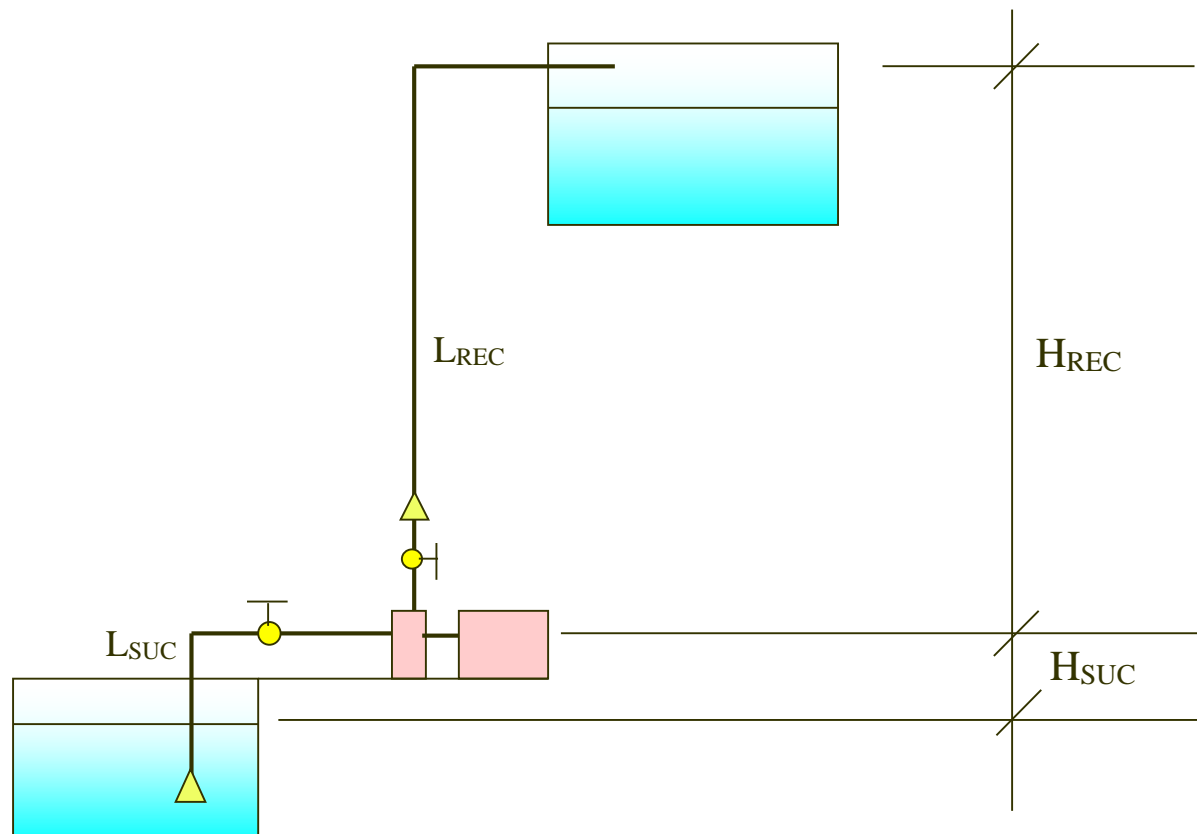
OBS.: Redimensionar para diâmetro interno do respectivo DN e material escolhido.

Adota-se para a **tubulação de sucção** um diâmetro igual ou imediatamente superior ao da tubulação de recalque.

$$D_{SUC} \geq D_{REC}$$

Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

A escolha do conjunto motor-bomba consiste na determinação da vazão de recalque, Q_{rec} , e da altura manométrica total, H_{MAN} .



Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

Determinação da altura manométrica total da instalação

A **altura manométrica total** é dada por:

$$H_{MAN} = H_{MAN}^{REC} + H_{MAN}^{SUC}$$

Em que:

H_{MAN}^{REC} é a altura manométrica do recalque (mca);

H_{MAN}^{SUC} é a altura manométrica da sucção (mca).

Para a determinação da **altura manométrica do recalque** tem-se:

$$H_{MAN}^{REC} = H_{REC} + \Delta H_{REC}$$

Em que:

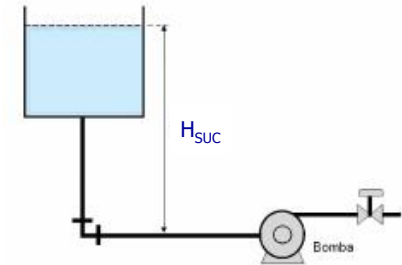
H_{REC} é a diferença de cotas entre o nível médio da bomba e o ponto mais alto a ser atingido;

ΔH_{REC} é a perda de carga no recalque.

Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

Para a **altura manométrica de sucção**, caso o nível do reservatório inferior esteja acima do nível médio da bomba, **bomba "afogada"**, a expressão é a seguinte:

$$H_{MAN}^{SUC} = -H_{SUC} + \Delta H_{SUC}$$



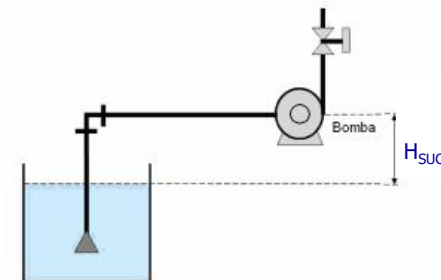
Em que:

H_{SUC} é a diferença de cotas entre o nível médio da bomba e a tomada de sucção;

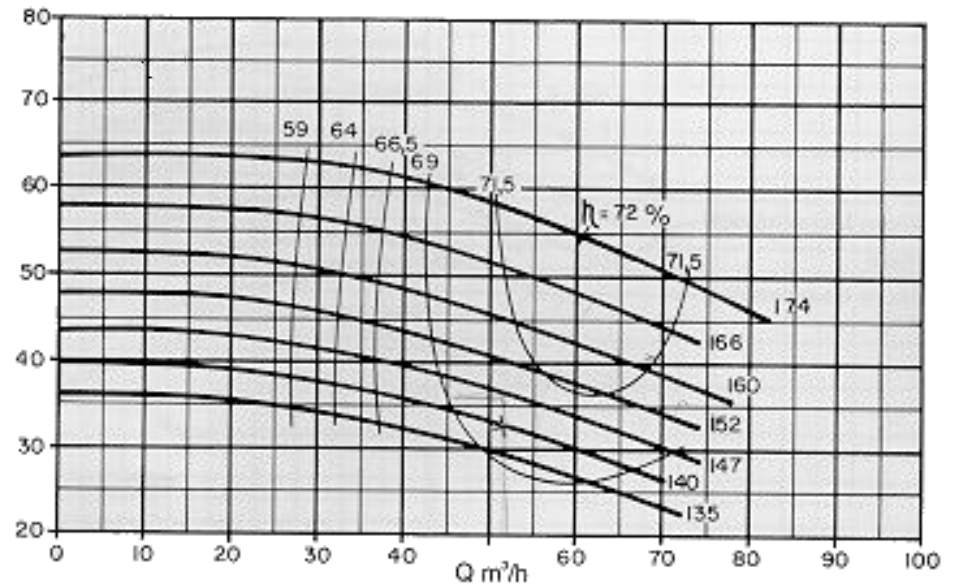
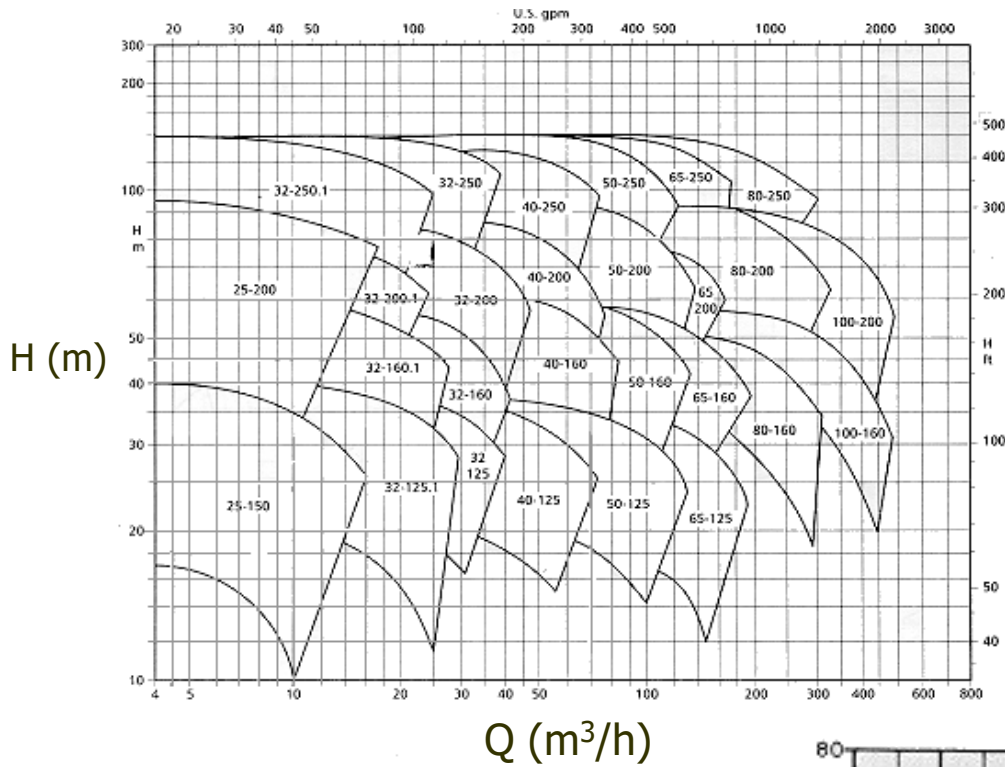
ΔH_{SUC} é a perda de carga na sucção.

Se a bomba **não** estiver **afogada**, a altura manométrica de sucção é dada por:

$$H_{MAN}^{SUC} = H_{SUC} + \Delta H_{SUC}$$

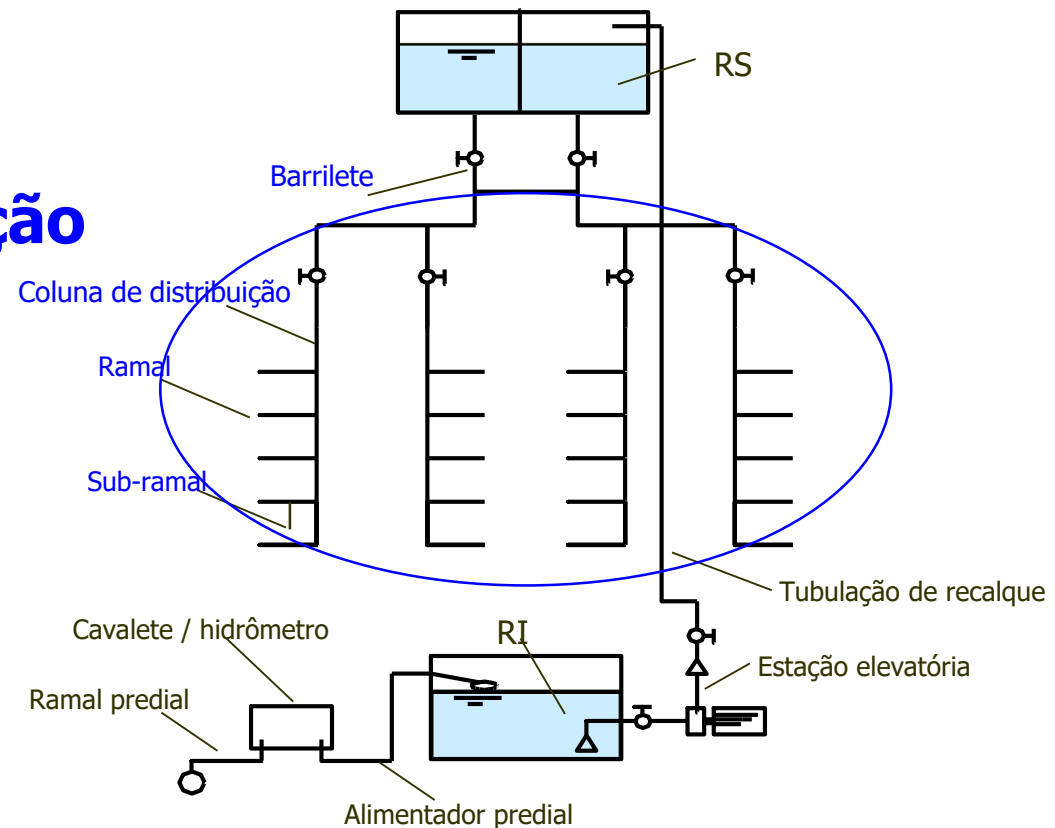


Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba



Dimensionamento do Sistema de Distribuição

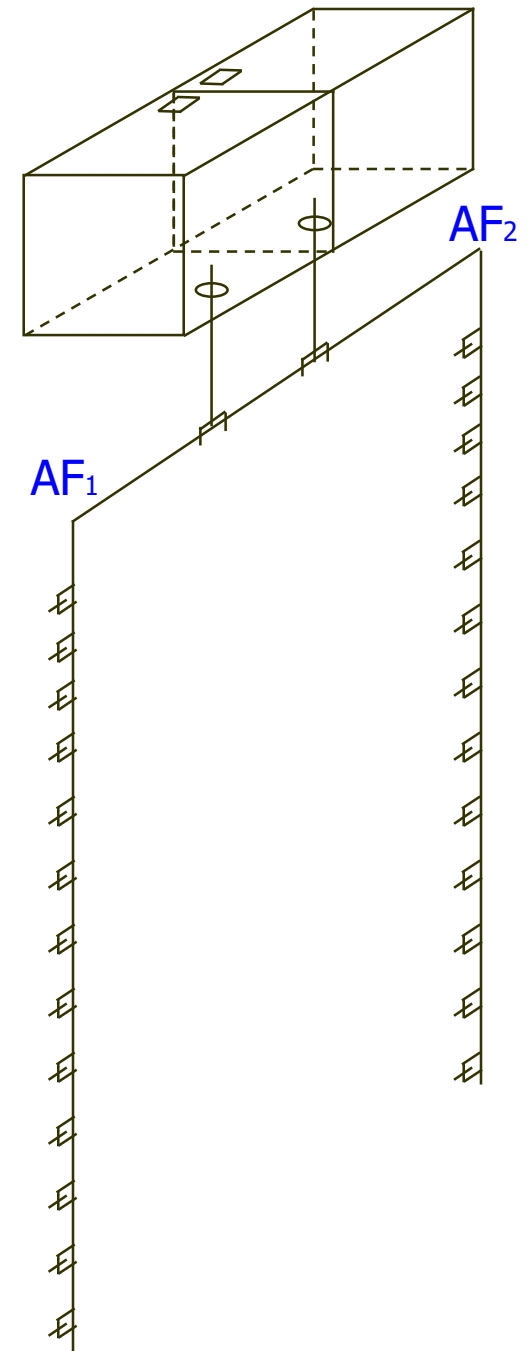
- **Barrilete**
- **Coluna de distribuição**
- **Ramal**
- **Sub-ramal**



Sistema de Distribuição

Vazão

- Supor o funcionamento simultâneo de todos os pontos de utilização do sistema (**vazão máxima de projeto**), o que se constitui, na maioria dos casos, numa **abordagem inadequada**, uma vez que a probabilidade de que isso ocorra seja bastante reduzida, conduzindo a sistemas anti-econômicos.
- Incorporar à vazão máxima de projeto, fatores que representem a probabilidade de ocorrência de uso simultâneo de diferentes pontos do sistema (**vazão máxima provável ou vazão de projeto**).



Sistema de Distribuição

Vazão

- Métodos empíricos (Método dos Pesos)
- Métodos probabilísticos

$$Q_{PT} = q_r \sqrt{\sum n_i p_i}$$

Em que:

q_r é a vazão de referência (L/s);

n_i é o número de aparelhos sanitários do tipo "i",

sendo:

$$p_i = \left(\frac{q_i}{q_r} \right)^2$$

Em que:

q_i é a vazão unitária do aparelho do tipo "i"

Pela NBR 5626/98, a vazão de referência, q_r é igual a 0,3 L/s.

$$Q_{PT} = 0,3 \sqrt{\sum n_i p_i}$$

e

$$p_i = \left(\frac{q_i}{0,3} \right)^2$$

Sistema de Distribuição

Vazões unitárias dos pontos de utilização (NBR 5626/98)

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Vazão l/s
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de Pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
Cerâmico	sem sifão integrado	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,15 p/ m de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torn. jardim ou de lav. em geral		Torneira	0,20

Sistema de Distribuição

Vazão

Pesos atribuídos aos pontos de utilização (NBR 5626/98)

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,3
		Válvula de descarga	32
Banheira		Misturador (água fria)	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de Pressão	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,3
Mictório	com sifão integrado	Válvula de descarga	2,8
Cerâmico	sem sifão integrado	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,7
		Torneira elétrica	0,1
Tanque		Torneira	0,7
Torn. jardim ou de lav. em geral		Torneira	0,4

Sistema de Distribuição

Vazão

Para o caso dos **ramais**, a determinação da vazão de projeto pode ser 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.



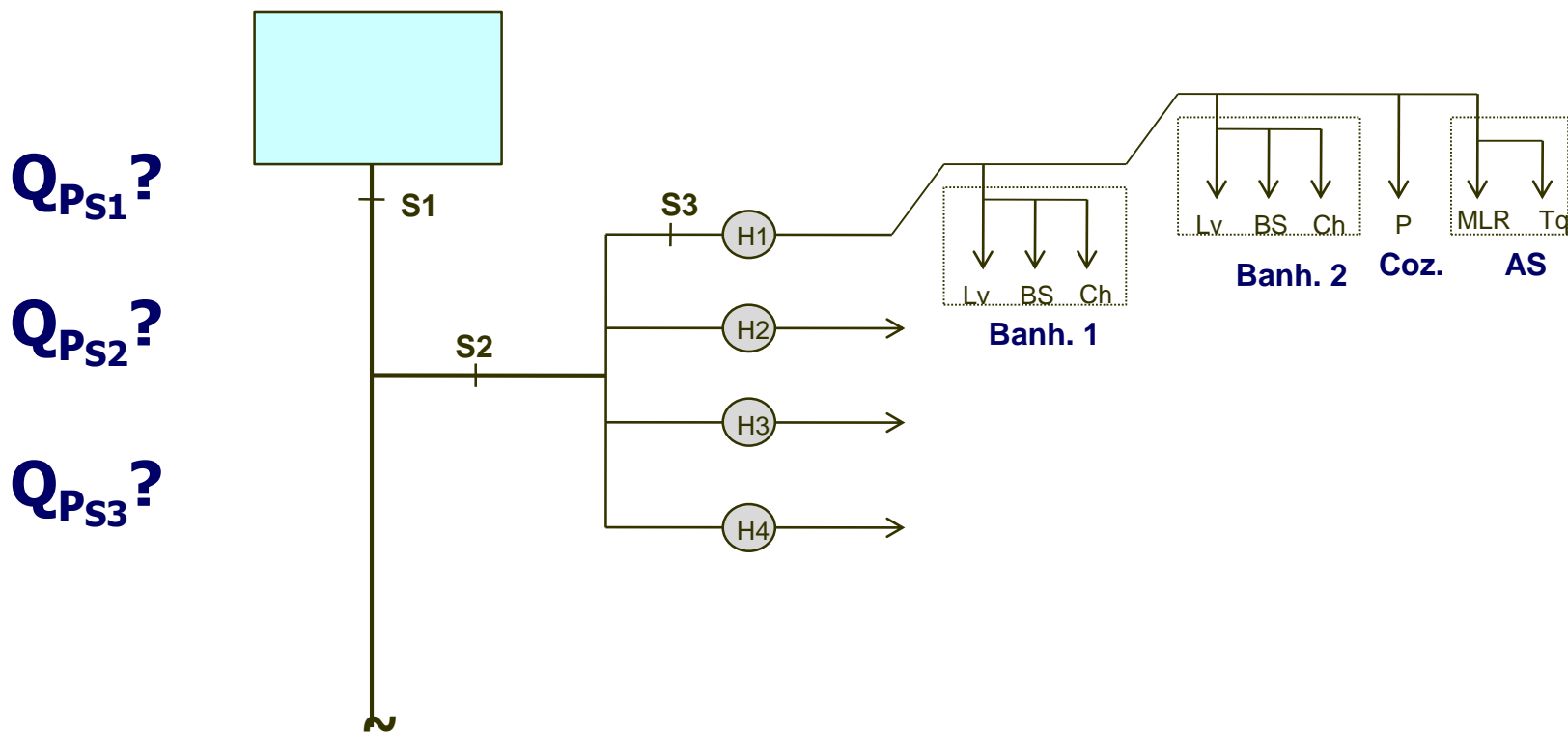
Exercício 1



Sistema de Distribuição

Exercício 1:

Para um edifício com 12 andares e 4 apartamentos por andar, determinar as vazões de projeto para as seções S1, S2 e S3 da figura abaixo. Considerar chuveiros elétricos.



Sistema de Distribuição

Velocidade

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.

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

Em que:

V_{MAX} é a velocidade máxima na tubulação.

Sistema de Distribuição

Pressão

A NBR 5626 (1998) recomenda os seguintes valores **máximos** e **mínimos** para a pressão em qualquer ponto da rede:

- **Pressão estática máxima: 400 kPa (40 mca)**
- **Pressão dinâmica mínima: 5 kPa (0,5 mca)**

A **pressão dinâmica** nos **pontos de utilização**, em qualquer caso, não deve ser inferior a **10 kPa**.

Exceções:

- **Caixa de descarga**, que poderá atingir até um mínimo de **5 kPa**;
- **Válvula de descarga** para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a **15 kPa**.

Sistema de Distribuição

Pré-dimensionamento

$$Q_P = A_{MIN} * V_{MÁX}$$

isto é:

$$A_{MIN} = \frac{Q_P}{V_{MÁX}} \quad \text{ou} \quad D_{MIN} = \sqrt{\frac{4Q_P}{\pi V_{MÁX}}}$$

Em que:

Q_P é a vazão de projeto (m³/s);

A_{MIN} é a área mínima da seção transversal do tubo (m²);

$V_{MÁX}$ é limite superior admitido para a velocidade;

D_{MIN} é o diâmetro interno mínimo (m).

Velocidades e vazões máximas (PVC soldável).
(Cálculo realizado para diâmetro interno).

Diâmetro nominal	$V_{MÁX}$ (m/s)	$\Sigma P_{MÁX}$	$Q_{MÁX}$ (l/s)
20	3,00	5	0,68
25	3,00	13	1,10
32	3,00	37	1,82
40	3,00	95	2,92
50	3,00	231	4,56
60	3,00	501	6,72
75	3,00	1213	10,45
85	3,00	2014	13,47
110	3,00	5643	22,54

Sistema de Distribuição

Pré-dimensionamento de sub-ramais

Ponto de utilização para	Diâmetro Ref. (pol)	Diâmetro Ref. (mm)
Aquecedor:		
•Alta pressão	1/2	20
•Baixa pressão	3/4	25
Banheira	1/2	20
Bebedouro	1/2	20
Bidê	1/2	20
Caixa de descarga	1/2	20
Chuveiro	1/2	20
Filtro de pressão	1/2	20
Lavatório	1/2	20
Lavadora de pratos ou de roupas	3/4	25
Pia de cozinha	1/2	20
Tanque para lavar roupas	3/4	25
Válvula de descarga	1 1/4*	40

* Quando a pressão estática de alimentação for inferior a 30 kPa (3 mca), recomenda-se instalar a válvula de descarga em sub-ramal, com diâmetro de referência 1 1/2 (50 mm).



Exercício 2

Sistema de Distribuição

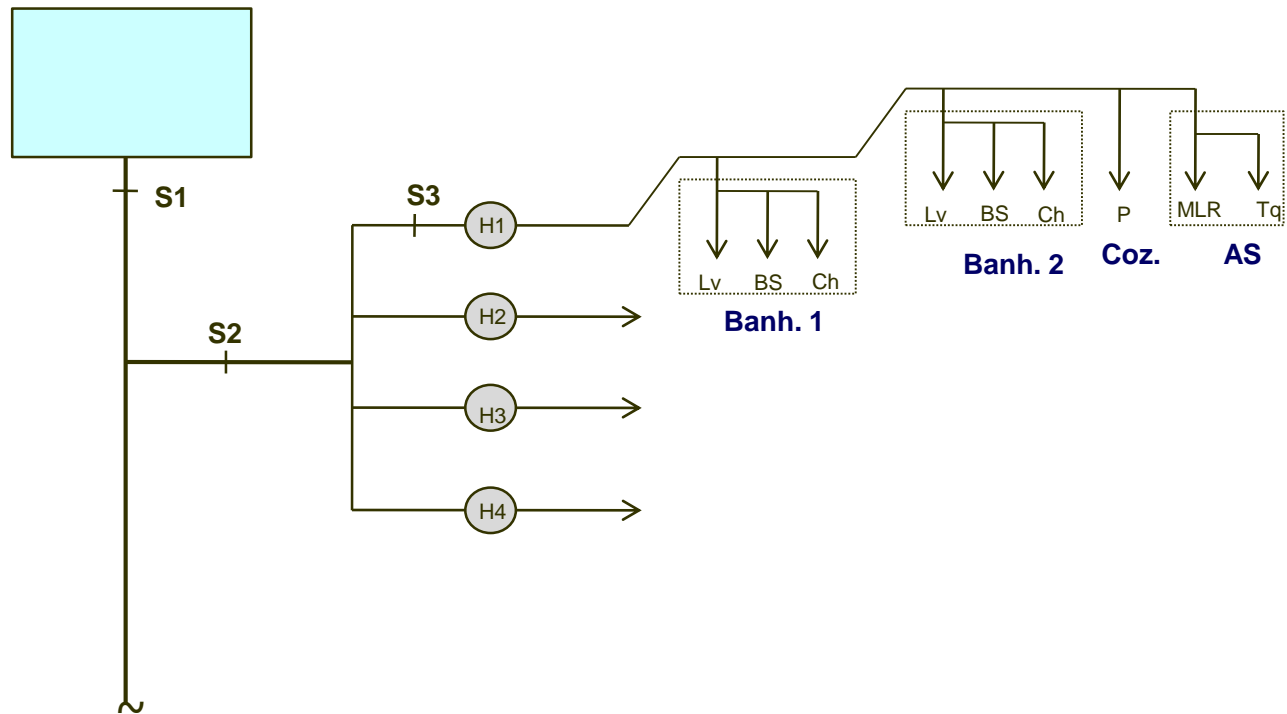
Exercício 2:

Pré-dimensionar as seções S1, S2 e S3 dos ramais do Exercício 1.

$D_{S1}?$

$D_{S2}?$

$D_{S3}?$



Sistema de Distribuição

Perda de Carga

Fórmulas de Fair Whipple-Hsiao ($\Delta H = J \cdot L_{\text{virtual}}$)

As fórmulas de Fair Whipple-Hsiao, recomendadas para tubulações de pequeno diâmetro, variando entre 15 mm e 50 mm, são dadas por:

- **para tubo de aço galvanizado, água a 20°C**

$$Q = 27,113 J^{0,532} D^{2,595}$$

ou

$$J = 0.002021 \frac{Q^{1.88}}{D^{4.88}}$$

Sendo Q em m³/s e J em m/m e D em metros.

- **para tubo de cobre / PVC, água a 20°C**

$$Q = 55,934 J^{0,571} D^{2,714}$$

ou

$$J = 0,00085 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Sendo Q em m³/s e J em m/m e D em metros.

- **para tubo de cobre, água quente**

$$Q = 63,281 J^{0,571} D^{2,714}$$

ou

$$J = 0,0007 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Sendo Q em m³/s e J em m/m e D em metros

Sistema de Medição Individualizada

Perda de Carga do Hidrômetro

$$\Delta h = (36 \times Q)^2 \times (Q_{\text{máx}})^{-2}$$

Em que:

Δh é a perda de carga no hidrômetro, em **KPa**;

Q é a vazão estimada na seção considerada, em **L/s**;

$Q_{\text{máx}}$ é a vazão especificada para o hidrômetro, em **m³/h** (Ver tabela)

Q máx . (m³/h)	Diâmetro nominal (DN)
1,5	15 e 20
3	15 e 20
5	20
7	25
10	25
20	40
30	50

Sistema de Distribuição

Perda de Carga

$$L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + \sum L_e$$

Comprimentos equivalentes (Le) em metros de canalização de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° pass. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilateral	Entrada Normal
Ref. pol								
(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6
(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2
(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5
(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8

Sistema de Distribuição

Perda de Carga

$$L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + \sum L_e$$

Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal	Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	válvula de retenção		Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
				tipo leve	tipo pesado			
(1/2)	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
(3/4)	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
(1)	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
(1 1/4)	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
(1 1/2)	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
(2)	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,0	0,8	18,5
(2 1/2)	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
(3)	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
(4)	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
(5)	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
(6)	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Sistema de Distribuição

Verificação das pressões mínimas necessárias

Na sequência, passa-se à verificação das **pressões mínimas** necessárias ao longo do sistema predial de água fria, em especial àquelas referentes aos pontos de utilização. A geometria da instalação determina a(s) configuração (ões) crítica(s) a ser(em) verificada(s).

A **pressão dinâmica disponível** a jusante em um trecho qualquer é obtida por meio da seguinte expressão:

$$P_{JUSANTE} = P_{MONTANTE} \pm \text{Desnível} - \text{Perda de carga}$$

Em que:

$P_{JUSANTE}$ é a pressão dinâmica disponível a jusante do trecho considerado;

$P_{MONTANTE}$ é a pressão dinâmica disponível a montante do trecho considerado.

Desnível é a diferença de cotas geométricas dos pontos que definem o trecho:

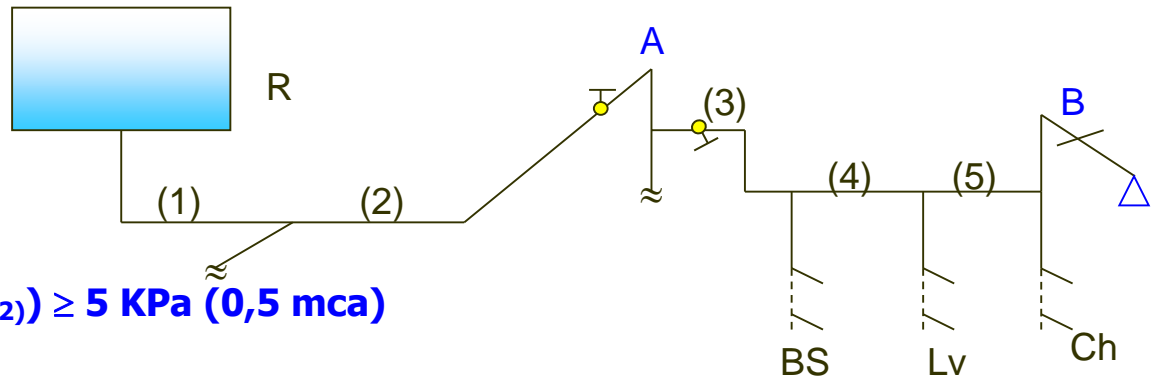
↓ **Desnível positivo**

↑ **Desnível negativo**

Sistema de Distribuição

Verificação das pressões mínimas necessárias

- **5 KPa (0,5 mca)** - em qualquer ponto do sistema do sistema de distribuição;
- **P_{DMi}** - pressão dinâmica mínima do aparelho i .



- **$P_{DA} = H_{R-A} - (\Delta H_{(1)} + \Delta H_{(2)}) \geq 5 \text{ KPa (0,5 mca)}$**

Em que:

H_{R-A} é o desnível entre o reservatório e o ponto A;

$\Delta H_{(1)}$, $\Delta H_{(2)}$ são perdas de carga nos trechos (1) e (2);

$\Delta H_{(i)}$ depende de Q_{ji} , D_{ji} , Lt_{ji} .

- **$P_{DB} = H_{R-B} - (\Delta H_{(1)} + \dots + \Delta H_{(5)}) \geq 10 \text{ KPa (1 mca)}$**

No caso em que as desigualdades não se verificarem, tem-se:

- aumentar o diâmetro dos trechos mais solicitados;
- alterar o nível do reservatório;

e reiniciar a verificação das pressões mínimas.

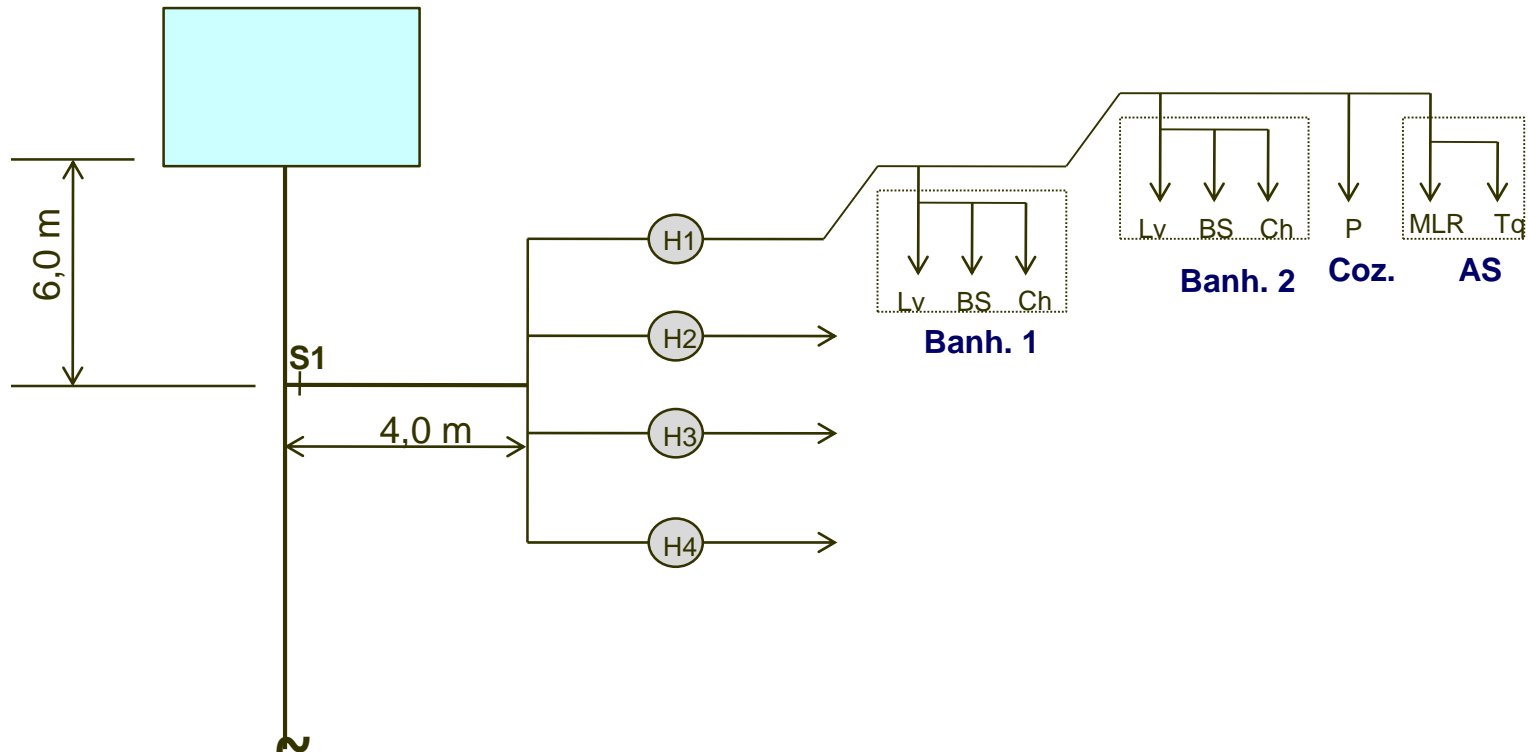


Exercício 3



Sistema de Distribuição

Exercício 3: Para um edifício com 12 andares e 4 apartamentos por andar, calcular a pressão em S1 e a jusante do hidrômetro H2, cuja $Q_{\text{máx.}}$ é $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$.
Desconsiderar a perda de carga na tubulação após o trecho de 4,0 m.



Materiais e componentes do sistema predial de água fria

Tubos de PVC rígido - linha soldável

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	20	20	17,0	1,5
3/4	25	25	21,6	1,8
1	32	32	27,8	2,1
1 1/4	40	40	35,2	2,4
1 1/2	50	50	44,0	3,0
2	60	60	53,4	3,5
2 1/2	75	75	66,6	4,2
3	85	85	75,6	4,7
4	110	110	97,8	6,1

D REF - diâmetro de referência
 DE - diâmetro externo
 DN - diâmetro nominal
 DI - diâmetro interno
 e - espessura da parede do tubo

Tubos de cobre - Classe E

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	15	15,0	14,0	0,5
3/4	22	22,0	20,8	0,6
1	28	28,0	26,8	0,6
1 1/4	35	35,0	33,6	0,7
1 1/2	42	42,0	40,4	0,8
2	54	54,0	52,2	0,9
2 1/2	66	66,7	64,3	1,2
3	79	79,4	77,0	1,2
4	104	104,8	102,4	1,2

D REF - diâmetro de referência
 DE - diâmetro externo
 DN - diâmetro nominal
 DI - diâmetro interno
 e - espessura da parede do tubo

Tubos de aço carbono - Classe média

REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	21	21,	15,7	2,65
3/4	27	26,	21,2	2,65
1	33	33,	26,6	3,35
1 1/4	42	42,	35,3	3,35
1 1/2	48	47,	41,2	3,35
2	60	59,	52,2	3,75
2 1/2	76	75,	67,8	3,75
3	89	88,	79,5	4,25
4	114	113	104,	4,5
5	141	138	128,	5,00

D REF - diâmetro de referência
 DE - diâmetro externo
 DN - diâmetro nominal
 DI - diâmetro interno
 e - espessura da parede do tubo

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** – Instalações Prediais de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas**, Guanabara Dois, Rio de Janeiro.

Sistemas prediais de água fria -

<http://moodle.pcc.usp.br/file.php/10/html/aguafria.html>