

# INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE

## NORMAS RECOMENDADAS PELA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (PNB-128 - ABNT)

### 1. OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as exigências técnicas mínimas quanto à higiene, à segurança, à economia e ao conforto a que devem obedecer as instalações prediais de abastecimento de água quente.

1.2 Esta Norma abrange o aquecimento de água onde forem utilizados, como fonte de calor, eletricidade, gás ou óleo.

### 2. TERMINOLOGIA

2.1 Adota-se nesta Norma a terminologia seguinte:

— **Aparelho sanitário** — Aparelho ligado à instalação predial, destinado ao uso de água para fins higiênicos ou a receber dejetos e águas servidas.

— **Aquecedor** — Aparelho no qual mediante o emprêgo de fonte de calor adequada, a água é aquecida.

— **Aquecedor de aquecimento direto** — Aparelho no qual o aquecimento é obtido pelo contacto imediato da fonte de calor com a água.

— **Aquecedor de aquecimento indireto** — Aparelho no qual o aquecimento é obtido pela utilização de um fluido intermediário aquecido diretamente.

— **Aquecedor de passagem (também chamado rápido ou instantâneo)** — Aparelho que não exige reservatório, aquecendo a água quando de sua passagem pelo mesmo.

— **Aquecedor de acumulação** — Aparelho que se compõe de um reservatório dentro do qual a

água acumulada é aquecida por um dispositivo adequado.

— **Aquecedor de saída livre** — Aparelho no qual o registro de água quente está colocado antes dos elementos de aquecimento, isto é, na canalização de água fria, ficando assim assegurado o livre escoamento de água quente.

— **Aquecedor de pressão** — Aparelho no qual o registro de água quente está colocado depois do elemento de aquecimento, isto é, na canalização de água quente, ficando pois o aparelho sujeito à pressão total da rede de distribuição.

— **Aquecedor livre** — Aquecedor constante de um reservatório, no qual a água contida está sujeita apenas à pressão atmosférica.

— **Aquecimento central coletivo** — Sistema que alimenta conjuntos de aparelhos de várias unidades (prédios de apartamentos, hospitais, hotéis, escolas, quartéis e outros).

— **Aquecimento central privado** — Sistema que alimenta vários aparelhos de uma só unidade (residência).

— **Aquecimento individual** — Sistema que alimenta um só aparelho.

— **Barrilete ou colar** — Conjunto de canalizações situado entre o aquecedor ou o reservatório de água quente e as colunas de distribuição.

— **Canalização de alimentação do aquecedor** — Canalização que fornece água fria ao aquecedor.

— **Canalização de alimentação do reservatório de água quente** — Canalização situada entre o aquecedor e o reservatório de água quente.

— **Canalização de retorno** — Canalização à qual são ligadas as extremidades das colunas conduzindo a água de volta ao aquecedor.

— **Coluna de distribuição** — Canalização derivada do barrilete ou colar e destinada a alimentar os ramais.

— **Dispositivo quebrador de vácuo** — Dispositivo destinado a evitar o refluxo de água nas canalizações, por sucção.

— **Extravasor** — Canalização destinada a dar escoamento a eventuais excessos d'água dos reservatórios.

— **Isolação térmica** — Revestimento por meio de materiais isolantes para reduzir as perdas de calor nas instalações, como cortiça, lã de vidro, magnésia e outros.

— **Junta de dilatação** — Dispositivo usado para ligar trechos longos de tubulações, afim de permitir a sua dilatação ou contração, devida à variação da temperatura, havendo vários tipos, como: corrediças, de diafragma, compensadas, articuladas, em lira e outras.

— **Peça de utilização** — Dispositivo ligado a um sub-ramal para permitir a utilização da água.

— **Ramal** — Canalização derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.

— **Rêde de distribuição** — Conjunto de canalizações constituído de barrilete, colunas de distribuição, ramais, sub-ramais e retorno ou de alguns destes elementos.

— **Reservatório de água quente** — Reservatório destinado a acumular a água quente a ser distribuída.

— **Reservatório livre de água quente** — Reservatório no qual a água contida não fica sujeita a qualquer pressão além da atmosférica.

— **Reservatório de pressão de água quente** — Reservatório no qual a água contida fica sujeita a pressão maior que a atmosférica.

— **Registro de passagem** — Registro instalado em uma canalização para regular ou interromper a passagem de água.

— **Respiro** — Canalização destinada a permitir a saída de ar e vapor e evitar a elevação de pressão do sistema.

— **Sub-Ramal** — Canalização que liga o ramal à peça de utilização.

— **Válvula de segurança** — Dispositivo destinado a evitar a elevação da pressão acima de determinado limite.

### 3. CONDIÇÕES GERAIS

3.1 As instalações de água quente devem ser projetadas e construídas de modo a:

a) garantir o fornecimento de água suficiente, sem ruído, com temperatura adequada e sob pressão necessária ao perfeito funcionamento das peças de utilização;

b) preservar rigorosamente a qualidade da água.

### 4. PROJETO E INSTALAÇÃO

4.1 O projeto compreenderá cálculos, desenhos e memorial descritivo.

4.2 **Sistemas de aquecimento** — A distribuições de água quente nos prédios poderá ser feita pelo sistema de aquecimento individual, central privado e central coletivo.

4.3 **Aquecedores** — O projeto deverá mencionar obrigatoriamente o tipo de aquecedor previsto, se de aquecimento direto ou indireto, se de passagem ou acumulação e ainda, se livre, de saída livre ou de pressão, como também a fonte de calor a ser empregada, se eletricidade, gás ou óleo.

4.4 **Sistemas de alimentação de aquecedor** — O aquecedor poderá ser alimentado:

a) Diretamente pela rêde pública com pressão estática máxima de 4,0 kg/cm<sup>2</sup>. Havendo aquecedor de acumulação deverá ser prevista uma válvula de retenção entre dois registros de gaveta, junto à entrada e em cota superior à do aquecedor.

b) Pelo reservatório superior de distribuição de água fria.

c) Diretamente pela rêde pública e pelo reservatório superior de distribuição, havendo neste caso, pelo menos, um aparelho de aquecimento para cada sistema de alimentação.

d) Por dispositivo hidropneumático.

4.5 **Estimativa de consumo predial** — Na estimativa do consumo predial não devem ser adotados valores inferiores aos indicados na Tabela I.

4.6 **Dimensionamento dos aquecedores elétricos** — Adota-se o indicado na Tabela II.

4.7 **Caldeiras a óleo e reservatórios de água quente** — Quando utilizado o óleo como fonte de calor, para determinação da capacidade das caldeiras e dos reservatórios de água quente correspondentes recomenda-se o emprêgo do nomograma da Fig. 1 (Capacidade de caldeiras a óleo — Volume de reservatórios de água quente).

**TABELA I**  
Estimativa de consumo

| Prédio                               | Consumo litros/dia      |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Alojamento provisório                | 24 por pessoa           |
| Casa popular ou rural                | 36 por pessoa           |
| Residência                           | 45 por pessoa           |
| Apartamento                          | 60 por pessoa           |
| Quartel                              | 45 por pessoa           |
| Escola internato                     | 45 por pessoa           |
| Hotel (sem cosinha e sem lavanderia) | 36 por hóspede          |
| Hospital                             | 125 por leito           |
| Restaurante e similar                | 12 por refeição         |
| Lavanderia                           | 15 por kg de roupa seca |

**TABELA II**

Dimensionamento indicado para aquecedores elétricos de acumulação

| Consumo diário a 70°C litros | Capacidade do aquecedor litros | Potência kW |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 60                           | 50                             | 0,75        |
| 95                           | 75                             | 0,75        |
| 130                          | 100                            | 1,0         |
| 200                          | 150                            | 1,25        |
| 260                          | 200                            | 1,5         |
| 330                          | 250                            | 2,0         |
| 430                          | 300                            | 2,5         |
| 570                          | 400                            | 3,0         |
| 700                          | 500                            | 4,0         |
| 850                          | 600                            | 4,5         |
| 1.150                        | 750                            | 5,5         |
| 1.500                        | 1.000                          | 7,0         |
| 1.900                        | 1.250                          | 8,5         |
| 2.300                        | 1.500                          | 10,0        |
| 2.900                        | 1.750                          | 12,0        |
| 3.300                        | 2.000                          | 14,0        |
| 4.200                        | 2.500                          | 17,0        |
| 5.000                        | 3.000                          | 20,0        |

**TABELA III**

Vazão das peças de utilização

| Peças de utilização de | Vazão l/s |
|------------------------|-----------|
| Banheira               | 0,30      |
| Bidê                   | 0,06      |
| Chuveiro               | 0,12      |
| Lavadora de roupa      | 0,30      |
| Lavatório              | 0,12      |
| Pia de despejo         | 0,30      |
| Pia de cosinha         | 0,25      |

4.8 **Vazões das peças de utilização** — As vazões das peças de utilização a considerar no cálculo das instalações são as da Tabela III.

4.9 **Funcionamento das peças de utilização** — Salvo casos especiais, deve-se admitir para o dimensionamento das canalizações o funcionamento não simultâneo de todas as peças de utilização por elas alimentadas. Para estimativa das vazões de dimensionamento recomenda-se a aplicação da expressão seguinte:

$$Q = C \times \sqrt{\sum p}$$

onde:

Q = vazão, litros/seg.

C = coeficiente de descarga = 0,30 l/s.

$\sum p$  = soma dos pesos correspondentes a todas as peças suscetíveis de utilização simultânea ligada à canalização.

4.9.1 A Tabela IV apresenta os pesos para as peças de utilização usuais.

4.9.2. Para a determinação de vazões e diâmetros das canalizações, recomenda-se o emprego do nomograma da fig. 2 (Diâmetros e vazões, em função da soma dos pesos).

**TABELA IV**

Pesos relativos das peças de utilização

| Peças de utilização de | Peso |
|------------------------|------|
| Banheira               | 1,0  |
| Bidê                   | 0,1  |
| Chuveiro               | 0,5  |
| Lavatório              | 0,5  |
| Pia de despejo         | 1,0  |
| Pia de cosinha         | 0,7  |
| Lavadora de roupa      | 1,0  |

4.10 **Pressão mínima de serviço** — As pressões de serviço nas torneiras e chuveiros não devem ser inferiores a 1,00 e 0,50 metros de coluna d'água ou seja 0,1 kg/cm<sup>2</sup>, e 0,05 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

4.11 **Pressão estática máxima** — A pressão estática máxima nas peças de utilização, assim como nos aquecedores, não devem ser superior a 40,00 metros de coluna d'água, ou seja 4,00 kg/cm<sup>2</sup> devendo-se prever meios adequados para que não seja ultrapassado esse limite.

4.12 **Velocidade máxima** — A velocidade nas canalizações não deve ultrapassar o valor

dado pela expressão  $V = 14 \sqrt{D}$  (velocidade  $V$  em m/seg. e diâmetro  $D$  em metros) nem superar 4,0 m/seg. A Tabela V apresenta os valores máximos calculados para os diâmetros comuns.

**TABELA V**  
Velocidades e vazões máximas

| Diâmetros em mm | Velocidades máximas m/seg. | Vazões máximas em litros/seg. |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------|
| 15 (1/2")       | 1,60                       | 0,20                          |
| 20 (3/4")       | 1,95                       | 0,55                          |
| 25 (1")         | 2,25                       | 1,15                          |
| 32 (1 1/4")     | 2,50                       | 2,00                          |
| 40 (1 1/2")     | 2,75                       | 3,10                          |
| 50 (2")         | 3,15                       | 6,40                          |
| 65 (2 1/2")     | 3,55                       | 11,20                         |
| 80 (3")         | 3,85                       | 17,60                         |
| 100 (4")        | 4,00                       | 32,50                         |

**4.13 Perdas de carga** -- O cálculo das perdas de carga nas canalizações deve ser feito mediante o emprêgo de fórmulas de uso corrente adequadas ao material a empregar.

Para os tubos de aço galvanizado, cobre e latão, recomenda-se o emprêgo das fórmulas de Fair Whipple-Hsiao (nomogramas das figs. 3 e 4 -- Encanamentos de aço galvanizado e encanamentos de cobre ou latão). Para o cálculo das perdas de carga localizadas aconselha-se o uso da Tabela VI.

**4.14 Diâmetro mínimo dos sub-ramais** -- Os sub-ramais não deverão ter diâmetros inferiores aos indicados na Tabela VII.

**TABELA VII**  
Diâmetros dos sub-ramais

| Peças de utilização de | Diâmetro mm |
|------------------------|-------------|
| Banheira               | 15 (1/2")   |
| Bidê                   | 15          |
| Chuveiro               | 15          |
| Lavatório              | 15          |
| Pia de cosinha         | 15          |
| Pia de despejo         | 20 (3/4")   |
| Lavadora de roupa      | 20          |

#### 4.15 Aquecedores.

4.15.1 A instalação dos aquecedores de acumulação e de pressão deverá observar as seguintes condições:

a) os aquecedores de acumulação e de baixa pressão (até 2 metros de coluna de água, geralmente usados em residências), deverão ser

instalados de modo que a canalização de alimentação de água fria saia do reservatório em cota superior ao aquecedor, entrando no mesmo, pela parte inferior; esta canalização deverá ser provida de registro de gaveta. A canalização de água quente deverá sair pela parte superior oposta, e provida de respiro;

b) os aquecedores de acumulação e de alta pressão (acima de 2 metros de coluna de água, geralmente usados em apartamentos), deverão ser instalados de modo que a canalização de alimentação de água fria seja derivada da coluna de distribuição em cota superior ao aquecedor, entrando nos mesmos pela parte inferior; esta canalização deverá ser provida de registro de gaveta e válvula de segurança sendo proibida a instalação de válvula de retenção. A canalização de água quente deverá sair pela parte superior oposta, sendo desaconselhada a sua ligação a um respiro conjugado para todos os pavimentos.

#### 4.16 Reservatório de água quente.

4.16.1 O reservatório livre de água quente poderá ser metálico, de concreto, de cimento amianto, ou de qualquer outro material apropriado. Deverá possuir cobertura que evite a poluição, dispositivo de contrôle do nível de água, extravasor com capacidade de vazão superior à da canalização de entrada e canalização para esgotamento.

4.16.2 O reservatório de pressão de água quente, em geral, é metálico, de forma cilíndrica, em posição horizontal ou vertical. Deverá ser provido de canalização de esgotamento e respiro ou válvula de segurança.

#### 4.17 Canalizações.

4.17.1 As canalizações devem ter o traçado mais curto possível evitando-se colos altos e baixos.

4.17.2 Medidas devem ser tomadas para que as canalizações não venham sofrer esforços não previstos, decorrentes de recalques ou deformação estruturais, e para que fique assegurada a possibilidade de dilatação e contração, com esta finalidade, deverão ser instalados, onde indicado, junta de dilatação ou dispositivos equivalentes.

4.17.3 Para a espessura de isolamento térmico das canalizações são indicados os valores da Tabela VIII.

4.17.4 Quando abaixo do nível do solo, as canalizações devem ser instaladas em canaletas inspecionáveis e providas de registros de descarga para limpeza.

4.17.5 As canalizações não devem ser embutidas em elementos estruturais de concreto (sapatas, pilares, vigas, lajes, etc.) podendo entretanto, quando indispensável, ser alojadas em reentrâncias (encaixes) ou passagem de maior

diâmetro projetadas para esse fim nos referidos elementos.

**TABELA VIII**

**Espessuras indicadas para isolamentos térmicos (diferença de temperaturas entre tubo e ar = 50°C)**

| Diâmetro do tubo<br>mm    | Espessura do<br>isolamento<br>mm |
|---------------------------|----------------------------------|
| 15 a 32 (1/2" a 1 1/4")   | 20                               |
| 40 a 65 (1 1/2" a 2 1/2") | 30                               |
| 80 a 100 (3" a 4")        | 40                               |
| Paredes planas            | 50                               |

4.17.6 Deve-se prever instalação de registro de passagem no início de cada coluna de distribuição e em cada ramal, no trecho compreendido entre a respectiva derivação e o primeiro sub-ramal.

#### 4.18 Peças de utilização.

4.18.1 A abertura de descarga das torneiras ou canalizações de alimentação deve ficar acima da borda do aparelho sanitário correspondente. A distância mínima entre ambas deve ser duas vezes o diâmetro da abertura de descarga e nunca inferior a 2,5 cm.

Nos casos em que a exigência acima não possa ser satisfeita (bidês, etc.), deve-se inserir, no sub-ramal, dispositivo quebrador de vácuo, sem partes móveis, com a entrada de ar a 15 cm no mínimo, acima da borda do aparelho.

As peças de utilização destinadas a limpeza de piso devem ficar a 30 cm no mínimo acima deste.

## 5. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

### 5.1 Tubos.

5.1.1 Os tubos podem ser de cobre, latão (quando de liga específica), aço galvanizado ou não e bronze, desde que obedçam à especificações aprovadas para cada material (\*).

### 5.2 Conexões.

5.2.1 As conexões podem ser de cobre, latão (quando de liga específica), ferro maleável galvanizado ou não e bronze, desde que obedçam à especificações aprovadas para cada material (\*).

### 5.3 Registros, válvulas e torneiras.

5.3.1 Os registros, válvulas e torneiras devem:

a) ser feitos de bronze, latão ou outros materiais adequados;

b) obedecer às especificações aprovadas para cada material.

## 5.4 Juntas

5.4.1 Os materiais para as juntas devem ser adequados aos tubos empregados, vedado o uso de materiais nocivos à saúde.

## 5.5 Aquecedores e reservatórios de água quente.

5.5.1 Todos os tipos de aquecedores e reservatórios deverão ser providos de isolamento térmico adequada. Os aquecedores, quando feitos de aço, deverão possuir revestimento interno de cobre ou outra proteção adequada contra a corrosão.

## 6. EXECUÇÃO

6.1 A execução das instalações deve obedecer rigorosamente ao projeto aprovado.

### 6.2 Canalizações.

6.2.1 As seguintes precauções serão tomadas quanto às canalizações:

a) Deve ser considerada sua proteção sempre que houver outras canalizações contíguas (água fria, eletricidade, gás, etc.).

b) Não devem absolutamente ter ligações diretas com canalizações de esgotos sanitários.

c) Quando enterradas, devem ser devidamente protegidas contra eventual infiltração de água.

d) Não poderão passar dentro de fossas, poços absorventes, poços de visita, caixas de inspeção e valas.

### 6.3 Juntas.

6.3.1 A execução das juntas deve obedecer a técnica própria para cada material, sendo exigida sua estanqueidade nas condições de pressão de ensaio.

### 6.4 Curvatura dos tubos.

6.4.1 As curvaturas dos tubos devem ser feitas sem prejuízo de sua resistência à pressão interna e da seção de escoamento.

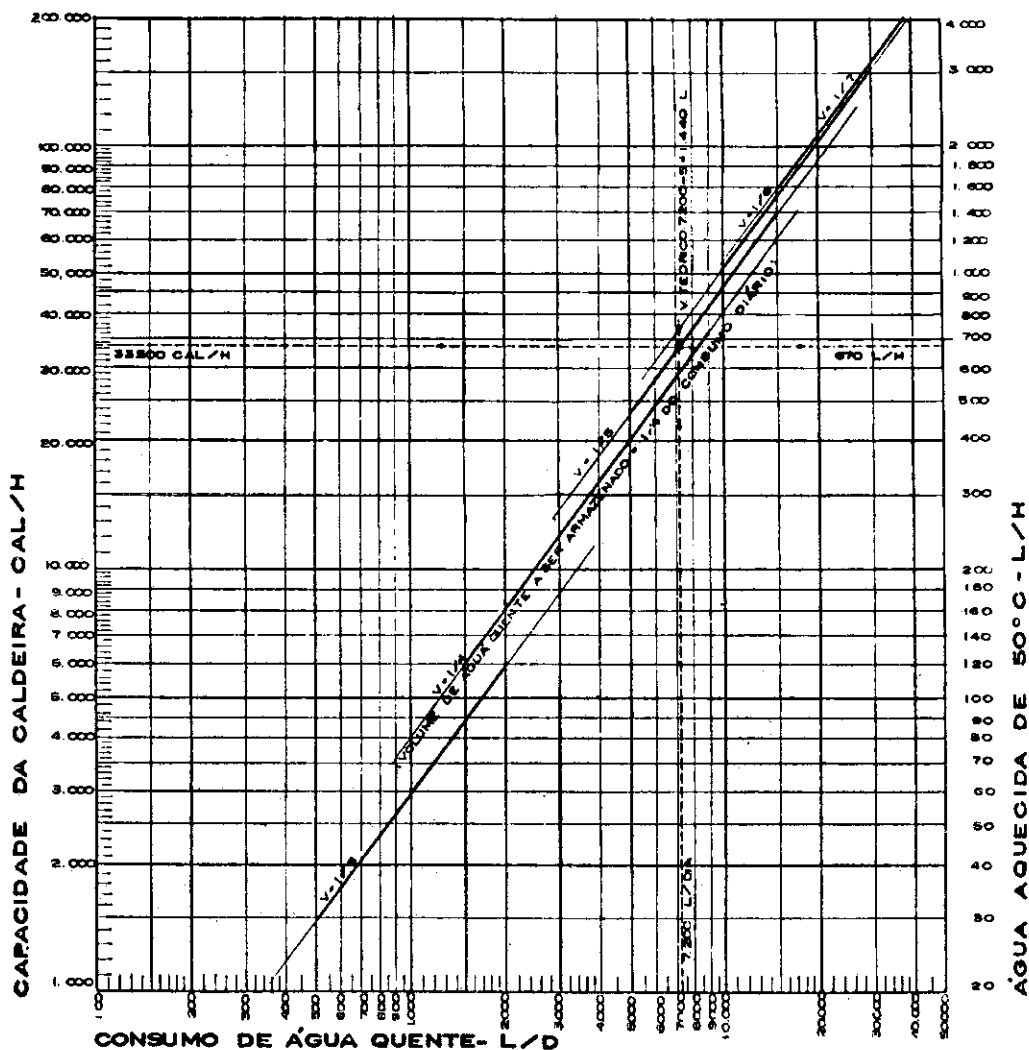
## 7. ENSAIO DE PRESSÃO INTERNA

7.1 Todas as canalizações, depois de instaladas, devem ser submetidas a provas de pressão interna, antes de serem isoladas ou eventualmente revestidas. As canalizações devem ser lentamente cheias de água, certificando-se que o ar foi completamente expelido e em seguida submetidas a uma pressão 50% superior à pressão estática máxima nas instalações, não devendo em ponto algum da canalização ser inferior a 10 metros de coluna de água, seja 1,00 kg/cm<sup>2</sup>. A duração do ensaio será de 5 horas, pelo menos.

(\*) Os tubos de aço e as conexões de ferro maleável, galvanizados ou não, embora empregados comumente, apresentam menor durabilidade.

Fig. 1 — CAPACIDADE DE CALDEIRAS A ÓLEO

Volume de reservatórios de água quente

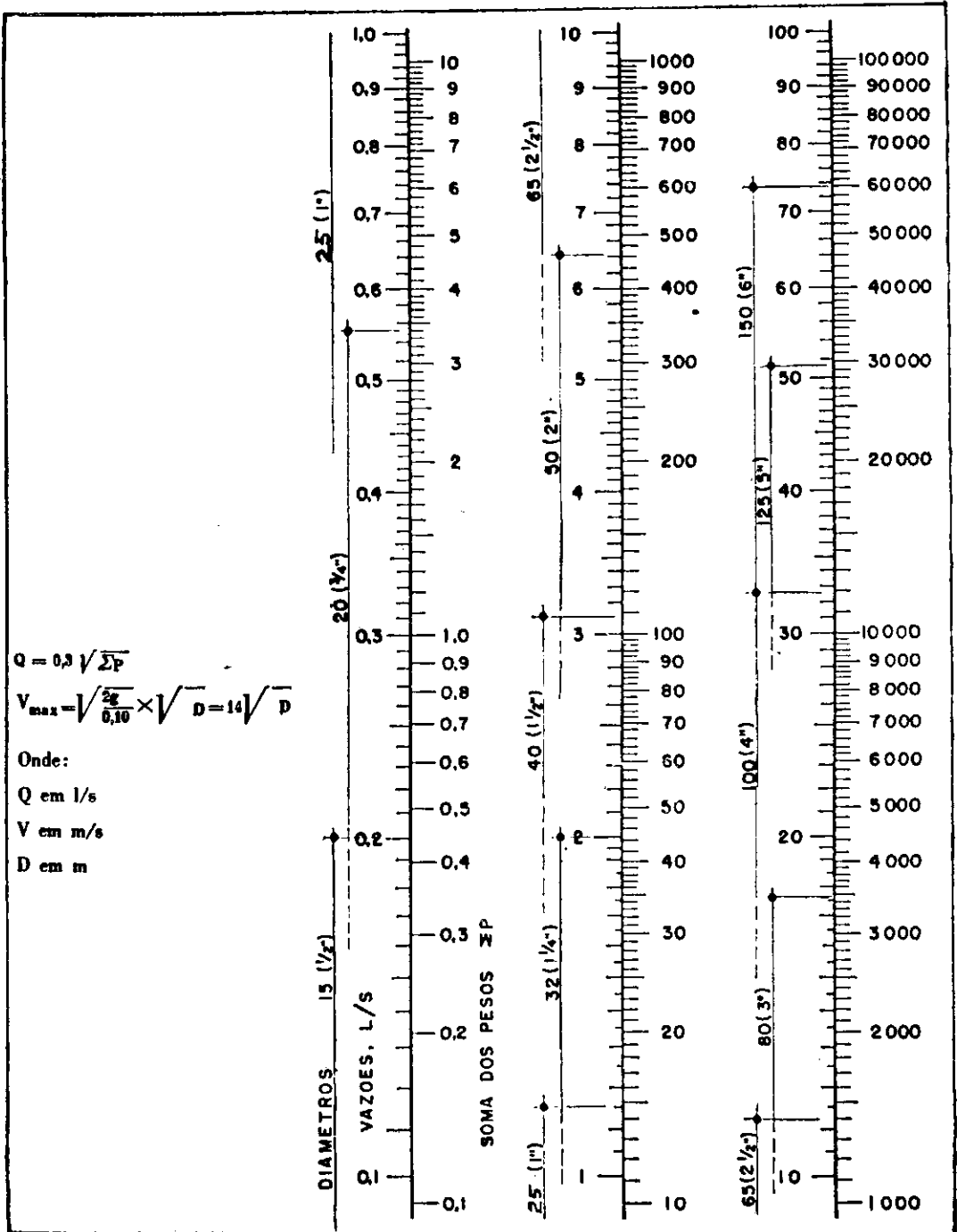


A-  $V=1/3, 1/4$  ETC REPRESENTAM A RELAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA QUENTE PARA O CONSUMO TOTAL DIÁRIO RECOMENDA-SE DESDE  $1/3$  PARA RESIDÊNCIAS GRANDES ATÉ  $1/7$  PARA PRÉDIOS DE APARTAMENTOS MUITO GRANDES.

B- O VOLUME REAL DO RESERVATÓRIO OBTÉM-SE MULTIPLICANDO-SE POR 1,33 O VOLUME TEÓRICO OBTIDO PELA APLICAÇÃO DA RELAÇÃO ADOPTADA PARA LEVAR EM CONTA O VOLUME NÃO UTILIZÁVEL COMO ÁGUA QUENTE NO RESERVATÓRIO

C- EXEMPLO DE CÁLCULO  
 PRÉDIO COM 24 APARTAMENTOS DE 5 PESSOAS  
 CONSUMO DIÁRIO  $24 \times 5 \times 60$  L/DIA = 7.200 L  
 VOLUME TEÓRICO DO RESERVATÓRIO:  $1/5 \times 7.200 = 1.440$  L  
 VOLUME REAL:  $1,33 \times 1.440 = 1.920$  L  
 CAPACIDADE DA CALDEIRA: 33.500 CAL/H (ADOTAR TAMANHO COMERCIAL IMEDIATAMENTE SUPERIOR. PREVER CALDEIRA DE RESERVA)  
 ÁGUA AQUECIDA DE 50°C: 670 L/H

Fig. 2 — DIAMETROS E VAZÕES EM FUNÇÃO DA SOMA DOS PESOS



ENCANAMENTO DE AÇO GALVANIZADO

ENCANAMENTO DE COBRE OU DE LATAO

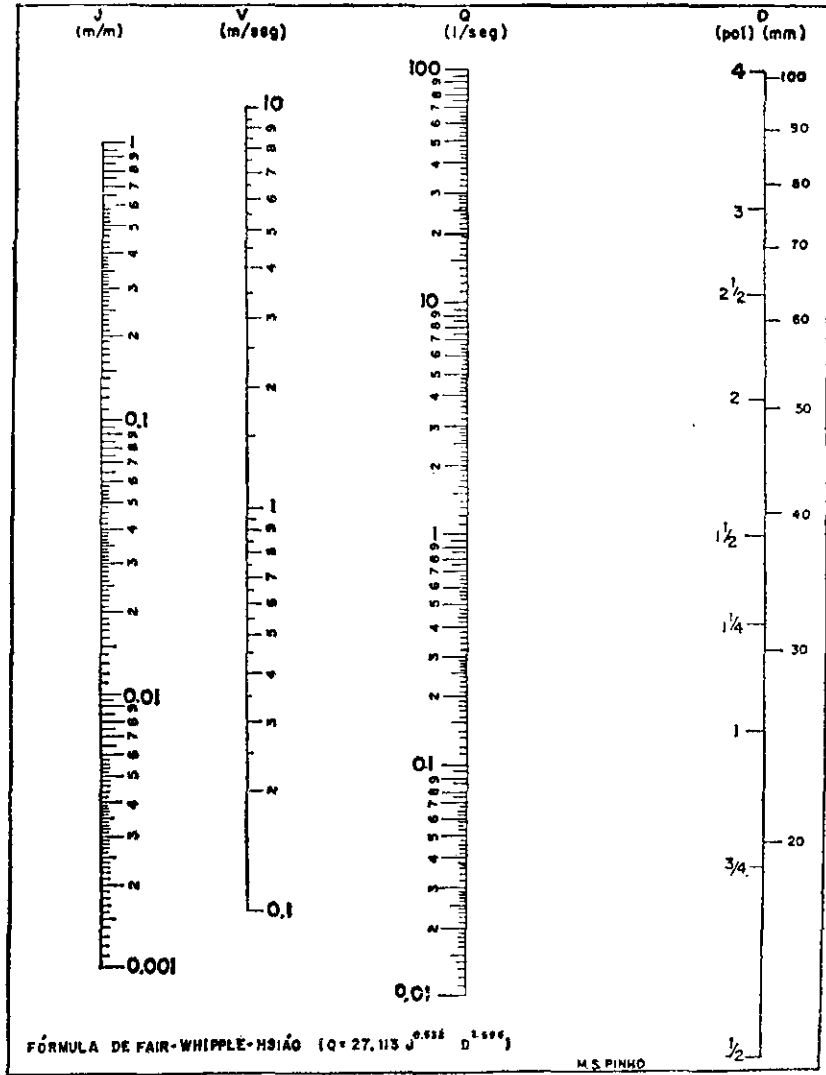


Fig. 3

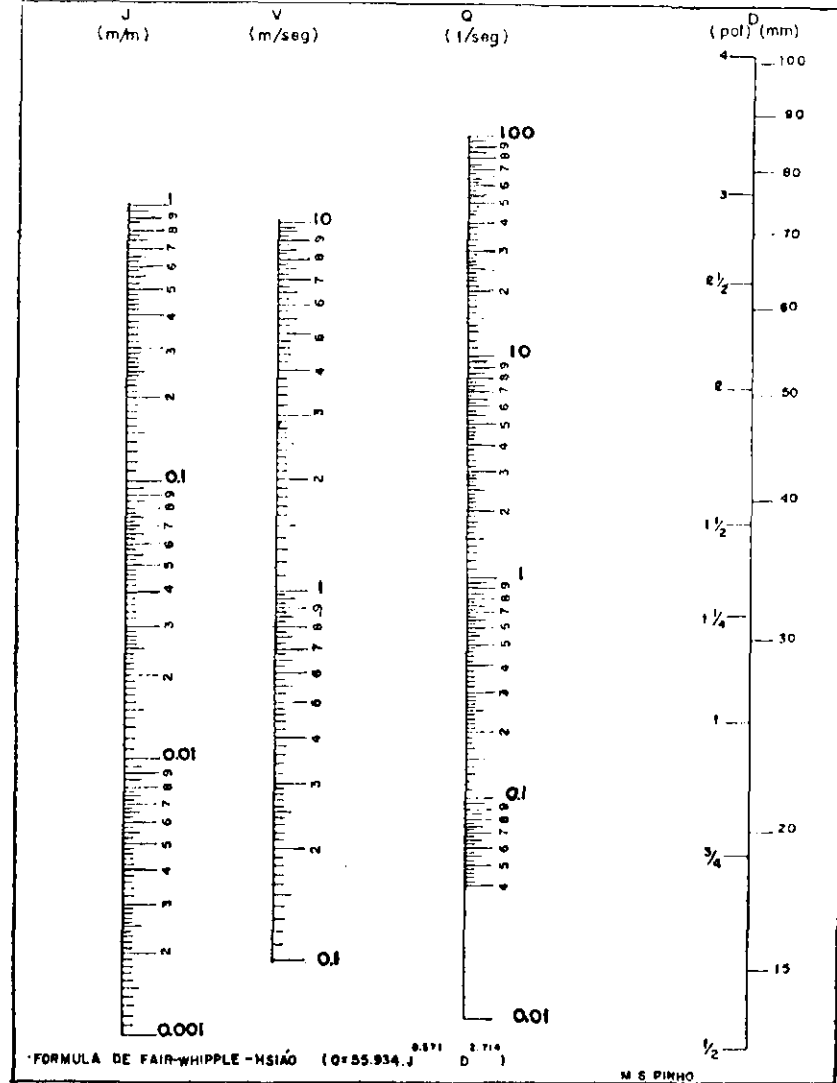


Fig. 4



| DIÂMETRO |       | P                          |                            |                            | E            |                          |                        | R         |                |                  | D                         |                          |                           | A                  |                  |                    | S                     |                   |                               | L                               |  |  | C |  |  | A |  |  | L |  |  | I |  |  | Z |  |  | A |  |  | D |  |  | A |  |  | S |  |  |
|----------|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|------------------------|-----------|----------------|------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|--|
| D        |       | COTOVELO 90°<br>RAIO LONGO | COTOVELO 90°<br>RAIO MÉDIO | COTOVELO 90°<br>RAIO CURTO | COTOVELO 45° | CURVA 90°<br>$R/D = 1/2$ | CURVA 90°<br>$R/D = 1$ | CURVA 45° | ENTRADA NORMAL | ENTRADA DE BORDA | REGISTRO DE GAVETA ABERTO | REGISTRO DE GLOBO ABERTO | REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO | TÊ PASSAGEM DIRETA | TÊ SAÍDA DE LADO | TÊ SAÍDA BILATERAL | VÁLVULA DE PÉ E CRIVO | SAÍDA DA CANALIZ. | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE | VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |
| mm       | pol   |                            |                            |                            |              |                          |                        |           |                |                  |                           |                          |                           |                    |                  |                    |                       |                   |                               |                                 |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |
| 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       | 0.2            | 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            | 0.7              | 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 1/2 | 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                        | 1.5          | 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               | 8.4                           | 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                      | 6.3                | 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                            |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |   |  |  |

JMAN

Fig. 5