
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - II

DIMENSIONAMENTO

□ Vazão

-
- **Considera-se vazão hidráulica o volume de água a ser transportado que atravessa uma determinada seção (tubo, calha, etc) na unidade de tempo.**
 - No sistema prático de unidades, a vazão é expressa em m^3/h , podendo ser expressa também em l/s.
 - **A vazão também pode ser denominada de descarga hidráulica.**
 - Em um projeto de instalações hidráulicas prediais, são dimensionadas vários tipos de vazões a saber: dos de utilização, do alimentador predial, do barrilete e colunas de distribuição, dos ramais e sub-ramais, do reservatório superior e da instalação hidropneumática, se houver.

□ Pressão

A pressão é o resultado de uma força aplicada a uma superfície que lhe ofereça oposição. Normalmente confundem pressão com força.

A pressão leva em conta dois fatores, a força aplicada e a superfície na qual ela é aplicada.

Sendo

P = pressão

F = força

A = área

$$P = \frac{F}{A}$$

As medidas mais utilizadas em relação a pressão são:

□ **kgf / cm² ;**

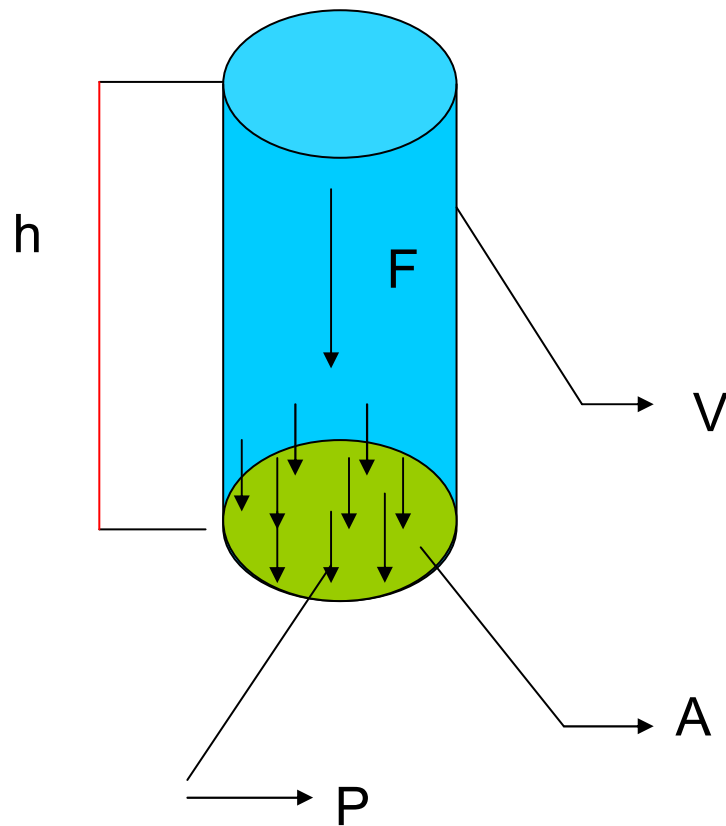
□ **mca (metro de coluna d'água),**

□ **lb / pol²**

□ **N / m² (Newton por metro quadrado) ou Pascal (Pa)**

Podemos então afirmar que: 1kgf/cm² = 10 mca = 98.100 Pa

□ Pressão em um Tubo



$$P = \frac{F}{A}$$

Sendo:

$$F = \text{peso da água} = \delta \cdot V$$

$$V = \text{volume do cilindro} = A \cdot h$$

Então substituindo temos

$$P = \frac{\delta \cdot A \cdot h}{A} = \delta \cdot h = 1 \cdot h = h \text{ em mca}$$

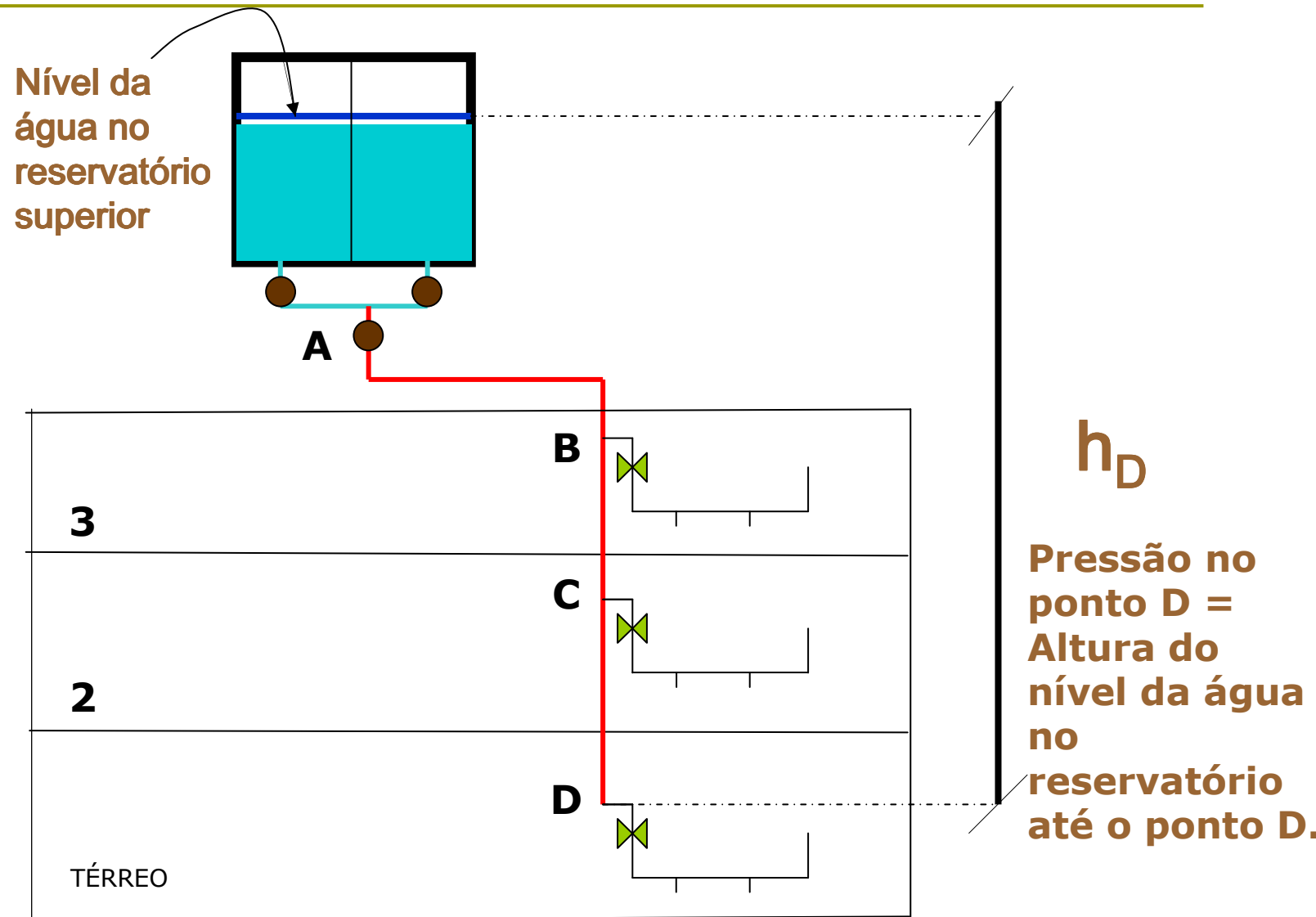
$$\text{Obs: } 1 \text{ kgf/cm}^2 = 10 \text{ mca} = 100.000 \text{ Pa}$$

□ Pressão nas canalizações de um Prédio

- **Desta forma, em Hidráulica Predial a água contida em um tubo contém, peso, o qual exerce uma determinada pressão nas paredes desse tubo.**
- **A pressão que a água exerce sobre uma superfície qualquer só depende da altura do nível da água até essa superfície. É o mesmo que dizer: a pressão não depende do volume de água contido no tubo.**
- **Na maioria das vezes, no dimensionamento das tubulações em Hidráulica Predial, a pressão considerada é devida a ação exclusiva da gravidade.**
- **Nos prédios, o que ocorre com a pressão exercida pela água nos diversos pontos das canalizações, só depende da altura do nível da água, desde um ponto qualquer da tubulação, até o nível da água do reservatório.**

□ Pressão nas canalizações de um Prédio

Quanto maior for esta altura (h) maior será a pressão. Então podemos concluir que, nos andares mais baixos terão maior pressão comparados aos que estão situados mais próximos ao reservatório.



Perda de Carga

Considera-se a perda de carga a resistência proporcionada ao líquido, neste caso a água, em seu trajeto. Devido a vários fatores que são partes constituintes do conduto (tubo, calha, etc) a água perderá parte da sua energia (pressão) inicial. Esses fatores determinantes para que a água possa vencer a resistência em seu trajeto são:

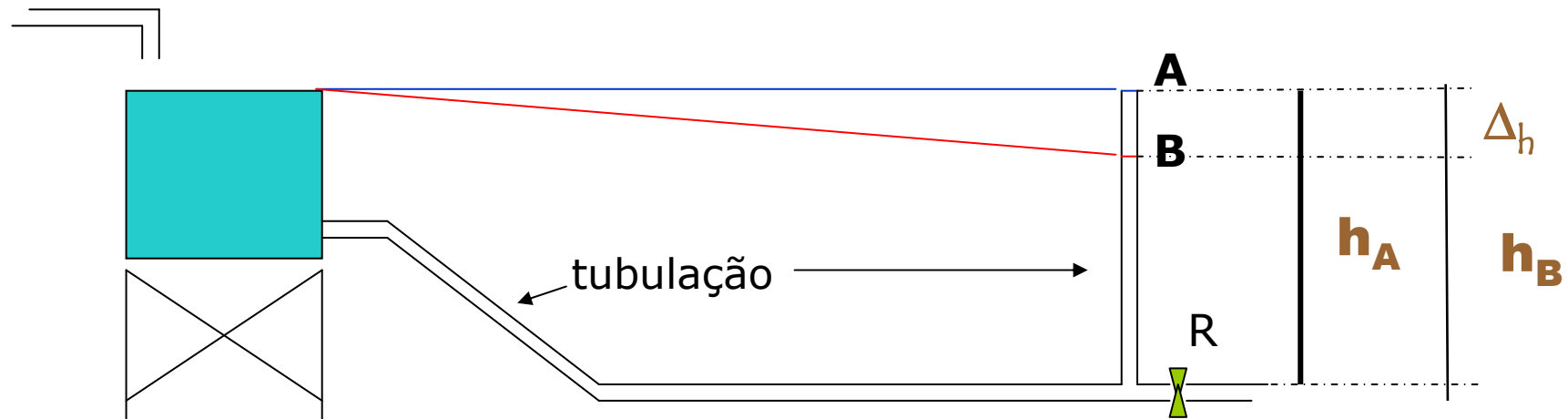
- ❑ **Rugosidade do conduto (tubo, calha, etc)**
- ❑ **Viscosidade e densidade do líquido conduzido**
- ❑ **Velocidade de escoamento**
- ❑ **Grau de turbulência do fluxo**
- ❑ **Comprimento da tubulação (distância percorrida)**
- ❑ **Mudança de direção**
- ❑ **Dimensão da tubulação (diâmetro) – é o único fator que contribui para diminuir a perda de carga**

Perda de Carga

A Perda de Carga é dividida em 2 partes

- **Perda de Carga Normal:** é devida ao comprimento da tubulação. As tubulações de cobre e de plástico (PVC) normalmente com grande emprego nas instalações, oferecem grande vantagem em relação as tubulações de ferro galvanizado ou ferro fundido no aspecto de perda de carga (energia) no trajeto do líquido, para a mesma seção e distância linear.
- **Perda de Carga Localizada ou acidental:** são as perdas que ocorrem nas mudanças de direção, como por exemplo nas conexões (joelhos, reduções, tês), ou quando a água passa por dispositivos de controle, tipo registro. Portanto, quanto maior for o número de conexões de um trecho de tubulação, maior será a perda de pressão ou perda de carga nesse trecho, diminuindo a pressão ao longo da tubulação

Linha Piezométrica – Perda de Carga



- Com registro fechado (R), a água sobe na tubulação vertical até o nível do reservatório (A).
- Abrindo o registro, a água entra em movimento e o nível da pressão cai do ponto A para B, esta diferença é o que denominamos de perda de carga (Δ_h).
- Tubulação de menor diâmetro oferece maior resistência à vazão ocasionando maior perda de carga.
- Tubulação de maior diâmetro oferece menor resistência à vazão ocasionando menor perda de carga.
- A pressão h_A é a pressão estática neste ponto, ou seja, quando a água está parada.
- A pressão h_B é a pressão dinâmica neste ponto, ou seja, a água está em

Tabela 1.11. Altura recomendada para os pontos de utilização.

Aparelho	Altura do ponto (cm)
Válvula de descarga	110
Vaso sanitário com caixa acoplada	20 (e 15 cm à esquerda do eixo)
Caixa de descarga	200
Banheira	30
Duchina	30
Chuveiro	200 a 220
Lavatório	60
Máquina de lavar roupa	75
Máquina de lavar louça	75
Tanque	90
Pia de cozinha	100

Dimensionamento dos Componentes do Sistema Predial de Água Fria

Estimativa das Vazões Diárias (Consumo Diário)

- ❑ Para se estimar o consumo diário de água é necessário que se conheça a quantidade de pessoas (população) que ocupará a edificação.
- ❑ Para o setor residencial, vários autores recomendam que se considere cada quarto social ocupado por 2 (duas) pessoas e cada quarto de serviço, por 1 (uma) pessoa.
- ❑ Para efeitos didáticos, para prédios públicos ou comerciais, pode-se considerar as taxas de ocupação apresentadas na Tabela 1.1.
- ❑ Conhecida a população do prédio, pode-se calcular o consumo diário de água do prédio. Para isso é necessário saber o consumo específico em função do tipo de prédio (consumo "per capita"). Caso o Código de Obra do Município não o forneça, pode-se utilizar os dados apresentados na Tabela 1.2.

Dimensionamento dos Componentes do Sistema Predial de Água Fria

Estimativa do Consumo Diário de Água

$$C_D = C * P$$

onde:

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).

Tabela – 1.1

Edifício	População (P)
escritório	1 pessoa/9m ²
loja	1 pessoa/3m ²
hotel	1 pessoa 15m ²
hospital	1 pessoa 15m ²
apart./resid	p=2 N _{tg} + N _{gr} ou 5 pessoas/unidade

Tabela – 1.2

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

Capacidade dos RESERVATÓRIOS

- Segundo a NBR 5626/98 a reservação total, a ser acumulada nos reservatórios inferiores e superiores, não pode ser inferior ao consumo diário (C_d). Então recomenda-se a referida norma para os casos comuns a seguinte distribuição:
 - reservatório inferior deve armazenar $3/5$ do C_d (60%)
 - reservatório superior deve armazenar $2/5$ do C_d (40%)

É ainda necessário prever uma reserva nos reservatórios para combate a incêndio. Em muitos municípios = 20% do C_d
- Entretanto, tendo em vista a intermitência do abastecimento da rede pública é de boa norma prever reservatórios para 2 dias e meio, distribuídos da seguinte forma:
 - reservatório inferior 1 dia e meio de Consumo Diário (C_d)
 - reservatório superior 1 dia de Consumo Diário (C_d)

Dimensionar os reservatórios de um prédio multifamiliar de 6 pavimentos tipo, com 4 apartamentos por andar de: sala, cozinha, 2 quartos, área de serviço e 1 quarto de empregada.

- **Consumo diário “per capita” prédio de apartamentos** - 200 l/dia
- **População do prédio**
 - *Por apartamento* = (2 pessoas por quarto social) x 2 + 1 pessoa QE = 5
 - População Total do prédio = 5 x 4 x 6 = 120 pessoas
- **Consumo Diário** (Cd)
 - $120 \times 200 = 24.000 \text{ l}$
- **Reserva Técnica de Incêndio** (20% do consumo diário)
 - $0,20 \times 24.000 = 4.800 \text{ l}$
- **Volume Total de Reservação**
 - $24.000 + 4.800 = 28.800 \text{ l}$
- **Dimensionamento dos Reservatórios - Segundo a NBR 5626**
 - Reservatório Inferior - 3/5 Cd ou 60% Cd
 - $3/5 \times 28.800 = 17.280 \text{ l} = 17,28 \text{ m}^3$
 - Reservatório Superior - 2/5 Cd ou 40% Cd
 - $2/5 \times 28.800 = 11.520 \text{ l} = 11,52 \text{ m}^3$

❑ ***Dimensionamento dos Reservatórios - Segundo ao Uso Corrente.***

❑ **Volume total de Reservação**

❑ **Consumo Diário (Cd) = 24000 l**

❑ **Pelo Uso Corrente é utilizado: 2 dias e meio = $2,5 \times Cd$**

$$2,5 \times 24000 = 60.000 \text{ l}$$

■ **Reserva Técnica de Incêndio (20% do consumo diário)**

❑ $0,20 \times 24.000 = 4.800 \text{ l}$

■ **Volume Total de Reservação**

❑ $60.000 + 4.800 = 64.800 \text{ l}$

❑ **Reservatório Inferior - $3/5 Cd$ ou 60% de Cd**

❑ $0,60 \times 64.800 = 38.880 \text{ l} = 38,88 \text{ m}^3$

❑ **Reservatório Superior – $2/5 Cd$ ou 40% de Cd**

❑ $0,40 \times 64.800 = 25.920 \text{ l} = 25,92 \text{ m}^3$

Dimensionamento do Ramal Predial e Alimentador Predial

□ Mínimo de $\frac{3}{4}$ "

A NB-92 prevê a vazão mínima para o ramal predial = ao consumo diário dividido por 86400 (60x60x24h) e considerando a velocidade máxima de 1 m/s

Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água

Alimentador Predial

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

$$Q_{ap} \geq \frac{C_d}{86.400(s)}$$

onde:

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:

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

onde:

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

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

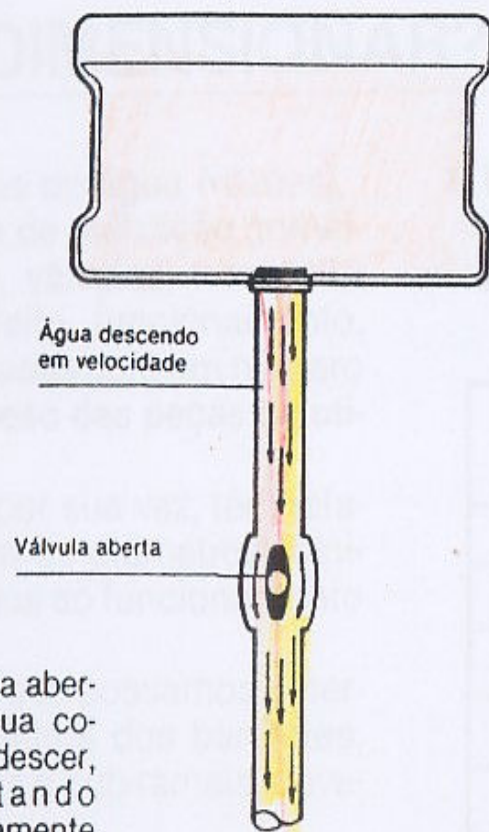
A tabela apresenta os diâmetros de alimentador predial, em função da velocidade e do consumo diário.

Velocidade (m/s)	Diâmetro Nominal (mm)									
	20	25	32	40	50	60	75	100	125	150
	Consumo Diário (m ³)									
0,6	16,3	25,4	41,7	65,1	101,8	146,6	229,0	407,2	636,2	916,1
1,0	27,1	42,4	69,5	108,6	169,6	244,3	381,7	678,5	1060,5	1526,8

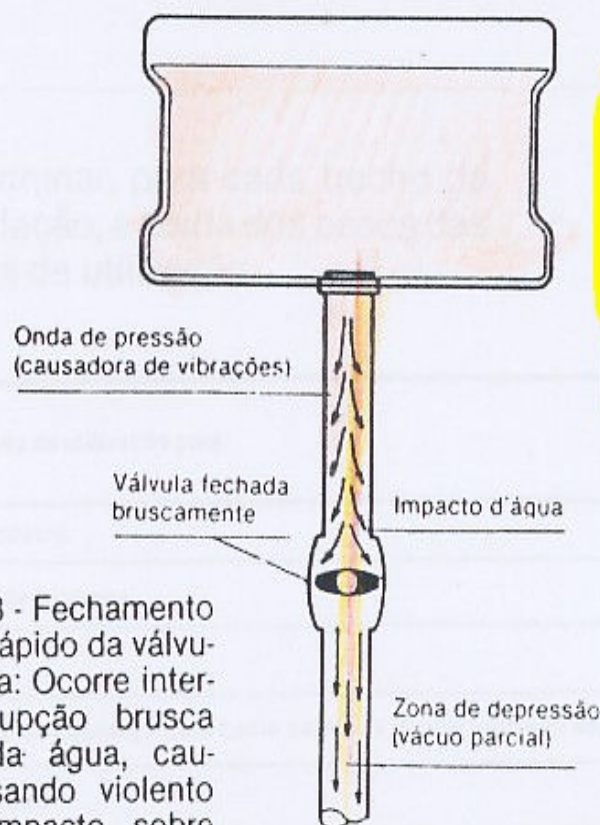
Golpe de Ariete

- É um fenômeno que ocorre nas instalações hidráulica quando a água, ao descer com velocidade elevada pela tubulação, é bruscamente interrompida, ficando os equipamentos da instalação sujeitos a golpes de grande intensidade (elevada pressão).
- **Se um líquido, ao passar por uma calha, tiver sua corrente bruscamente interrompida, seu nível subirá rapidamente, passando a escorrer pelos lados. Se tal fenômeno for observado dentro do tubo, o líquido, não tendo por onde sair, provocará um aumento de pressão contra as paredes do tubo, causando sérias conseqüências na instalação.**
- Nas instalações prediais, alguns tipos de válvulas de descarga e registro de fechamento rápido provocam o efeito do golpe de ariete, que tem como principal conseqüência, danos nos equipamentos da instalação = prejuízo.

Golpe de Ariete



2 - Válvula aberta: A água começa a descer, aumentando gradativamente sua velocidade dentro do tubo. A pressão contra as paredes se reduz ao máximo.



3 - Fechamento rápido da válvula: Ocorre interrupção brusca da água, causando violento impacto sobre a válvula e demais equipamentos, bem como vibrações e fortes pressões que tendem a dilatar o tubo.

Já existem algumas válvulas de descarga que possuem dispositivos anti-golpe de ariete, os quais fazem com que o fechamento da válvula se torne mais suave.

Perda de Carga

A Perda de Carga Total de cada trecho é obtida através da fórmula Abaixo:

$$H = J \times L_T$$

Onde:

H = Perda de Carga Total (mca)

J = Perda de Carga Unitária mca /m – ou seja por metro de tubulação

L_T = Comprimento Total da tubulação (também chamado comprimento virtual – L_{VIRTUAL})

Sendo

$$L_T = L_{VIRTUAL} = L_{equi} + L_R$$

L_{equi.} = comprimento equivalente (devido as conexões)

L_R = comprimento real (medido em planta)

Sistema de Distribuição

Perda de Carga

$$L_{\text{TOTAL}} = L_{\text{RETE}} + \sum L_{\text{A}}$$

Comprimentos equivalentes 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
Dn mm	Ref. pol								
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8

Sistema de Distribuição

Verificação das pressões mínimas necessárias

Na seqüência, passa-se à verificação das pressões mínimas necessárias ao longo do sistema predial de água fria, em especial àquelas referentes aos pontos de utilização. Evidentemente, 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 através da seguinte expressão:

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

onde:

$P_{JUSANTE}$ 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

Dimensionamento da Coluna

Pressão dinâmica mínima nos pontos de utilização identificados em função do parelho sanitário e da peça de utilização. Obs: 5 kPa = 0,5 mca

Aparelho Sanitário	Peça de utilização	Pressão Dinâmica Mínima (kPa ou mpa)
Bacia sanitária	Caixa de descarga	5 - 0,5
Bacia sanitária	Válvula de descarga	15 - 1,5
Banheira	Misturador	10 - 1,0
Bebedouro	Registro de Pressão	10 - 1,0
Bidê	Misturador de Água	10 - 1,0
Chuveiros ou duchas	Misturador de Água	10 - 1,0
Chuveiros Elétrico	Registro de Pressão	10 - 1,0
Lavadoras	Registro de Pressão	10 - 1,0
Lavatórios	Torneiras ou misturador	10 - 1,0
Mictórios Cer. c/ sifão integrado	Válvula de descarga	10 - 1,0
Mictórios tipo calha	Caixa de descarga ou Registro de Pressão	10 - 1,0
Pia	Torneiras ou misturador	10 - 1,0
Tanque	Torneiras	10 - 1,0
Torneira de Jardim ou Geral	Torneiras	10 - 1,0

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	21,4	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	53,0	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

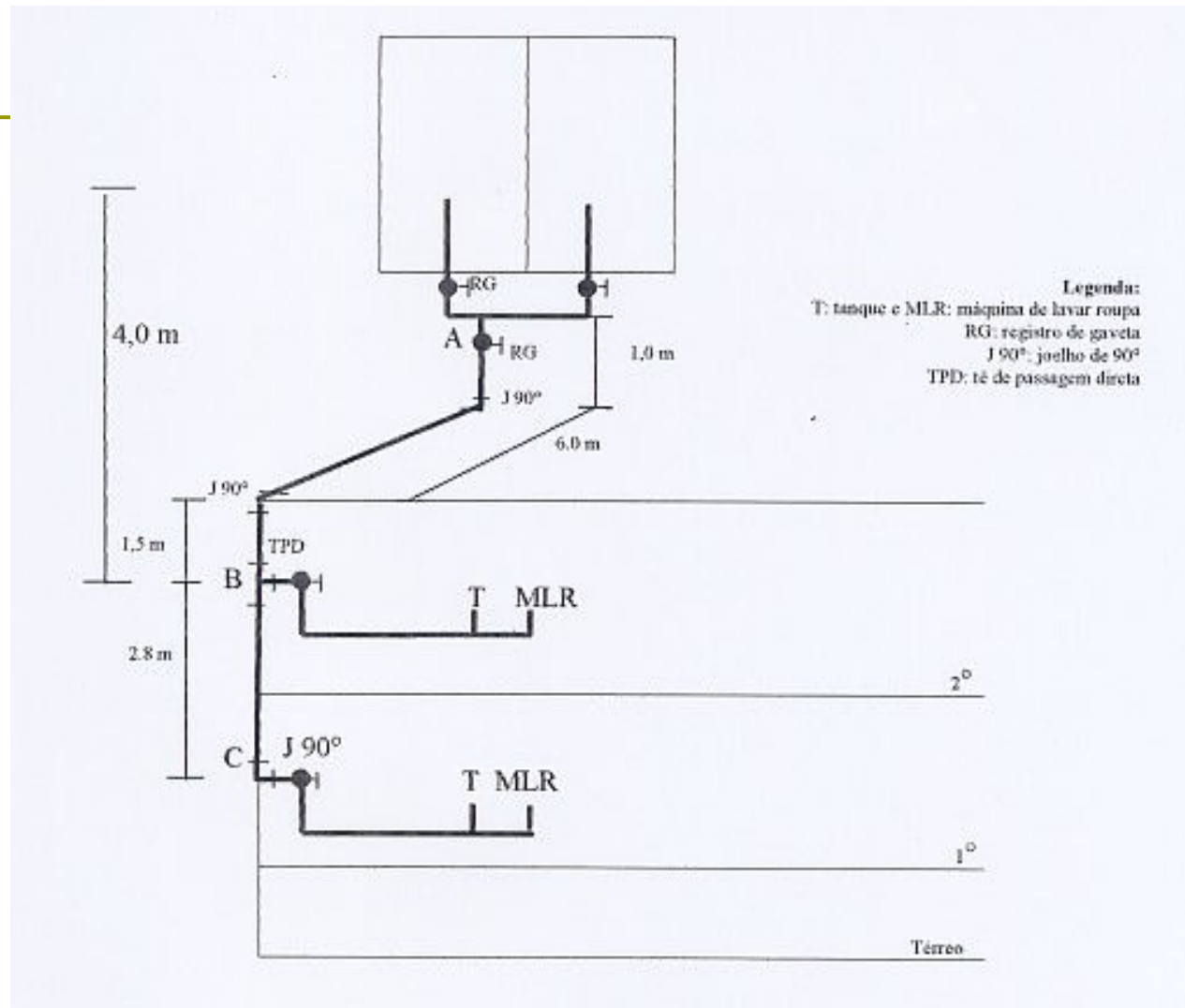
D REF - diâmetro de referência
DE - diâmetro externo
DN - diâmetro nominal
DI - diâmetro interno
e - espessura da parede do tubo

Tubos de aço carbono-Classe média

REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	21	21,0	15,7	2,65
3/4	27	26,5	21,2	2,65
1	33	33,3	26,6	3,35
1 1/4	42	42,0	35,3	3,35
1 1/2	48	47,9	41,2	3,35
2	60	59,7	52,2	3,75
2 1/2	76	75,3	67,8	3,75
3	89	88,0	79,5	4,25
4	114	113,1	104,1	4,5
5	141	138,5	128,5	5,00

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

Dimensionar, segundo a NBR 5626, os ramais e a coluna de alimentação de uma área de serviço, para um edifício multifamiliar com 2 pavimentos tipo, conforme e figura abaixo:



Obs:

As tubulações dos ramais e da coluna serão de PVC.

Dimensionar as tubulações dos ramais pelo método do consumo máximo provável (NBR 5626)

Fórmulas: $Q = 0.3 \sqrt{\sum P_i}$; $L_{\text{virtual}} = L_{\text{eq}} + L_r$; $H = L_T \times J$; $P_F = P_{\text{disps}} - H$

Dimensionamento do Barrilete

□ Método de Hunter

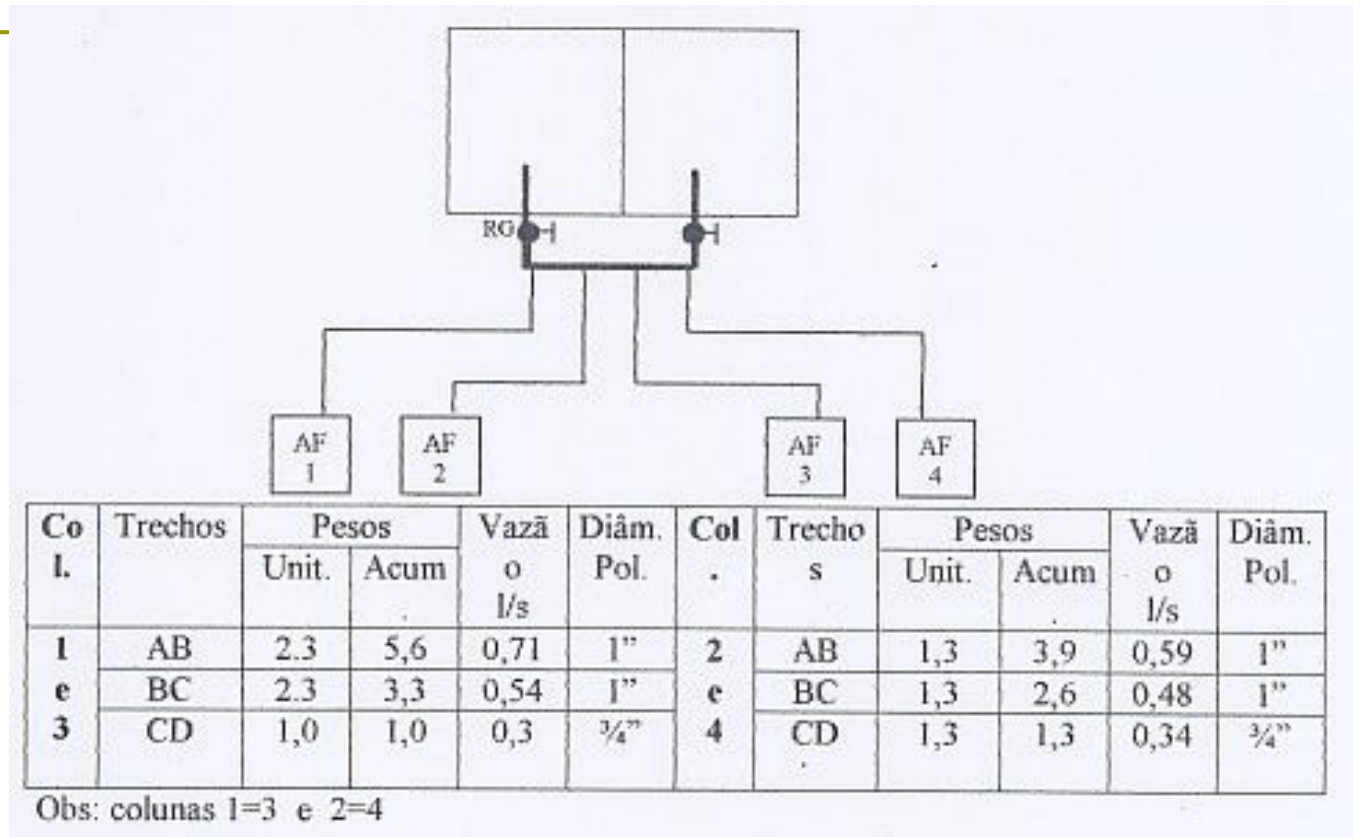
- Fixamos a perda de carga em 8% = $J = 0,08$
- a Vazão Total no último pavimento – Q_B

$$Q_B = 0,3 \sqrt{\Sigma P}$$

sendo ΣP = ao somatório dos pesos acumulados de todas as colunas no último pavimento

Então entramos no ábaco de Fair-Whipple-Hsiao, determina-se o diâmetro do barrilete.

Dimensionar um barrilete, segundo a NBR 5626, que alimenta as 4 colunas de distribuição, conforme desenho e quadro abaixo:



- $Q_b = 0,3 \sqrt{\Sigma P}$ e $J = 8\%$
- $\Sigma P = (2 \times 5,6) + (2 \times 3,9) = 19$
- $Q_b = 0,3 \sqrt{19} = 1,31 \text{ l/s}$ →
1.6 – 1 1/2 "
- $J = 0,08$

tubulação em PVC – ábaco

Ventilação na Instalação Hidráulica

Por que ventilar ?

Caso não haja ventilação, podem ocorrer dois problemas:

1. A primeira seria a possibilidade de contaminação devida ao fenômeno da **RETROSSIFONAGEM** (pressões negativas na rede, que causam a entrada (refluxo) de água com germes, através do sub-ramal do vaso sanitário, bidê ou banheira).
Pode ocorrer quando se fecha o registro no início de uma coluna e se dá descarga a um ou mais vasos, a água, ao esvaziar o trecho superior da coluna, provoca uma rarefação (vácuo), de modo que, se não houver válvula adequada, a água poderá sair do vaso e seguir para a coluna de alimentação, onde se formou o vácuo

NBR – 92/80

Os aparelhos sanitários, bem como, suas instalações e canais internos, devem ser de tal forma que não provoquem retrossifonagem.

Nos casos de instalações que contenham válvulas de descarga, a coluna de distribuição deverá ser ventilada conforme última solução descrita a seguir

Fenômeno da Retrossifonagem - Solução

Solução:

- Instalar estes aparelhos em coluna, barrilete e reservatório independentes, previstos com a finalidade exclusiva de abastecê-los
 - Instalar estes aparelhos em coluna, barrilete e reservatório comuns a outros aparelhos ou peças, desde que seu sub-ramal esteja protegido por dispositivo quebrador de vácuo
 - Instalar estes aparelhos em coluna, barrilete e reservatório comuns a outros aparelhos ou peças, desde que a coluna logo abaixo do registro correspondente em sua parte superior seja dotada de **tubulação de ventilação**, executada com as seguintes características:
 - ter diâmetro igual ou superior ao da coluna de onde deriva;
 - ser ligada à coluna, a jusante (após) do registro de passagem (gaveta) que a serve
 - ter sua extremidade livre acima do nível máximo admissível do reservatório superior
- Obs: instrução da norma

Ventilação na Instalação Hidráulica

2. O outro problema, é que, nas tubulações, sempre ocorrem bolhas de ar, que normalmente acompanham o fluxo de água, causando a diminuição das vazões das tubulações. Se existir o tubo ventilador (suspiro), essas bolhas serão expulsas, melhorando o desempenho final das peças de utilização. Também, em caso de esvaziamento da rede por falta de água, pode ocorrer acúmulo de ar e, quando voltar a mesma a encher, o ar fica “preso”, dificultando a passagem da água. Nesse caso, a ventilação permitirá a expulsão do ar acumulado

Dimensionamento da tubulação de Recalque e Sucção

O recalque é a tubulação que vai da bomba ao reservatório superior e a tubulação de sucção vai da válvula de pé no reservatório inferior até a bomba.

Segundo a NBR 5626 a capacidade horária mínima da bomba é de 15% do Consumo Diário, ou seja no máximo 6,66 h/24 horas de funcionamento da bomba.

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ h} & - & 15\% \text{ Cd} \\ X & - & 100\% \text{ Cd} \\ X = 100 \div 15 & = & 6,66 \text{ h/24 h} \end{array}$$

Na prática adota-se para a capacidade horária da bomba 50% do Consumo Diário, o que obriga a bomba funcionar apenas durante 2 horas para recalcar o consumo diário.

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ h} & - & 50\% \text{ Cd} \\ X & - & 100\% \text{ Cd} \\ X = 100 \div 50 & = & 2 \text{ h/24 h} \end{array}$$

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

$$D_{\text{SUC}} > D_{\text{RECAL}}$$

Dimensionamento do Sistema de Recalque

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

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

onde:

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:

$$Q_{rec} = \frac{C_{23}}{N_F}$$

sendo:

N_F o número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

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

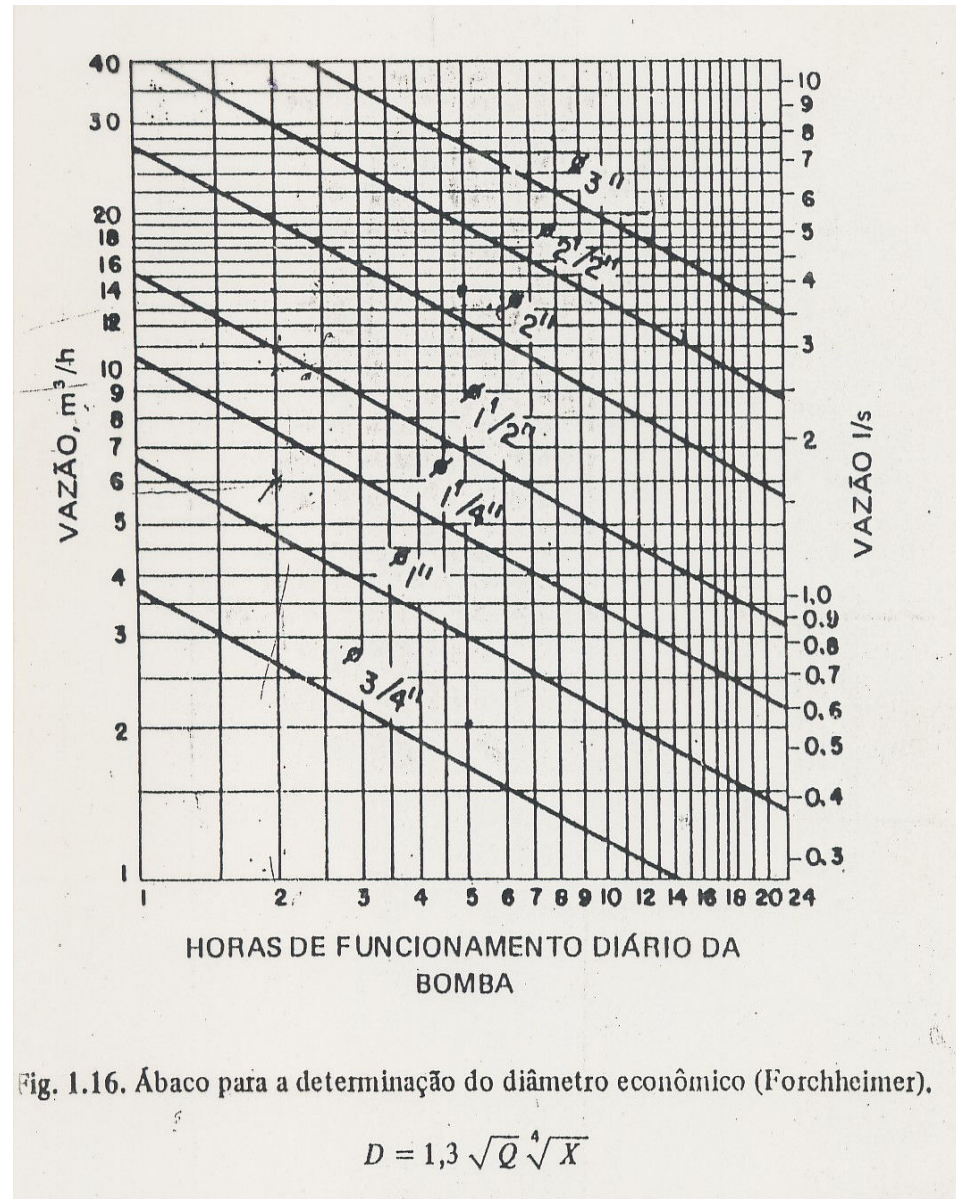
$$X = \frac{N_F}{24}$$

Ou através do ÁBACO da Fig. 1.16 abaixo

Recalque e Sucção

O dimensionamento das tubulações de recalque e sucção ficará sujeito a confirmação, após dimensionamento da bomba recalque

O diâmetro do EXTRAVASSOR é no mínimo 2 bitolas comerciais acima da tubulação de recalque



Dimensionar as tubulações de recalque e sucção para um prédio multifamiliar de 06 pavimentos com 4 apartamentos por andar com 1 sala, 2 quartos, cozinha e dependência de empregada. Considerar vazão horária da bomba igual a 50% do consumo diário (ou seja 2 horas de funcionamento da bomba) e o consumo diário "per capita" de 200l/dia .

Uso Corrente

Cd 1º Exercício 24.000l

Vazão Bomba para 2 h - $24000 / 2 = 12.000 \text{ l/h} = 12 \text{ m}^3 = 12.000 / 3600 = 3,33 \text{ l/s}$

Ábaco – dR = 1 ½" e dS = 2"

Pela NBR

Cd 1º Exercício 24.000l

Vazão Bomba para 6,66 h - $24.000 / 6,66 = 3.603,6 \text{ l/h} = 3,61 \text{ m}^3 = 3.603,6 / 3600 = 1,0 \text{ l/s}$

Ábaco – dR = 1 ¼ " e dS = 1 ½ "

Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

- 6º Passo

A escolha do conjunto motor-bomba passa pela determinação da vazão de recalque, Q_{rec} , vista no item "d" e da altura manométrica total da instalação.

- **Determinação da altura manométrica total da instalação**

A altura manométrica total é dada por:

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

onde:

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:

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

onde:

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, diz-se que a **bomba está "afogada"**, e a expressão a ser utilizada é a seguinte:

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

onde:

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 no recalque.

Por outro lado, 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

Para a **altura manométrica de sucção**, caso o nível do reservatório inferior esteja acima do nível médio da bomba, diz-se que a **bomba está "afogada"**, e a expressão a ser utilizada é a seguinte:

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

onde:

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 no recalque.

Por outro lado, se a bomba não estiver afogada, a altura manométrica de sucção é dada por:

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

Bomba Recalque

Potência da moto-bomba

$$P = \frac{Q \cdot H_{\text{man}}}{75 \cdot R}$$

- Onde:
- P é a potência necessária para a moto-bomba (CV);
- Q é a vazão de recalque (litros/s);
- H_{man} é a altura manométrica dinâmica (m);
- R é o rendimento da moto-bomba (adimensional) – 60%.
- O rendimento da moto-bomba é dado pela equação.

$$R = \frac{P_a}{P_m}$$

Onde:
Pa é a potência
aproveitável;
Pm é a potência
nominal.

Exercício

Especificar uma bomba recalque para um edifício residencial com os dados abaixo e conforme Fig.1.58.

Cd – 70.600 l

Vazão – $Q = 35,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $9,84 \text{ l/s}$

Diâmetro recalque = $2 \frac{1}{2}''$

Diâmetro sucção = $3''$

Tubulação de Aço Galvanizado

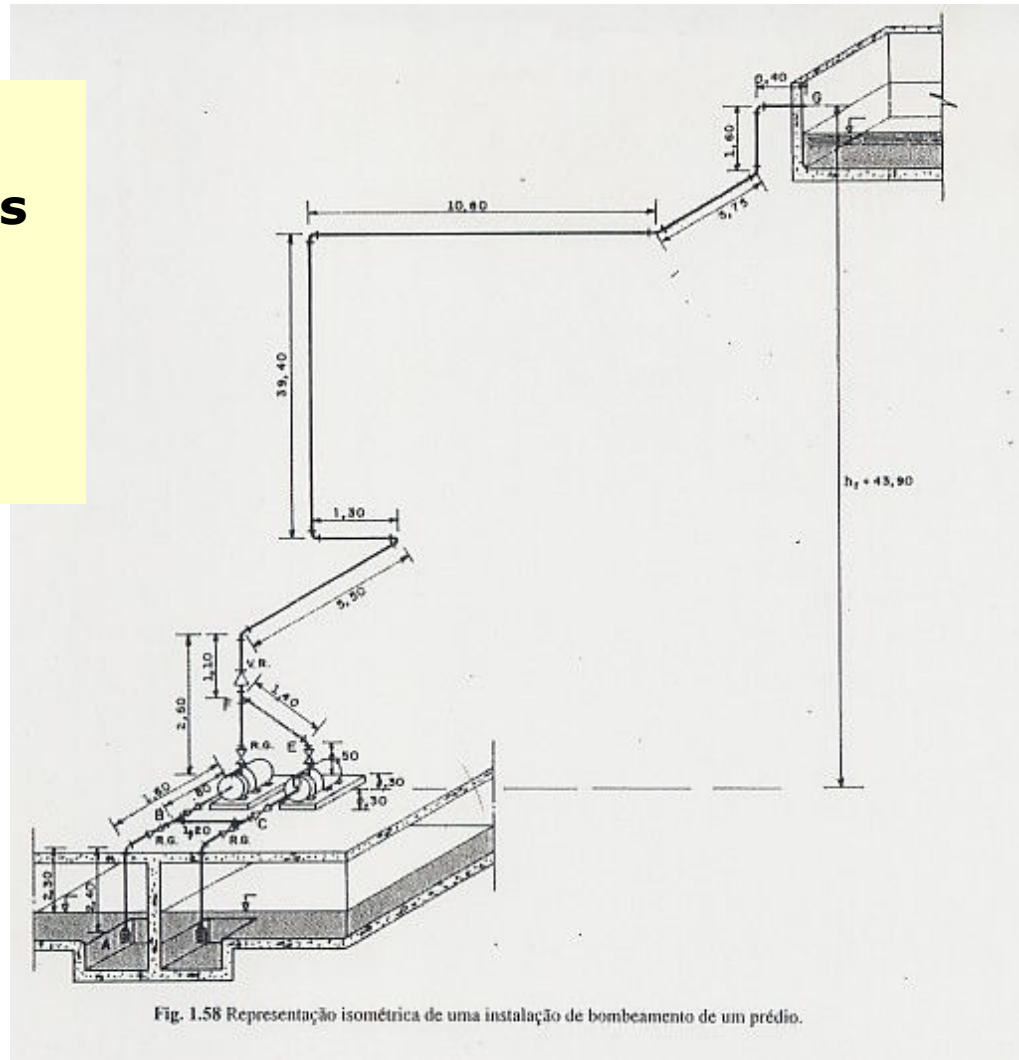


Fig. 1.58 Representação isométrica de uma instalação de bombeamento de um prédio.

I) ALTURA MANOMÉTRICA DE SUCÇÃO

1. Altura estática de sucção: $H_{SUC} = 2,3 \text{ mca}$ (retirada da fig. 1.58)

2. Altura devida as perdas na SUCÇÃO

a) Comprimento Real do encanamento com diâmetro de 3"

$$L_R = 2,4 + 1,6 + 1,2 = 5,2 \text{ m}$$

b) Comprimento Equivalente (L_{EQ})

01 válvula de pé com crivo de 3" -	20,00 m
------------------------------------	---------

01 joelho de 90° de 3" -	2,82 m
--------------------------	--------

02 registro de gaveta (RG) de 3" - (2 x 0,50) =	1,0 m
---	-------

02 Tês de saída lateral de 3" - (2 x 4,99) =	9,98 m
--	--------

33,80 m

c) Comprimento Total (L_T)

$$L_T = L_R + L_{EQ} = 5,2 + 33,8 = 39 \text{ m}$$

d) Perdas de Carga Unitária (J)

$$\varnothing = 3'' \text{ e } Q = 9,81 \text{ l/s} \Rightarrow \text{Ábaco fig. 1.8} \Rightarrow J = 0,095 \text{ e } V = 2,2 \text{ m/s}$$

e) Altura manométrica devido as perdas (ΔH_{SUC})

$$\Delta H_{SUC} = 39 \times 0,095 = 3,71 \text{ mca}$$

f) ALTURA MANOMÉTRICA DE SUCÇÃO

$$H_{MAN}^{SUC} = H_{SUC} + \Delta H_{SUC} = 2,3 + 3,71 = 6,01 \text{ mca}$$

II) ALTURA MANOMÉTRICA DE RECALQUE

a) Altura Estática de Recalque: $H_{REC} = 43,60 \text{ mca}$

b) Comprimento Real da Tubulação de Recalque (L_R)- $\varnothing = 2 \frac{1}{2}''$

$$L_R = 0,5 + 1,4 + 1,1 + 5,5 + 1,3 + 39,4 + 10,8 + 3,75 + 1,6 + 0,4 = 65,75 \text{ m}$$

c) Comprimento Equivalente (L_{EQ})

01 Registro de Gaveta (RG) 2 1/2" -	0,4 m
01 Válvula de Retenção pesada 2 1/2" -	8,1 m
01 Joelho de 45° 2 1/2 " -	1,08 m
07 Joelho de 90° 2 1/2 " - 7 x 2,35 =	16,45 m
01 Tê de 45° de saída lateral 2 1/2 " -	2,19
	28,22

d) Comprimento Total (L_T)

$$L_T = L_R + L_{EQ} = 65,75 + 28,22 = 93,97\text{m}$$

e) Perda de Carga UNITÁRIA (J)

$$\emptyset = 2 \frac{1}{2} \text{ " e } Q = 9,81 \text{ l/s} \Rightarrow \text{Ábaco Fig. 1.8} \Rightarrow J = 0,24 \text{ e } V = 3,0 \text{ m/s}$$

f) Altura devida as perdas no Recalque (ΔH_{REC})

$$\Delta H_{REC} = L \times J = 93,97 \times 0,24 = 22,55 \text{ mca}$$

g) ALTURA MANOMÉTRICA NO RECALQUE (H_{MAN}^{REC})

$$H_{MAN}^{REC} = H_{REC} + \Delta H_{REC} = 43,60 + 22,55 = 66,15 \text{ mca}$$

III) ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (H_{MAN})

$$H_{MAN} = H_{MAN}^{SUC} + H_{MAN}^{REC} = 6,01 + 66,15 = 72,16 \text{ mca}$$

IV) ESCOLHA DA BOMBA

$$P = \frac{Q \cdot H_{man}}{75 \cdot R}$$

Onde:

P = potência – CV

Q = 9,81 l/s

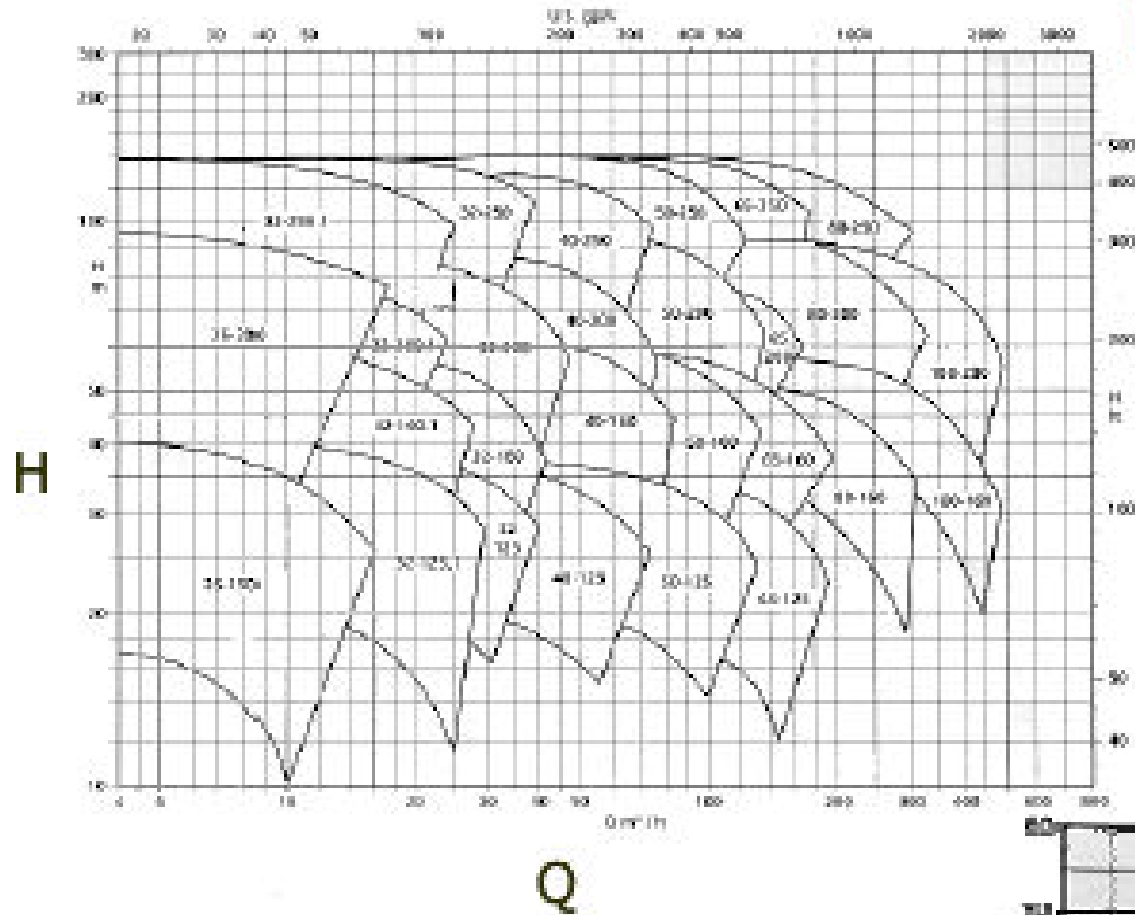
$H_{MAN} = 72,16 \text{ mca}$

R = rendimento bomba = 50% = 0,5

$$P = \frac{72,16 \times 9,81}{75 \times 0,5}$$

$$P = 18,88 \sim 20 \text{ cv}$$

Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba



Q

H

