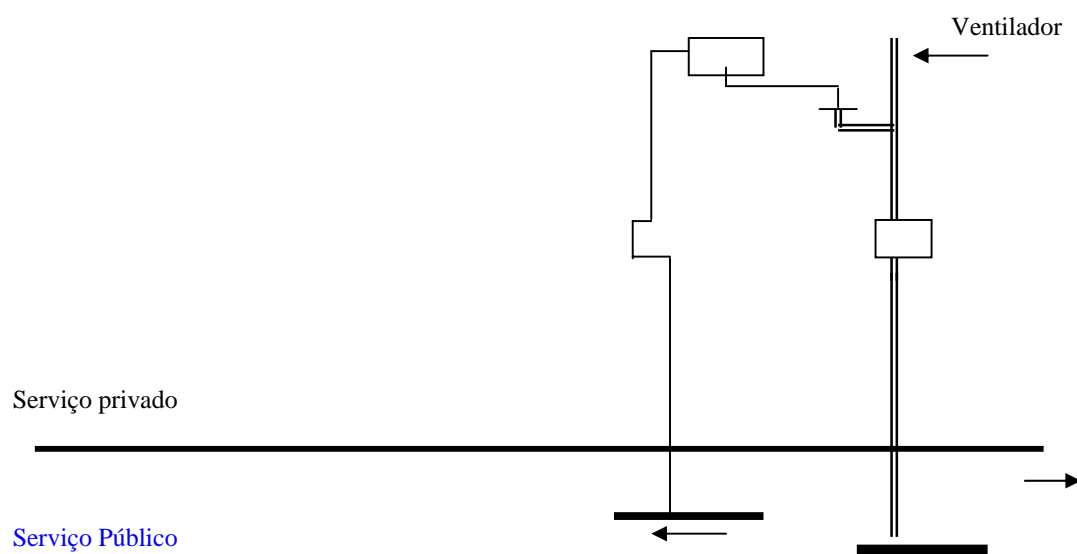


CAPA DO LIVRO

PLÍNIO TOMAZ

PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

Interface nas Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos



PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

PLÍNIO TOMAZ

Eles estão “loucos” por ela

Ela é leve, linda e gostosa;
Ela é a vida, a riqueza e a alegria;
Ela é a fonte da energia e da saúde;
No planeta Terra, ela é a maioria;
Ela enche nossos olhos com seus encantos e sua magia;
Ela também refresca, relaxa e acalma;

Quando a tratamos bem, ela retribui todas as suas propriedades, nos deixando mais jovens, bonitos e atraentes;
Sua ausência é sentida por todos;
Não vivemos muito tempo sem ela;

Atualmente ela se transformou no centro das atenções, participa de bate-papos, discussões e debates em toda a cidade.

Parece que de repente conseguiu que todos se voltassem para ela, a fim de receber seu devido valor.

Afinal, ela também pode ser o desespero de muita gente.

Estamos falando de nossa amiga de todas as horas ou algumas horas, de todos os dias ou alguns dias.

Estamos falando do líquido mais precioso da vida. A água.

Eles estão “loucos” por ela.

Texto do servidor público municipal Aluizio Trielli de Lima, publicado no Editorial de outubro de 1996 no jornal de Guarulhos denominado “Taboão em Notícias”, quando a sociedade civil estava discutindo a privatização do SAAE.

Agradecimentos

Dr. José Carlos S. Severo, Diretor Presidente da Engemac - Engenharia, Indústria e Comércio Ltda.

Dr. Paulo Renato Cardinal, Diretor Presidente da Cardinal Tubos e Conexões Ltda

Apresentação a ser feita pelo professor Kokei da Politécnica

INTRODUÇÃO

Durante os 30 anos em que trabalhamos no SAAE de Guarulhos, notamos a importância de inúmeras informações que faltam para os projetistas de instalações prediais de água fria e de esgoto sanitário com relação ao serviço público.

Verificamos muitas das vezes, subdimensionamento ou superdimensionamento dos ramais prediais de água e coletores prediais de esgoto sanitário. Os maiores problemas são previsões das populações dos edifícios residenciais e principalmente nos comerciais e industriais. Muitas vezes existem discussões entre o concessionário e o projetista das instalações sobre as interfaces dos projetos. O que procuramos neste livro, é facilitar aos projetistas, os conhecimentos e as discussões sobre estas interfaces.

O Capítulo 1 trata das Previsões de consumo de água. Fizemos uma pesquisa bibliográfica intensa, para descobrir informações as mais modernas possíveis sobre consumo e a desagregação da água, principalmente nos prédios comerciais e industriais. Conseguimos além dos dados brasileiros, que na maioria, são copiados, outros dados americanos e portugueses mais recentes. Apresentamos no fim do capítulo, uma tabela contendo em ordem alfabética, todas as informações coligidas sobre previsão de consumo de água.

No capítulo 2 apresentamos a Construção de modelos matemáticos para estimativa do consumo médio mensal de água em postos de gasolina e lava-rápidos.

Através de análise de regressão linear múltipla, obtemos estatisticamente os modelos matemáticos para os postos de gasolina e lava-rápidos, usando softwares disponíveis no mercado.

O capítulo 3 trata do Dimensionamento de ligações de água, mostrando o diâmetro do ramal, o cavalete, o hidrômetro e o dimensionamento da caixa d'água, alertando para os problemas de perda de carga nos hidrômetros em prédios de apartamentos. São apresentados os modelos de cavaletes para todos os diâmetros existentes na região metropolitana de São Paulo.

No capítulo 4 temos o Dimensionamento de ligações de esgoto sanitário de acordo com medições feitas no Rio de Janeiro pelo Eng. Macedo, bem como o dimensionamento conforme ABNT, Cetesb e dimensionamento racional do Dr. Orestes da Escola Politécnica. Estudos sobre gases no ramal e a Lei estadual sobre despejos de efluentes dos esgotos sanitários em redes públicas com seus valores máximos admissíveis. Encontra-se também neste capítulo, os parâmetros de carga K1 conforme o ramo de atividade domiciliar, comercial e industrial usado na região Metropolitana de São Paulo bem como modelos de caixas detentoras e interceptoras usadas.

Eng. civil Plínio Tomaz
26 de novembro de 1999

INTERFACE DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA E ESGOTO COM OS SERVIÇOS PÚBLICOS

Capítulo 1 Previsão de Consumo

Capítulo 2 Construção de modelos matemáticos para
estimativa do consumo médio mensal de água em postos de gasolina
e lava-rápidos.

Capítulo 3 Dimensionamento do ramal predial de ligação
de água, hidrômetro e cavalete

Capítulo 4 Dimensionamento de Coletores Prediais de
esgoto sanitário

CURRICULUM VITAE RESUMIDO

Plínio Tomaz, formou-se engenheiro civil em 1966, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Neste ano assumiu a Diretoria de Águas e Esgotos na Prefeitura Municipal de Guarulhos, na qual atuou por 30 anos.

Foi fundador do SAAE de Guarulhos e atuou em áreas como administração, projetos de abastecimento de água e esgotos sanitários, construção de obras de saneamento básico, manutenção e operação. Fez parte do Conselho Estadual de Águas e Esgotos representante de Guarulhos. É sócio da AWWA (American Water Works Association), ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária), IWSA (International Water Service Association), WQA (Water Quality Association) e ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas).

Em Guarulhos, executou 1.610 km de rede de água desde 75mm até 1.400mm, 963 km de rede de esgoto sanitário, estação de tratamento de água potável, estações de elevatórias de água potável, boosters fixos e removíveis, reservatórios de concreto e aço. Em 1968, inaugurou uma oficina de hidrômetros feita somente com funcionários do SAAE de Guarulhos.

Paralelamente ao cargo efetivo de Diretor, exerceu durante muitos anos o cargo de Superintendente do SAAE de Guarulhos. Na área administrativa, implantou a emissão e controle de contas de água no SAAE e impostos prediais e territoriais urbanos na Prefeitura Municipal de Guarulhos.

Sob a orientação do Dr. Kokei Uhera, participou de diversos cursos de pós-graduação e especialização na Escola Politécnica da USP e na Faculdade de Saúde Pública de São Paulo. Ministrou aulas de Hidráulica na CETESB, como consultor, e na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC), da Universidade Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

Foi Professor Assistente, Coordenador do Núcleo de Pesquisas Hidráulicas e fez parte da Congregação da FATEC.

No SAAE, teve a oportunidade de fazer inúmeras pesquisas, como determinação dos erros em medidores, instalações de hidrômetros em prédios de apartamentos, determinação do Coeficiente C de Hazen-Williams em redes de água e utilização de novos materiais, como por exemplo, o tubo de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), utilização do til radial para redes de esgotos e pesquisas da deformação diametral dos nos tubos de plásticos para esgotos sob efeitos de cargas moveis.

Aposentado do SAAE de Guarulhos em 1996, assumiu o cargo de Diretor de Exploração Mineral, no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), do Ministério de Minas e Energia (MME) em julho de 1997 até agosto de 1999.

Em maio de 1999 publicou em São Paulo o livro “Conservação da Água”.

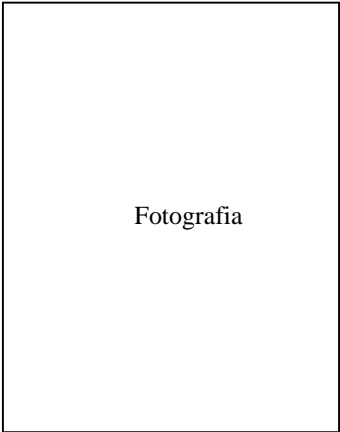
(Para ser colocado na capa de fundo)

Este livro foi escrito em linguagem simples e direta, dedicado a engenheiros, arquitetos, tecnólogos e projetistas de instalações prediais de água fria e esgoto sanitário.

Uma das grandes dificuldades que existe no Brasil é a previsão de consumo de água para os projetos de instalações prediais de água fria, principalmente de edifícios comerciais e industriais. O autor procurou bibliografia internacional sobre os coeficientes específicos de consumo de água, principalmente para comércio e indústria. É difícil prever como uma indústria consome a sua água e como a água está desagregada: caldeiras, resfriamento, insumo, lavagem de exteriores, uso doméstico, etc.

O autor apresenta modelos de cavalete até diâmetro de 150mm, dimensionamento racional do coletor predial, tabela dos coeficientes k_1 para efluentes não domésticos desenvolvida pela SABESP bem como demais informações técnicas para as ligações de água e esgotos sanitários.

É apresentado modelo matemático para previsão de consumo de postos de gasolina e lava-rápidos, com os devidos intervalos de confiança de previsão da média, usando softwares de fácil aquisição no Brasil.



Fotografia

Prefácio

Quem já trabalhou em áreas de planejamento, projeto, execução de obras e na manutenção de instalações prediais, deve ter enfrentado muitas dificuldades por falta de dados. Na verdade este é um problema crônico generalizado na área de engenharia no nosso país, uma vez que não é muito usual os nossos colegas publicarem artigos sobre as dificuldades que desafiaram e as soluções encontradas. Porém, neste livro intitulado “Previsão de Consumo de Água”, o engenheiro Plínio Tomaz, fugindo da regra acima comentada, deixa para os técnicos em geral que atuam na área de instalações a sua experiência profissional de 34 anos como engenheiro hidráulico e sanitarista.

Os técnicos e pesquisadores do ramo poderão encontrar aqui respostas para suas dúvidas quanto ao consumo e a desagregação da água nos prédios comerciais, industriais, postos de gasolina e lava-rápidos, bem como caminhos suaves para o dimensionamento de ligação de água e esgoto sanitário.

Este livro será de muito utilidade para engenheiros, tecnólogos, arquitetos e técnicos de nível médio que trabalham na área de instalações prediais.

O engº Plínio Tomaz é formado em engenharia civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1966. Participou de diversos cursos de pós-graduação e especialização na EPUSP, sob minha orientação. Foi professor e colega do Departamento de Hidráulica da Faculdade de Tecnologia de São Paulo do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza da UNESP. Assim sendo tive o privilégio e oportunidade de acompanhar a ascensão científica, tecnológica e educacional do autor que se nota neste trabalho.

O fato de publicar este livro para ajudar os técnicos da área de instalações prediais com linguagem simples e abundância de dados e indicando uma farta bibliografia, citando entre outros livros didáticos tais como “Manual de Hidráulica” do Professor Dr. José Martiniano de Azevedo Netto, 8ª edição, 1999 e “Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário” do professor Dr. Pedro Alem Sobrinho e Professor Dr. Milton Tomoyuki Tsutiya, 1ª edição, 1999, mostra a sua formação de educador e técnico. Já o seu lado científico é nivelado pela citação de vários trabalhos de pesquisas, tais como a dissertação de mestrado e tese de doutoramento do Professor Dr. Orestes Marracini Gonçalves.

É muito oportuno a publicação deste livro no mercado nacional para os estudiosos e técnicos da área de instalações prediais.

Dr. Kokei Uehara
Professor Titular da EPUSP

CAPÍTULO

3

DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL DE LIGAÇÃO DE ÁGUA, HIDRÔMETRO E CAVALETE

17 de setembro 1999

Sumário (necessário revisar)

1	Objetivo.....	3
2	Sistema de Distribuição de Água Potável	3
.2.1	Sistema de Distribuição Direta.....	
	3.2.1 Sistema de Distribuição Indireta.....	
	3.2.3 Sistema Dual de Abastecimento de Água.	
	3.2.4	uprimento,
	Demanda e Reservação	
	3.2.5	PPadronização
	dos hidrômetros, cavaletes e diâmetros de ramais	
	prediais das ligações de água	9
	3.3.1 Uso da tabela 3 para dimensionamento de um ramal predial, hidrômetro e	
	cavalete	11
	3.4 Materiais dos ramais prediais das ligações de água	13
	3.4.1	Velocidade da
	água no ramal predial	20
	3.4.2 Perigo da Conexão Cruzada	
	(Cross-Connection)	
	3.4.2.1 – Dispositivos contra retrossifonagem	24
	3.4.3 Dispositivos que podem ser instalados	
	3.4.4 no ramal predial	30
	3.4.4 Regulador de Pressão para saneamento	36
	3.4.5 Água parada no ramal predial:	
	3.4.6 Perigo de contaminação	36
	3.4.6 Materiais dos cavaletes de ligação de água	37
	3.4.7 Dimensionamento do ramal predial	
	para abastecimento residencial com	
	sistema fixo de combate a incêndio com	
	chuveiros automáticos- Sprinkler.....	
3.4.8	● Obrigatoriedade Legal da Ligação de água e esgoto à rede pública no	
	Estado de São Paulo. 38	
3.5	Cavaletes comuns (¾” e 1”)	39
		3.6
	Cavaletes Prateleiras (duas, três e quatro economias)	
3.7	Cavaletes especiais (50mm, 75mm, 100mm e 150mm)	43
3.8	Hidrômetros	46
	3.8.1 Hidrômetros taquimétricos para água fria até 15m ³ /hora	46
	3.8.2 Hidrômetros velocimétricos para água fria de 15m ³ /hora até	
	1500m ³ /hora de vazão nominal	47
	3.8.3 Portaria n.º 29 do Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade	
	Industrial (INMETRO)	49
	3.8.4 Perdas de cargas nos hidrômetros	49
3.9	Pressões Dinâmicas e Estática na Rede Pública	58
3.10	Perdas de cargas no Ramal	58
3.11	Consumo Provável Mensal	64
3.12	Referências Bibliográficas	78

Revisado em 17 de setembro de 1999

1 Objetivo

Dimensionar o diâmetro do ramal predial de ligação de água, o cavalete, o hidrômetro que será colocado no mesmo para medir a água, bem como verificar o volume dos reservatórios levando-se em conta o suprimento de água potável.

Ramal Predial

Entende-se por ramal predial a tubulação compreendida entre o colar de tomada ou peça de derivação da rede pública ou privada até o cavalete, inclusive.

Cavalete

Cavalete é o dispositivo de ferro galvanizado, PVC (Policloreto de Vinila), PP (polipropileno), cobre, latão ou outro material, destinado a instalação do hidrômetro, em posição afastada do piso e de fácil visualização.

2 Sistema de Distribuição de Água Fria

Os sistemas de distribuição de água fria segundo a NBR 5626/set 98 podem ser de três tipos: distribuição direta, distribuição indireta ou sistema misto.

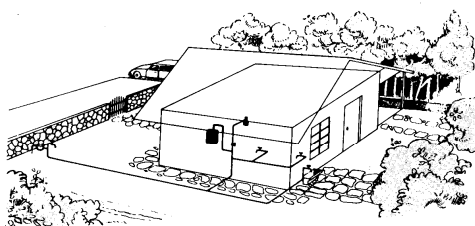
Os sistemas de distribuição Direta e indireta estão representados na Figura 1.3.

Sistema de Distribuição Direta

- No Sistema de Distribuição Direta todos os aparelhos e torneiras são alimentados diretamente pela rede pública ou privada. A NBR 5626/98 recomenda cuidados especiais para impedir refluxos para a rede pública;

Sistemas de Distribuição Indireta

Sistema de distribuição direta
A alimentação da rede de distribuição é feita **diretamente** da rede pública de abastecimento (sem reservatório).



Sistema de distribuição indireta
(por gravidade)
A alimentação da rede de distribuição é feita **através de reservatório superior**.

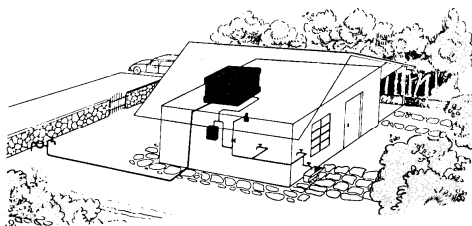
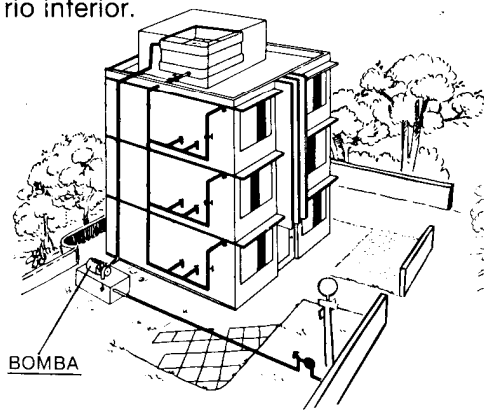


Figura 1.3: Sistema de distribuição direta e indireta de Água Fria
Fonte: Tigre, 1987

-
-
- Nos Sistemas de Distribuição Indireta todos os aparelhos e torneiras são alimentados pelo reservatório superior ou inferior do prédio. O sistema de Abastecimento Indireto pode ser por gravidade ou por hidropneumático.
- No sistema por gravidade a alimentação da rede de distribuição interna é feita a partir do reservatório superior.
- No sistema hidropneumático o sistema de alimentação é feito a partir do reservatório inferior com pressão dada por uma instalação hidropneumática.

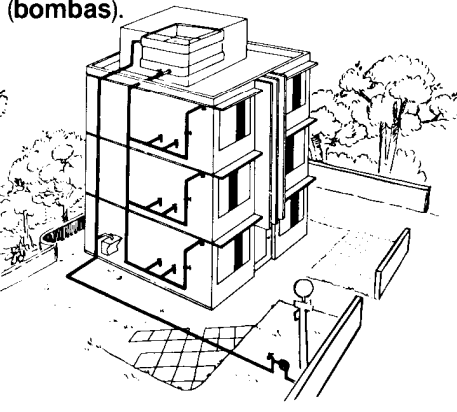
Sistema de distribuição indireta (com bombeamento).

A alimentação da rede de distribuição é feita a partir de reservatório superior, o qual é alimentado por bombeamento, através de um reservatório inferior.



Sistema de distribuição misto

A alimentação da rede de distribuição é feita, parte **diretamente** pela rede pública de abastecimento e parte pelo **reservatório superior** ou por instalação hidropneumática (**bombas**).



- **Figura 2.3:** Sistema de Distribuição Indireta (com bombeamento) e Sistema de Distribuição Misto
Fonte: Tigre, 1987

Sistema de Distribuição Misto

- No Sistema de Distribuição Misto parte dos aparelhos são alimentados pelo Sistema de Distribuição Direta e parte pelo Sistema de Distribuição Indireta. Nas unidades residenciais térreas brasileiras é comum o uso do sistema misto em que a torneira do tanque, torneira de jardim e torneira da cozinha ou da máquina de lavar roupa, são abastecidos diretamente pela rua, enquanto que o restante é abastecido pelo reservatório superior.

3 Sistema de Distribuição Direta de Água Fria

No Sistema de Distribuição Direta a rede pública ou privada deve abastecer a instalação predial, sem o uso de reservatórios, a exemplo do que é feito nos Estados Unidos e na Europa.

Em nosso país, o sistema de distribuição público de água potável prevê o uso de reservatórios domiciliares no dimensionamento das redes primárias e secundárias. Em Guarulhos existe um conjunto Habitacional denominado Parque Cecap abastecido diretamente, sem uso de reservatórios domiciliares.

Conforme a NBR 5626/98 os aparelhos passíveis de provocar retrossifonagem só podem ser instalados com o seu sub-ramal protegido por um quebrador de vácuo, nas condições previstas para a sua instalação.

Ainda, segundo a NBR 5626/98 o dimensionamento do ramal predial destinado ao abastecimento, deverá ser o mesmo para o dimensionamento do barrilete, das colunas de distribuição e dos ramais e sub-ramais.

Barrilete

O Barrilete é o conjunto de tubulações que se origina no reservatório e do qual se derivam as *colunas de distribuição*. Por sua vez as colunas de distribuição alimentam os *ramais e sub-ramais*.

Para a determinação das vazões de projetos em sistemas prediais de água fria, conforme Gonçalves, 1986 são usados duas metodologias:

Métodos Empíricos e
Métodos Probabilísticos.

Métodos Empíricos

Os Métodos Empíricos são o de Timmis, Dawson e Kalinske, Dawson e Bowman, Raiz Quadrada ou Alemão, Francês, Britânico, Fretewell, Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo, U.S. Department of Commerce, Macintyre e Raiz Quadrada Modificado.

Métodos Probabilísticos

Os Métodos Probabilísticos são o de Hunter, Gallizio, Burberry, CP-310, Webster, Courtney, Konen-Hunter modificado e Murakawa.

Método da Raiz Quadrada ou Método Alemão

A ABNT usa para determinação das vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria, o Método Empírico, feito em 1940 conhecido como o *Método da Raiz Quadrada* ou *Método Alemão* por ser usado no país daquele nome.

Neste método para o estabelecimento da vazão de projeto de um trecho do sistema predial de distribuição de água fria, são relacionados os “pesos” a tipos de aparelhos sanitários e o número total de aparelhos de cada tipo, instalado a jusante do trecho.

Segundo Rocha, 1985, o processo de extração da raiz quadrada atende, de uma maneira arbitrária, o fato de que os aparelhos não estão todos em uso simultâneo.

$$Q_p = q_r (n_1 P_1 + n_2 P_2 + n_3 P_3 + \dots + n_n P_n)^{1/2}$$

Ou seja:

$$Q_p = q_r (\sum n_i P_i)^{1/2}$$

Sendo

$$P_1 = (q_1 / q_r)^2$$

$$P_2 = (q_2 / q_r)^2$$

e assim por diante.

Onde

Q_p = vazão de projeto do trecho considerado;

q_r = vazão de referência;

n_i = número de aparelhos sanitários do tipo i , instalado a jusante do trecho considerado;

P_i = “peso” atribuído ao aparelho sanitário do tipo i ;

q_i = vazão unitária do aparelho sanitário do tipo i ;

N = número de tipos diferentes de aparelhos sanitários.

A ABNT adotou para a vazão de referência q_r na NBR 5626/98 o valor de 0,30 litros /segundo.

A Tabela 1.3 mostra os “pesos” associados a vazão de cada tipo de aparelho sanitário, notando onde a vazão é 0,30 l/s o “peso” é igual a 1:

Tabela 1.3- Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto L/s	Peso Relativo
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,70	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro	Registro de Pressão	0,10	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou Ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro Elétrico	Registro de Pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos	Registro de Pressão	0,30	1,0
Lavadora de roupas	Registro de Pressão	0,30	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico com sifão integrado	Válvula de Descarga	0,50	0,3
Mictório cerâmico sem sifão integrado	Caixa de Descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira Elétrica	0,10	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4

Fonte: ABNT NBR 5626/set 1998

Exemplo: cálculo da vazão em litros/segundo do ramal predial para alimentação direta de uma residência unifamiliar, somam-se todos os pesos de todos os aparelhos sanitários, como mostra a Tabela 2.3.

Tabela 2.3-Vazão em litros/segundo do ramal predial para alimentação direta de uma residência unifamiliar

Ponto de utilização	Quantidade de peças	Peso por peça	Peso Total	Vazão unitária l/seg	Vazão total l/seg
	n_i	P_i	$P=n_i \times P_i$	q_i	$Q=n_i \times q_i$
Bacia sanitária com caixa de descarga	1	0,3	0,3	0,15	0,15
Chuveiro elétrico	1	0,1	0,1	0,10	0,10
Máquina de lavar roupas	1	1,0	1,0	0,30	0,30
Máquina de lavar pratos	1	1,0	1,0	0,30	0,30
Torneira de pia	1	0,7	0,7	0,25	0,25
Tanque de Lavar roupa	1	0,7	0,7	0,25	0,25
Torneira de banheiro	1	0,7	0,7	0,20	0,20
Soma	7		$\Sigma 4,5$		$\Sigma Q=1,55$

Com o peso total de 4,5 vamos calcular a vazão do ramal, conforme NBR 5626/98. Usa-se a fórmula:

$$Q = C \sqrt{\Sigma P} \quad (3.1)$$

Sendo:

Q= vazão em litros por segundo;

C = coeficiente de descarga = 0,30 litros/segundo;

ΣP = soma dos pesos correspondentes a todas as peças de utilização alimentadas através do trecho considerado multiplicado pela quantidade de peças.

Então teremos:

$$Q = C \sqrt{\Sigma P} = 0,30 \times \sqrt{4,5} = 0,64 \text{ litros/segundo}$$

Portanto, o ramal predial deverá ser dimensionado usando a vazão 0,64 litros/segundo.

No método previsto para a ABNT NBR 5626/98 *somam-se os pesos e não as vazões (A soma dos pesos é 4,5 e a das vazões é de 1,55).*

A NBR 5626/98 diz que a alimentação deve ser feita diretamente da rede de abastecimento, quando as condições de vazão, pressão e continuidade o permitirem.

Porém a mesma norma recomenda para as condições médias brasileiras, o sistema de distribuição indireta por gravidade, admitindo o sistema misto (Indireto por gravidade com direto) desde que apenas alguns pontos de utilização, como torneira de jardim, torneiras de pias de cozinha e de tanques, situados no pavimento térreo, sejam abastecida no sistema direto.

A utilização dos sistemas de distribuição direta ou indireta hidropneumáticos deve ser convenientemente justificada.

4 *Demanda mínima para suprimento constante*

Ainda conforme a NBR 5626/98, a vazão mínima em litros por segundo a ser considerada, desde que a fonte seja contínua, deve ser suficiente para atender ao consumo diário do prédio no período de 24 horas, devendo-se utilizar a seguinte fórmula:

$$Q_{\min} = \frac{\text{Consumo diário em litros}}{86.400 \text{ segundos}}$$

Sendo:

Q_{\min} = litros/segundo;

Consumo diário em litros;

Número de segundos em um dia = 86.400.

Considerando, a mesma residência uni-familiar com cinco pessoas e sendo a quota per capita de 200 litros por pessoa, teremos consumo médio diário de 1000 litros.

Usando-se a fórmula acima teremos:

$$Q_{\min} = \frac{\text{Consumo diário em litros}}{86.400 \text{ segundos}} = \frac{1.000 \text{ litros}}{86.400} = 0,012 \text{ l/s}$$

que é bem menor que o valor 0,64 l/s se a distribuição fosse direta. Portanto, a distribuição indireta irá fornecer menores diâmetros dos ramais prediais de ligação de água.

Em outubro de 1993 a firma francesa Lyonnaise des Eaux Services Associés- Lysa, apresentou para a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) o “*Programa de Redução de Águas não Faturadas*” da cidade de São Paulo, sendo que através de amostragem, foi verificado a existência de reservatórios em 80% (oitenta por cento) dos domicílios.

5 *Sistema Dual de Abastecimento de Água*

O Sistema de Abastecimento de Água pode ser de dois tipos: água potável e água não-potável. A existência das redes de água potável e não-potável, forma o que se convencionou chamar de Sistema Dual de Abastecimento de Água.

Conforme AWWA, julho 1997, no dia 6 de março de 1992 a cidade de Cape Coral na Flórida deu início ao sistema dual, sendo uma rede de água potável devido a água subterrânea extraída por poços tubulares profundos e água não-potável, de um canal que existe na cidade e o efluente do tratamento de esgotos sanitários.

Cerca de 25% da cidade tem duas ligações de água, uma de água potável e outra de água não potável. A ligação da água não-potável é feita de 1”(25mm), havendo válvula de retenção de latão e saída para mangueira de jardim e sistema de rega de jardins com uso de sprinklers. É cobrado por mês US\$5,00 da água não potável, cuja conta fica junta com a da água potável.

Nos Estados Unidos inúmeras cidades já estão usando o sistema dual de abastecimento, sendo que no estado da Califórnia, o seu uso é 60% destinado a irrigação, enquanto que no Japão só se usa 15%.

Por outro lado o Japão usa 40% da água não potável para fins industriais e na Califórnia se usa somente 2% (AWWA, novembro 1997). O primeiro sistema dual dos Estados Unidos é o de São Petersburgo na Flórida, que funciona desde 1969.

Embora a idéia do sistema dual pareça ser nova, ela é muito antiga. No ano 10 da era Cristã, o imperador romano César Augusto construiu um aqueduto de 32 quilômetros para trazer água de baixa qualidade, que alimentava um lago artificial onde se simulavam batalhas navais para entretenimento do povo romano. Esta água também era usada para regar jardins e gramados.

Água não potável NBR 5626/98

A NBR 5626/98 muito sabiamente prevê que a instalação predial de água fria pode ser abastecida com água não potável deve ser totalmente independente daquela destinada a água potável. A água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.

6 Suprimento, Consumo e Reservação

Em Hidrologia é muito usado a expressão matemática abaixo, em que I, O, dS e dt são respectivamente, os Input, Output e armazenamento no intervalo de tempo.

$$I - O = \frac{dS}{dt}$$

Podemos escrever de uma outra maneira:

$$\text{Suprimento} - \text{Demanda ou Consumo} = \frac{\text{Armazenamento ou Reservação}}{\text{Intervalo de tempo}}$$

Para o dimensionamento do volume de compensação (armazenamento) é muito difícil resolver a relação acima, pois na prática não dispomos das curvas de suprimento e de consumo. De modo geral o suprimento é estimado como se fosse uma constante, o que na prática não é verdade.

Quanto a curva de consumo, raramente dispomos dela, para o dimensionamento de um reservatório. Por isso, é que na prática são usados métodos empíricos para o dimensionamento de reservatórios domiciliares de água potável.

Supondo que temos o Output, isto é, a curva de consumo, temos uma equação com duas incógnita I e dS. Precisamos de mais uma equação, que será aquela da válvula de bóia.

Válvula de Bóia

Segundo Luz, 1982, a válvula de bóia é um controlador de vazão que é instalado no ramal de suprimento de reservatório, ou caixas de descargas, com o fim de condicionar o suprimento ao nível da água no reservatório. Vamos mostrar a formulação matemática para o funcionamento das válvulas de bóia tipo “Portsmouth”, padrão inglês BS 1212.

A Figura 3.3 Mostra a vazão de suprimento Q_s chegando a uma válvula de bóia e a curva exata e aproximada da mesma, conforme Gibson.

Segundo Gibson, ensaios feitos em grande número de válvulas de bóia de várias dimensões levaram à conclusão de que elas se comportam como mostra a Figura 3.3.

Na primeira metade do curso do flutuador se pode admitir que a vazão cresce linearmente com o arco por ele descrito e na segunda metade a vazão passa a ser constante. Por simplicidade se pode fazer representar esse arco por sua projeção vertical, sem que isso implique em sensíveis imprecisões.

Assim se pode escrever:

Quando o volume do reservatório S for menor que 50% teremos:

$$Q_s = K_b \cdot S$$

Quando o volume do reservatório S for maior que 50%, então teremos uma constante:

$$Q_s = \frac{K_b \cdot S_{\text{máximo}}}{2}$$

sendo K_b = coeficiente que dependa da pressão e das características da válvula de bóia;

S = volume de água que corresponde ao abaixamento de nível h ($S = h \cdot \text{área}$) e

Q_s = vazão de suprimento.

Método de Gibson para cálculo do volume de compensação

Segundo Luz, 1982, p. 147-151, E. Gibson no trabalho da CIB 62 feito na Inglaterra em 1974- *Analyse of water supply and storage demand*, demonstra a fórmula:

$$K_b = \frac{2 (Q_s - q_c)^2}{(Q_c - q_c)^2 - (Q_s - q_c)^2}$$

Sendo:

K_b = coeficiente de proporcionalidade entre q_s e S ;

Q_s = vazão máxima de suprimento;

Q_c = vazão de consumo de projeto e

q_c = média da vazão de consumo.

Ainda segundo Luz, 1982, o procedimento do projeto é resumido nos seguintes passos:

- a) usando dados histórico de demanda de instalações existentes, identificar q_c e δq_c .

O valor $\delta q_c = \sqrt{\text{variança } q_c}$.

Adotar a vazão de suprimento máximo Q_s , de tal forma que satisfaça às restrições dos sistema de abastecimento, e identificar as condições de pressão na rede de abastecimento;

- b) escolher a probabilidade de falha admissível e obter o valor de a , que normalmente é tabelado.

Calcular Q_c pela expressão $Q_c = q_c + a \cdot \delta q_c$;

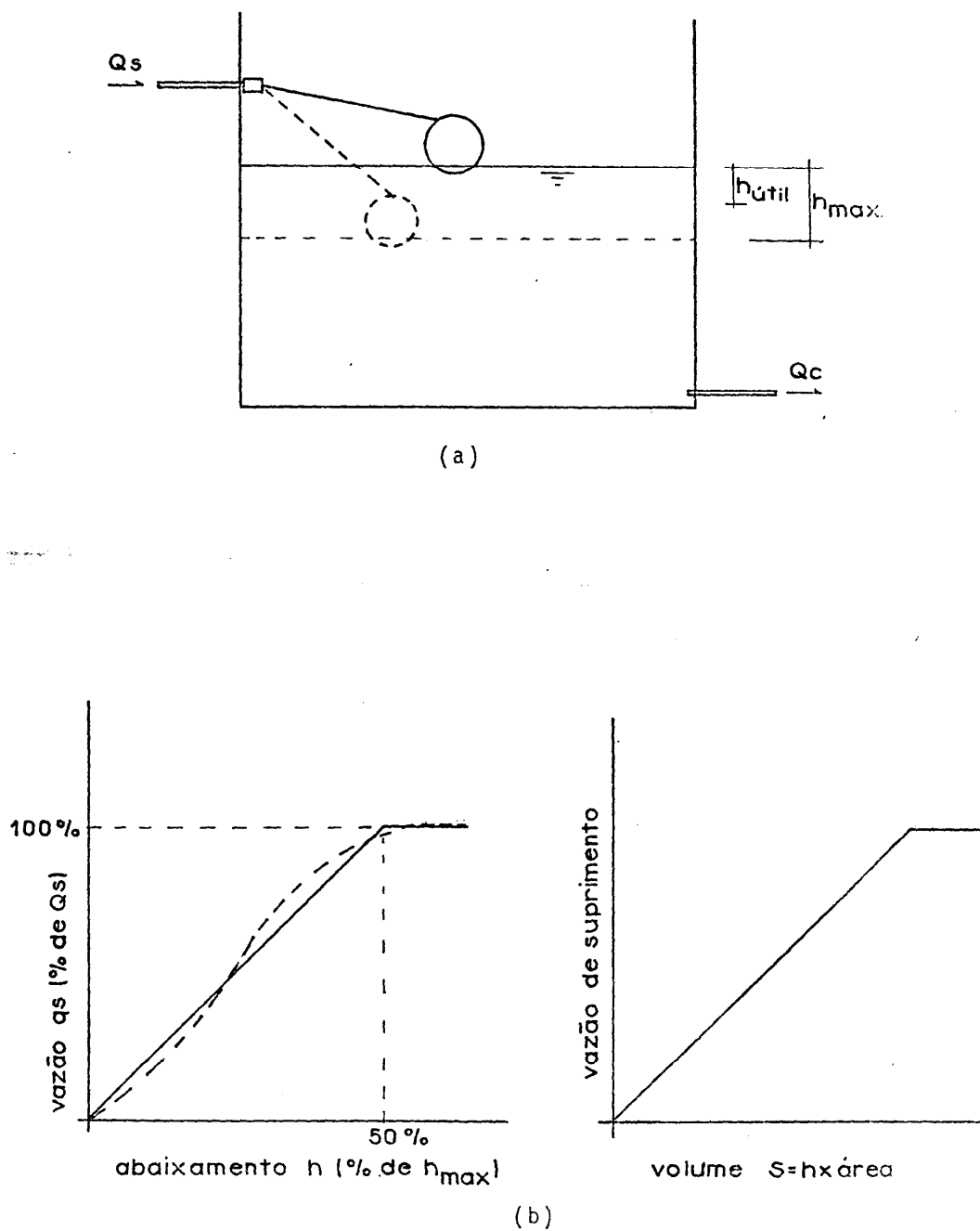
- c) Calcular K_b pela expressão

$$K_b = \frac{2 (Q_s - q_c)^2}{(Q_c - q_c)^2 - (Q_s - q_c)^2}$$

- d) Calcular $S_{\text{máximo}} = Q_s / K_b$, utilizando $Q_s = K_b \cdot S$
 e) Usando Q_s e as condições de pressão na rede de abastecimento, escolher a válvula de bóia, dimensionar o ramal de suprimento e equipamento de medição;
 f) adequar o curso do flutuador da válvula à seção transversal do reservatório, com vistas à obtenção de Q_s , quando ocorrer $S_{\text{máximo}}$.

Embora pareça ser simples, o uso do Método de Gibson que é bastante racional, fica difícil de ser usado na prática, pois não dispomos de todos os dados necessários, a não ser em pouquíssimos casos, para resolver analiticamente o problema.

Figura 3.3 Vazão na Válvula de Bóia, segundo Gibson, *in* Luz, 1982.



Suprimento

O suprimento significa as condições de vazão, pressão e continuidade ou não dos serviços de abastecimento de água, que estão a disposição do futuro usuário. Deve ser consultado o concessionário e obtidas informações junto aos vizinhos ao local do projeto, quanto ao número de dias de falta de água. Teoricamente as pressões dinâmicas nas redes de distribuição variam de 60 metros de coluna de água até 10 m_{H2O}. Entretanto, existem casos que a pressão varia de 100 m_{H2O}, até zero.

A reserva de água nos reservatórios é necessário para prever a falta de água no sistema de distribuição de água potável público ou privado. Devido a obras de arrebentamentos de redes de água potável ou operações, a interrupção no abastecimento pode ser de algumas horas até alguns dias.

É uma grande dificuldade em se saber o número de horas paradas devida a obras de arrebentamento em serviços públicos ou privados. A conferência da IWSA (International Water Service Association) de 13 de setembro de 1995 apresenta trabalhos de vários países sobre o assunto.

Na Itália estudo realizado por R. Druisani informa que a duração dos reparos em áreas urbanas depende do diâmetro. Assim para diâmetros menores que 100mm 73% dos reparos são menores que 4 horas e 25% estão entre 4 e 8 horas, enquanto que 1% duram mais que 8 horas.

Para diâmetros entre 100 e 250mm 59% da duração dos reparos estavam entre 4 a 8 horas, 38% duravam menos que 4 horas e 3% maiores que 8 horas.

Para diâmetros maiores que 250mm, 67% duram entre 4 e 8 horas e 33% duravam mais que 8 horas.

É interessante verificar que estudos feitos na Itália com respeito as pressões mínimas e máximas são as seguintes:

As pressões mínimas 60% varia entre 2 a 2,5 bar e 40% das pressões mínimas estão entre 3 e 4 bar.

Para pressões máximas, 34% estão entre 7 a 10 bar e 33% entre 5 a 6 bar e 33% também entre 4 a 4,5 bar.

Como se vê mesmo em países adiantados como a Itália temos interrupção do fornecimento de água em casos de quebra de rede de distribuição. No Brasil os tempos variam de 4 horas para redes de pequenos diâmetros até 24 horas para grandes diâmetros. O aconselhável é usar no mínimo 24 horas de parada de fornecimento de água ou seja 1 dia. Caso o imóvel se localize em região onde a zona de pressão é baixa e afastado do reservatório abastecedor os efeitos de arrebentamento de adutora de grandes diâmetros será maior e poderá ser usado 2 dias para segurança.

Consumo ou Demanda

Quando examinamos os métodos determinísticos e probabilísticos para o consumo, estamos na verdade procurando dentro das incertezas do futuro, as condições de demanda ou seja o consumo, em que os sistemas serão submetidos. O consumo diário é obtido usando as tabelas do Capítulo 2- Previsão de Consumo.

A armazenagem de compensação ou amortecimento tem por finalidade amortecer os picos de demanda, possibilitando a utilização de uma taxa de suprimento inferior a taxa máxima de demanda (Luz, 1982, EPUSP).

Reservação de Instalação de Água Fria

É o volume que deve ter o reservatório, face as condições de suprimento e da demanda. Num edifício a reserva pode ter diferentes funções, tais como reserva contra falta de água, compensação, água para sistema de ar condicionado e água para sistema de combate a incêndios com sprinklers ou hidrantes, conforme Figura 4.3.

Água para atender a demanda (Compensação)
Água para Reserva para falta de água da rua
Água para ar condicionado
Incêndio para rede de Hidrantes ou sprinklers

Figura 4.3 Reservas de água em um reservatório de um sistema de instalações prediais de água fria

A escolha do tamanho do reservatório deverá ser estudada com todo bom senso, pois um reservatório muito grande, facilitará agravamento da potabilidade da água e um reservatório muito pequeno, acarretará falta de água constante. É comum escolher-se falta de água da rede pública de um a dois dias.

Dimensionamento do Reservatório de Água Fria: regra prática

Uma regra prática bastante usada para dimensionamento de reservatórios é se prever 60% do consumo diário para o reservatório inferior e 40% para o superior (Ilha e Gonçalves, 1998).

Ilha e Gonçalves, 1998 apresentam para a reserva o seguinte:

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

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

V_{RI} - volume do reservatório inferior;

C_D - consumo diário;

V_{CIS} - volume para combate a incêndio com sprinklers;

V_{AC} - volume necessário para o sistema de ar condicionado;

V_{RS} - volume do reservatório superior;

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

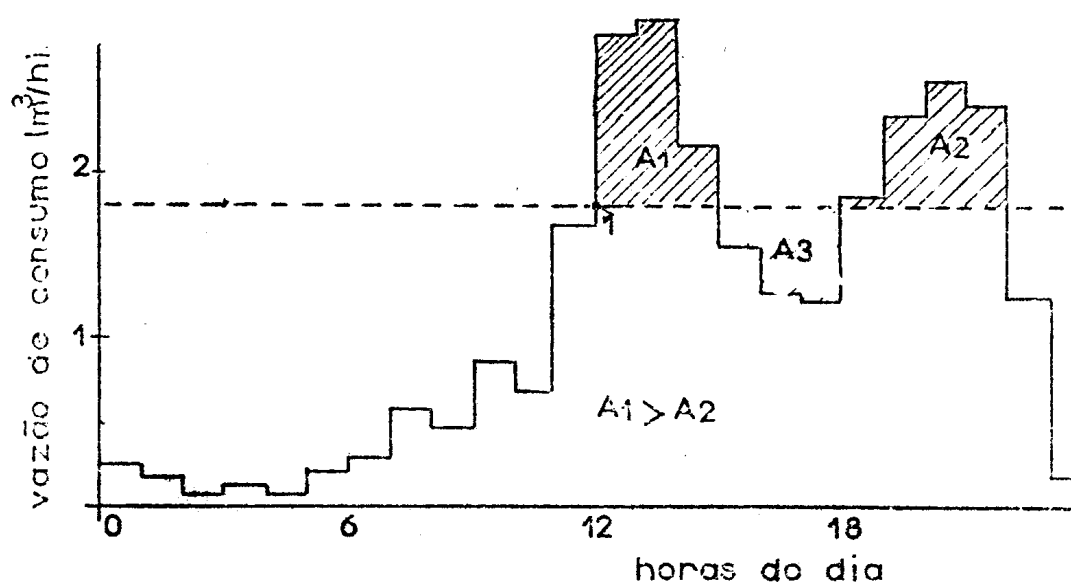


Figura 5.3- Curva horária do consumo de um consumidor qualquer, durante o período de 24 horas. A linha pontilhada é o suprimento.

N_D - número de dias onde ocorra falta de água.

Método Determinístico para determinação do volume de compensação

Conforme Luz, 1982 o Método Determinístico mais antigo e usando para determinação das relações entre o consumo, suprimento e reservação, consiste no lançamento sobre a curva padrão do consumo das possíveis condições de suprimento, para conseqüente obtenção do volume de reservação.

Suprimento é suposto constante e disponível em todo o tempo, conforme linha pontilhada da Figura 5.3.

O volume a ser reservado V_a é dado pela área hachurada, dependendo da recuperação entre dois picos sucessivos de consumo.

Caso o reservatório esteja cheio no ponto 1, então o volume de reservação será igual a área A_1 .

Portanto

$$V_a = A_1 \quad \text{se } A_3 - A_2 > 0$$

ou

$$V_a = A_1 + (A_2 - A_3) \quad \text{se } A_3 - A_2 < 0$$

Como o suprimento foi considerado constante, deve ser também maior que o consumo médio.

Outros métodos de cálculo do reservatório usando suprimento e consumo

Luz,1982 apresenta o único método analítico de Gibson, para resolver os problemas de dimensionamento do reservatório, levando-se em conta o suprimento e a demanda.

Existem ainda outros métodos como o de Werden, McKay e Harris, citados por Luz,1982 que têm base diária para recuperação do volume do reservatório. O suprimento no caso é sempre suposto constante. O volume de acumulação é dado por:

$$V_a = C_t - T_p \cdot Q_s$$

Sendo:

V_a = volume de acumulação do reservatório;

C_t = consumo total no tempo T_p ;

T_p = tempo em que o consumo ultrapassa o suprimento e

Q_s = vazão de suprimento.

A Figura 6.3 conforme Harris in Luz,1982 mostra para *um dia de projeto* as curvas do consumo acumulado e vazão em litros/hora com o tempo em horas. Notar a que o suprimento é constante.

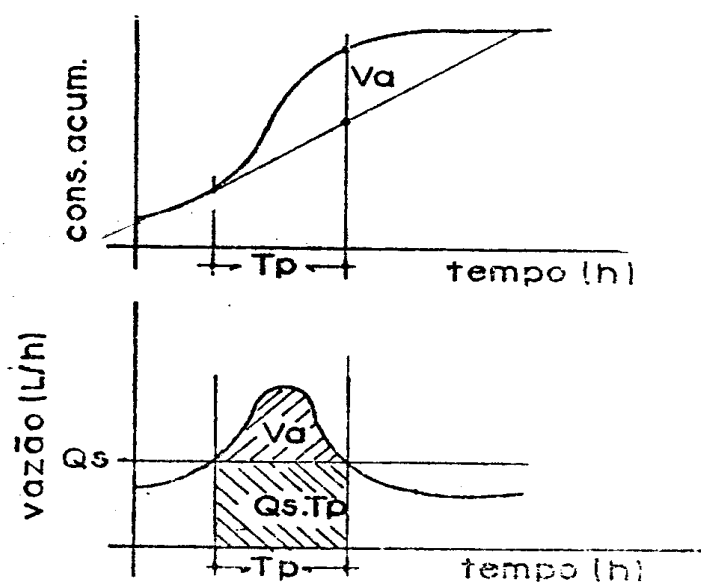


Figura 6.3 Conforme Harris in Luz,1982 mostra para *um dia de projeto* as curvas do consumo acumulado e vazão em litros/hora com o tempo em horas. Notar a que o suprimento é constante.

O grande problema em aplicação destes métodos é conhecer a variação exata do consumo com relação ao tempo.

Revisado em 17 de setembro de 1999

7 Padronização dos hidrômetros, cavaletes e diâmetros dos ramais prediais das ligações de água

Apesar das normas existentes de hidrômetros, cavaletes, tubos e peças na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é necessário sempre consultar as normas da companhia concessionária dos serviços de água, pois, a variação de exigências é muito grande.

Hidrômetros

Os hidrômetros em uma instalação predial de água fria, são padronizados por vazão nominal e diâmetros, com objetivos de se obter o menor número possível grupos de hidrômetros, a fim de facilitar a manutenção e reposição dos mesmos.

Hidrômetros Taquimétricos

Os hidrômetros taquimétricos são de jato único ou multijatos. No SAAE de Guarulhos as *vazões nominais* padronizadas são: 0,75m³/hora, 1,5m³/hora e 5m³/hora, para consumo provável médio mensal de até 900 metros cúbicos. De modo geral, cada cidade tem sua padronização.

Hidrômetros Woltmanns

Para consumos prováveis mensais maiores, são usados hidrômetros velocimétricos (antigos Woltmanns verticais), que também são padronizados. No caso do SAAE de Guarulhos temos os diâmetros nominais (DN): 50, 80, 100 e 150, atingindo consumo prováveis de até 19.500 metros cúbicos/mês.

Tabela de dimensionamento do ramal predial de ligação de água

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos (SAAE) através da Portaria 4.676/85 e Portaria 10.174/91 adota a Tabela 3.3 para dimensionamento de ligação de água, hidrômetros e cavaletes, que foi atualizada tendo em vista as novas normas de hidrômetros taquimétricos e velocimétricos.

O consumo provável, de acordo com a vazão nominal do medidor que consta na Tabela 3.3, foi fornecido pelo Dr. Hitoshi na SABESP, o qual obteve estes números através de ensaios e pesquisas na Oficina de hidrômetros da Sabesp localizada no Guarapiranga em São Paulo.

Tabela 3.3-Dimensionamento de Ligação de Água e Seleção de Hidrômetros Taquimétricos e Velocimétricos (antigos Woltmanns) em função do consumo provável mensal.

Vazão Nominal	Vazão Máxima	Consumo Provável Mensal (m³/mês)	Diâmetro do cavelete Hidrômetros Taquimétricos	Obs.
0,75 m³/h	1,5 m³/h	0 a 90	¾”(unijato)	(1)
1,5 m³/h	3 m³/h	60 a 285	¾”(multijato)	(1)
5 m³/h	10 m³/h	220 a 900	1”(multijato)	(2)
15 m³/h	30 m³/h	600 a 1500	2”(multijato)	(4)
Vazão Nominal	Vazão de sobrecarga	Consumo Provável Mensal (m³/mês)	Hidrômetros Velocimétricos (Woltmann Vertical)	Obs.
15 m³/h	30 m³/h	720 a 6.500	DN 50	(3)
40 m³/h	80 m³/h	2.000 a 13.000	DN 80	(3)
60 m³/h	120 m³/h	3.000 a 19.500	DN 100	(3)
150 m³/h	300 m³/h	11.100 a 86.500	DN 150	(3)

Fonte: adaptado as novas normas da ABNT para hidrômetros taquimétricos (NBR 8195/set97, NBR 8194/97, NBR 8193/set97 e NBR 8009/set97 e velocimétricos (NBR 14005/nov97)

OBSERVAÇÕES

- (1) e (2) Hidrômetro fornecido pelo serviço público.
 - (3) Hidrômetro e filtro fornecido pelo usuário.
 - (2) e (3) Ligações autorizadas à título precário, conforme Lei Municipal de Guarulhos n.º 3573 de 03/01/90 Capítulo IV, artigo 78, Parágrafo único, sendo necessário verificar as condições técnicas relativas a vazão e pressão da rede distribuidora.
 - (4) Medidor fora do padrão do SAAE, sendo substituído pelo medidor Woltmann Vertical de 50mm.
-

Conforme vemos acima, os hidrômetros taquimétricos de 0,75 a 5m³/hora de vazão nominal, devido ao seu baixo custo, são colocados pela própria concessionária, enquanto os hidrômetros velocimétricos (Woltmanns verticais) são fornecidos pelo usuário, com as especificações técnicas dadas pela concessionária.

A manutenção dos hidrômetros velocimétricos (antigos Woltmanns) são feitas pela própria concessionária.

Para o caso particular de Guarulhos, as ligações de água de uma polegada e acima, são sempre autorizadas a título precário, conforme estabelecido na Lei Municipal 3573/90. Em caso de estiagem, o suprimento podem ser reduzido e em caso extremo até interrompido.

Hidrômetros taquimétricos

Os hidrômetros taquimétricos até vazão nominal 5m³/hora, são expressos em polegadas, ¾” ou 1”, enquanto que os hidrômetros velocimétricos (antigos Woltmanns) são expressos em seu diâmetro nominal.

Hidrômetros velocimétricos

Os hidrômetros velocimétricos (Woltmanns verticais) necessitam de filtros, que são colocados no mesmo cavalete a montante do medidor. Os hidrômetros taquimétricos até vazão nominal de 15m³/hora, não necessitam de um filtro especial e sim de filtro plástico acoplado ao próprio hidrômetro e colocado na entrada da água no medidor.

É importante notar o termo “consumo provável mensal” usado para dimensionar todos os medidores, unijato, multijatos e Woltmanns. Veremos adiante como obter o consumo provável mensal.

Note-se que na Tabela 3 não há o hidrômetro taquimétrico multijato de vazão nominal 15m³/hora, sendo que para novas instalações são colocados hidrômetros velocimétricos (Woltmanns verticais) de DN 50 mm que são mais precisos e de melhor qualidade. Contudo, como o cavalete para hidrômetros de vazão nominal de 15 m³/hora é bem diferente do cavalete para hidrômetro velocimétrico (Woltmann) DN50, conserva-se os mesmos, tendo em vista os problemas de manutenção dos hidrômetros taquimétricos de vazão nominal de 15m³/hora.

Para os hidrômetros velocimétricos (antigo Woltmanns), além da verificação do consumo máximo mensal provável, deve ser verificado a vazão como q_s , isto é, a *vazão de sobrecarga* que é o dobro da vazão nominal. A

deve ser considerada como vazão instantânea e não constante.

8 Dimensionamento de um ramal predial, hidrômetro e cavalete usando a Tabela 3.3

Exemplos de dimensionamento usando a Tabela 3.3.

Residência comum

No caso uma residência com consumo médio provável de $30\text{m}^3/\text{mês}$. Entrando na Tabela 3.3, usaremos um cavalete de $\frac{3}{4}$ ”, com hidrômetro taquimétrico com vazão nominal de $0,75\text{m}^3/\text{hora}$ e o ramal predial da ligação de água será de $\frac{3}{4}$ ”.

Prédio de apartamentos

Vamos supor que seja um prédio de apartamentos com consumo provável de $1300\text{m}^3/\text{mês}$. Verificandose a Tabela 3.3, o hidrômetro encontrado é velocimétrico com vazão nominal de $15\text{m}^3/\text{hora}$ e o diâmetro da ligação e do cavalete é de 50mm. Como o prédio tem reservatório inferior e superior a vazão que será fornecida ao mesmo pelo concessionário será praticamente uma média, não havendo problema na verificação do hidrometro velocimétrico.

Indústria

Supondo o abastecimento de uma indústria de tecidos, no caso uma tinturaria, onde o consumo provável mensal é de 30.000m^3 . Haverá dias em que o consumo máximo horário da indústria será 1,5 vezes o consumo médio.

Verificando-se novamente a Tabela 3.3, o hidrômetro selecionado será um velocimétrico com vazão nominal de $150\text{m}^3/\text{hora}$ e com diâmetro do cavalete de ferro galvanizado de 150mm. Verificamos agora a vazão horária média, que será de $42\text{m}^3/\text{hora}$ que é a nossa *vazão de trabalho* conforma as normas de hidrômetros.

Como a vazão máxima horária do consumo da industria é 1,5 vezes maior que a vazão média, teremos: $63\text{m}^3/\text{hora}$, que é a nossa vazão horária máxima. Verificamos que na tabela 3.3 para o medidor escolhido a vazão de sobrecarga é $300\text{m}^3/\text{hora}$, portanto bem superior aquela achada de $63\text{m}^3/\text{hora}$. Portanto, o medidor escolhido está certo.

9 Materiais dos ramais prediais das ligações de água

Tubos de polietileno de alta densidade (PEAD)

As ligações de água de pequeno diâmetro, isto é, de $\frac{3}{4}$ ” até 1” são feitas em *tubos de polietileno de alta densidade*, conforme a Figura 8.3, mais conhecido como o PEAD, cujo diâmetro externo mínimo é de 20mm e são adquiridos em bobina de 50 ou 100 metros.

Muitas vezes são usados dois ou três tubos de PEAD de 20mm para compor uma ligação de água, sendo feito vários furos na rede pública. O PEAD foi usado pela primeira vez em ligações de água em Guarulhos no ano de 1972, quando foram feitas as primeiras experiências, comparando o PEAD de 20mm com PVC soldável de $\frac{3}{4}$ ” e Ferro Galvanizado de $\frac{3}{4}$ ”.

Na experiência realizada foram comparados os tempos de assentamento dos ramais prediais e as perdas de cargas totais nos ramais prediais, sendo iguais os comprimentos, as pressões dinâmicas, as profundidades de vala e os mesmos funcionários. O resultado foi amplamente favorável aos tubos de polietileno de alta densidade (PEAD), em segundo lugar ficou o tubo de PVC soldável e por último o tubo de ferro galvanizado.

Tubos de ferro galvanizado

Os *tubos de ferro galvanizado* apresentam a grande desvantagem da corrosão.

Os tubos de ferro galvanizado não são mais usados para a instalação de ramais prediais de água potável, mas ainda é usado em cavaletes acima de 1” (uma polegada), daí ser necessária explicar mais detalhes sobre os mesmos, principalmente sobre o fenômeno da corrosão. A corrosão em tubos de ferro galvanizados pode ser localizada ou uniforme (generalizada). Na corrosão generalizada a correção se dá em toda a superfície da tubulação, mas o caso mais comum é a corrosão localizada.

É comum a corrosão galvânica, que se dá quando dois metais diferentes são fisicamente conectados na presença de um meio agressivo, estabelecendo-se, devido a diferença de potencial, um fluxo de elétrons entre o anodo e o catodo através do eletrólito.

Evidentemente o metal corroído será aquele menos “nobre” na série galvânica (Kavassaki, 1987). A corrosão alveolar ou por pites, consiste no aparecimento de cavidades ou alvéolos na superfície do metal, que pode provocar ou não, perfurações na parede do tubo.

Para a proteção da tubulação de ferro galvanizado deve-se usar a proteção catódica, que consiste em executar fisicamente um anodo de sacrifício, feito de magnésio, zinco e alumínio, fazendo com que a tubulação funcione como catodo de uma pilha de corrosão.

No caso será corroído o anodo feito de magnésio, zinco e alumínio, evitando-se a corrosão dos tubos. Existe outro tipo de proteção, denominado corrente impressa, mas devido ao custo, ambas não são usadas na prática. Os Tubos de aço-carbono para roscas Whitworth gás para usos comuns na condução de fluidos é padronizado pela ABNT NBR 5580 de dezembro de 1993.

Tubos de chumbo

Os *tubos de chumbo*, por incrível que pareça, já foram usados no Brasil em ligações de água, embora há muito se saiba que o chumbo causa problemas à saúde. O chumbo é cumulativo aos seres humanos.

Conforme CETESB, 1984, o chumbo é um metal tóxico que acumula-se nos tecidos do homem e outros animais. Danos irreversíveis no cérebro ocorrem em crianças como resultado da intoxicação por este agente tóxico. A absorção gastrointestinal e retenção do chumbo é maior em crianças que em adultos.

Os maiores efeitos tóxicos do chumbo incluem anemia, disfunções neurológicas e danos renais.

Os sintomas mais comuns da intoxicação crônica do chumbo ou saturnismo são: anemia, cólicas intestinais (satúrnicas) paralisia dos nervos (principalmente dos braços e pernas), perdas de apetite e fadiga. Estes sintomas se desenvolvem lentamente.

Em exposições e altas concentrações causam graves alterações neurológicas manifestadas por encefalopatias e convulsões. Tais casos são frequentemente fatais. Em crianças expostas a baixas concentrações a longo prazo, o chumbo pode causar efeitos crônicos tais como alterações neurológicas e no sistema motor e danos renais.

A ingestão diária de 0,6 miligramas de chumbo por um período extenso resulta em graves perigos para a vida, afetando irreversivelmente o sistema nervoso central e podendo causar o saturnismo, uma doença

causada pelo efeito cumulativo do chumbo e que tem este nome pelo fato de seus portadores apresentarem círculos amarelos em torno das pupilas.

Lembrando da história, os romanos ricos usavam o chumbo em suas residências, para canalizações de água potável e para guardar água potável e vinho. Alguns historiadores chegam até sugerir que o chumbo foi uma das causas da queda do império romano.

Os tubos de chumbo são facilmente corroídos pela água, o que permite aumentar as concentrações de chumbo nos seres humanos.

O valor máximo permissível de chumbo na água potável, segundo a Portaria 36/90 do Ministério da Saúde, é de 0,05 mg/L.

Tubo de cobre

Conforme CETESB, 1984, nos “Estudos em Cavaletes de Cobre” feito em 1982-1984 na CETESB a pedido da SABESP, mostraram que os mesmos apresentaram problemas de excesso de cobre e de chumbo, não sendo recomendado o uso do cobre em cavaletes e em ramais prediais de água fria.

Nos Estados Unidos em instalações de água fria se usa somente tubos de cobre.

O cobre não é cumulativo como o chumbo, mas a ingestão de doses acima de 100 miligramas causam sintomas de gastroenterites com náuseas. Valores menores que 30 mg de cobre por muitos dias, não causaram envenenamento. O envenenamento de cobre na água é normalmente evitado concentrações de 1,0 a 2,0mg/litro, produzem gosto na água. Níveis de cobre de 5 a 8mg/litro tornam a água impossível de ser ingerida.

O Cobre é um elemento essencial a nutrição humana, sendo necessário 2mg/litro de cobre por dia. A USEPA (United States Environment Protection Agency) de 1991, adota como nível máximo 1,3mg/litro de cobre na água potável.

Os tubos extraleve de cobre, sem costura para condução de água e outros fluidos é padronizado pela ABNT NBR 7417 de julho de 1982.

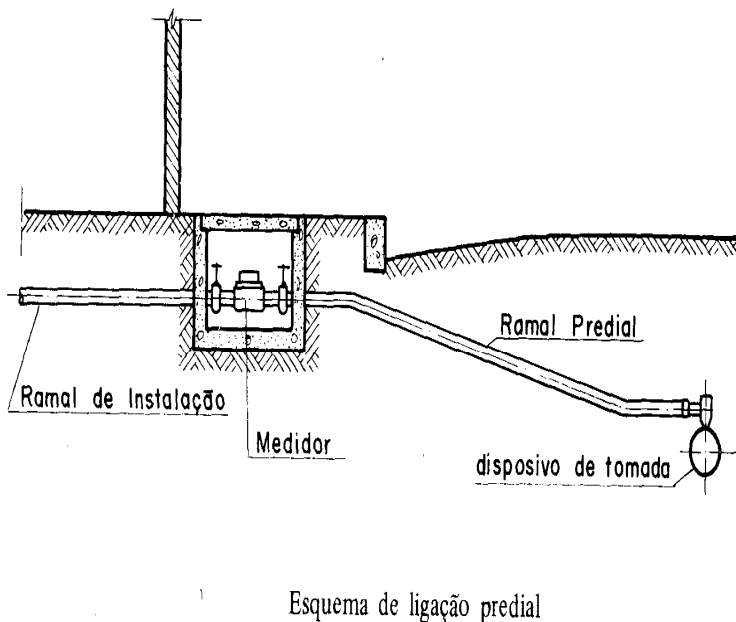
O valor máximo permissível de cobre na água potável, segundo a Portaria 36/90 do Ministério da Saúde, é de 1 mg/L.

Tubo de PVC

O *tubo de PVC* (policloreto de vinila) foi também usado em ligações de água. Foram usados os tubos de PVC de junta soldada ou com roscas, sendo o mais usado o tubo de juntas soldadas.

O grande fracasso dos tubos de PVC de junta soldada em ramais prediais é o problema da vibração dos veículos nas vias públicas, provocam grande quantidade de vazamentos ao longo do tempo. Os tubos de PVC com junta de rosca são muito caros, pois, têm sua parede aumentada devido as roscas, a fim de ter a mesma resistência do tubo de junta soldada.

Os diâmetros dos ramais prediais das grandes ligações de água, isto é, acima de 1”, são feitas de ferro galvanizado ou por tubos de ferro fundido ou tubo de PVC de ponta e bolsa.



Esquema de ligação predial

Figura 7.3: Esquema de ramal predial com medidor enterrado.

Fonte: Netto, et al 1975.

Manutenção dos ramais prediais

A manutenção dos ramais prediais é efetuada gratuitamente pelas empresas concessionárias de serviços públicos de água potável.

De modo geral cada prédio corresponde a um único ramal predial de água ligado à rede existente em frente ao terreno.

É vedada a execução de qualquer tipo de instalação ou construção, posterior a ligação de água que venha dificultar o acesso ao cavalete ou a leitura do hidrômetro.

Cavaletes de polipropileno

Os cavaletes de polipropileno DN 20 fazem parte das normas da ABNT sendo as especificações elaboradas em dezembro de 1988 ABNT 2:09.56.009.

A perda de carga no cavalete, quando não tem hidrômetro e nem registro, para a vazão de 2,0 m³/hora, deve ser inferior a 2,0 metros de coluna de água (20 KPa).

O registro do cavalete de polipropileno deve ser submetido a 4.000 ciclos contínuos de abrir e fechar, com frequência de no máximo 16 ciclos por minuto e pressão de 40 m.c.a..

O ensaio de estanqueidade do referido cavalete é de 1,5 MPa a temperatura de 23 graus centígrados durante 3 minutos não devendo apresentar sinais de vazamentos.

Uso do polietileno de alta densidade
em tbos de ferro fundid e PVC.

- | Nº | DENOMINAÇÃO |
|----|--|
| 1 | Rede de distribuição de PVC rígido |
| 2 | Colar de tomada de PVC rígido com travas |
| 3 | Adaptador com registro para polietileno PE-5 |
| 4 | Tubo de polietileno PE-5 |
| 5 | Registro de passeio para polietileno PE-5 |
| 6 | Adaptador p/ polietileno PE-5 20 x 1/2 |
| 7 | Adaptador p/ polietileno PE-5 20 x 3/4 |
| 8 | Colar de tomada de ferro fundido |
| 9 | Registro de esfera com cabeça quadrada 3/4 |
| 10 | Joelho de 90º com rosca |
| 11 | Ferrule |
| 12 | Rede de distribuição de ferro fundido |

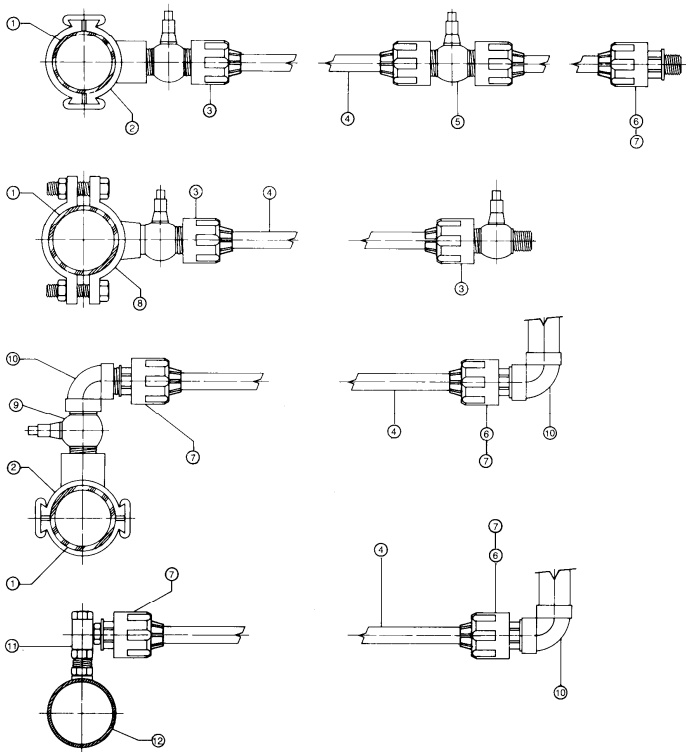


Figura 8.3- Uso de polietileno em ligação predial
Fonte: Tigre, 1991.

10 Velocidade da água no ramal predial

A NBR 5626/98 diz que a velocidade máxima em qualquer trecho de tubulação de uma instalação de água predial, não pode ser maior 3 m/s.

$$V \leq 3 \text{ m/s}$$

É evidente que para o ramal predial na parte do abastecimento não há o problema do ruído e nem das velocidades. Não deve ser esquecido que em velocidades altas teremos mais perdas de cargas e algumas vezes podemos ter barulhos na torneira de bóia do reservatório domiciliar.

Tabela 4.3: Velocidades e vazões máximas

Diâmetros	Seção	Velocidade	Vazão máxima	
DN	m ²	m/s	L/s	m ³ /dia
(1/2) 15	0,00013	1,60	0,20	17
(3/4) 20	0,00028	1,93	0,55	47
(1) 25	0,00049	2,21	1,10	95
(1 ¼) 30	0,00080	2,50	2,00	173
(1 ½) 40	0,00112	2,73	3,00	260
(2) 50	0,00196	3,00	5,90	508
(2 ½) 60	0,00283	3,00	8,50	734
(3) 75	0,00442	3,00	13,26	1146
(4) 100	0,00785	3,00	23,55	2035
(5) 125	0,01226	3,00	36,78	3178

Fonte: Netto et all (1998)

11 Perigo de Conexão Cruzada (Cross-Connection)

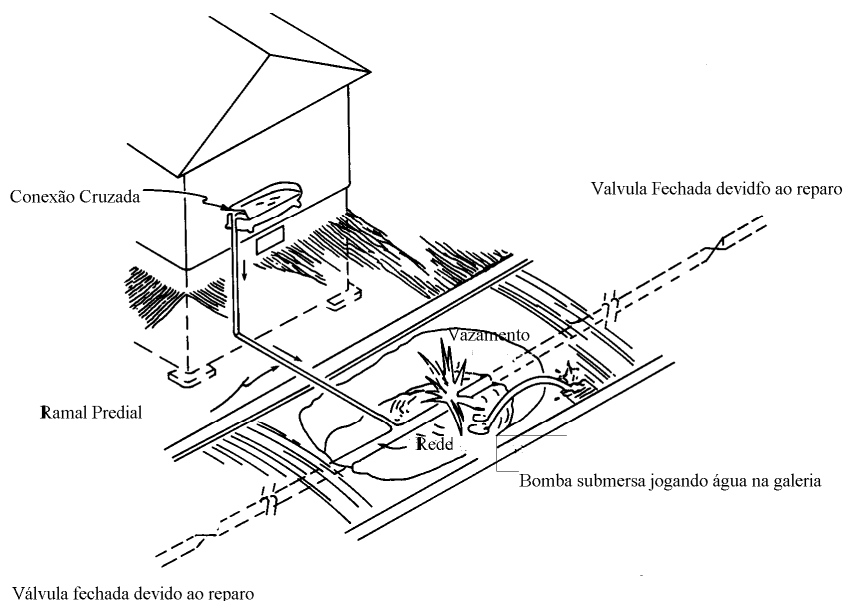


Figura 9.3-Refluxo da água devido a quebra da rede pública

Segundo Zacarias, E.S.P. e Buldo, R.A, 1987-EPUSP, a contaminação da rede de distribuição a partir das peças de utilização é possível devido ao contato de águas servidas com a água potável da rede. O ponto onde este contato pode vir a ocorrer denomina-se “*conexão cruzada*” ou seja “*Cross-Connection*”.

A conexão cruzada poder ainda ser dividida em “direta” ou indireta”. A conexão cruzada direta é aquela que permite o fluxo da água de um sistema para outro, simplesmente existindo uma pressão diferencial entre os dois, como por exemplo, duas canalizações totalmente submersas em um reservatório.

Em uma conexão cruzada indireta, o fluxo de água no sentido da rede está sujeito a uma situação anormal, que venha aproximar a água servida o suficiente da extremidade do ponto de utilização para que esta possa ser succionada para a tubulação, como por exemplo, uma banheira entupida que tem a torneira consequentemente afogada, a Figura 9.3 mostra um exemplo de refluxo.

Em ambos os casos de conexão cruzada é necessário que haja uma queda de pressão na rede para induzir o refluxo da água.

O refluxo em uma conexão cruzada do tipo indireto é denominado “retrossifonagem”. Notar que na retrossifonagem a torneira do aparelho que está sifonado deve estar aberta.

A retrossifonagem pode ocorrer quando ocorrer após um estouro de uma tubulação da rede pública perto da entrada de água. Houve um caso em Guarulhos, no Bairro de Vila Augusta, próximo de onde se situava uma antiga sede administrativa do SAAE de Guarulhos.

Após o estouro de uma rede de 200mm próxima, a pressão da rede de água ficou abaixo da pressão atmosférica e uma mangueira aberta na extremidade que estava conectada ao cavalete e dentro de um tambor de aço com água poluída com forte odor de produto químico.

A água do tambor por retrossifonagem, entrou na rede pública de água potável, sendo encaminhada para todas as residências num raio de 100 metros, quando a rede foi consertada e posta em operação. Houve então a Cross-Connection (conexão cruzada) o que a AWWA (American Water Works Association) observa no Manual n.º 22 de 1975.

Na Cross-Connection ou conexão cruzada, há a mistura da água suja com a água limpa. Isto aconteceu porque a ligação de água não tinha nenhum dispositivo de proteção, que não permitisse a retrossifonagem. Fizemos o tradicional no Brasil, isto é, dar descarga na rede pública de toda a região tirando os hidrômetros dos cavaletes a fim de se proceder uma lavagem das redes até que saísse o cheiro.

Os americanos possuem vários dispositivos que impedem o retorno da água, como por exemplo, a distância mínima de uma polegada ou seja 25 milímetros para a separação do ar (air gap). Existem outros métodos, mas este é mais usado e bem eficaz.

No Brasil infelizmente não temos à venda, nenhum destes dispositivos. Seria interessante que indústrias, hospitais, farmácias e outros edifícios que possam comprometer a saúde pública com conexão cruzada, que tivessem dispositivos de proteção que evitasse a retrossifonagem. Nos Estados Unidos, exigem-se cuidados especiais até para um consultório dentário.

Os americanos tomam muito cuidado sobre as Conexões Cruzadas, havendo constantemente treinamento de pessoal para isto. Também estão catalogados um grande numero de casos de conexões cruzadas e as doenças decorrentes. Contam-se inúmeras mortes.

Mesmo assim nos Estados Unidos dezenas de pessoas morrem anualmente devido ao efeito da retrossifonagem. O caso mais grave ocasionado por retrossifonagem foi em Chicago no ano de 1933, quando devido a deficiência de peças e instalações hidráulicas foi contaminada a água potável sendo que 1409 pessoas contraíram desinteria amélica e 98 morreram. No Brasil não temos estatísticas.

Como no Brasil usamos, de modo geral, o sistema indireto, não há muitos problemas, pois a água vai diretamente para o reservatório. Mas não devemos esquecer que o sistema misto é muito usado no Brasil, onde a torneira do tanque de lavar, da máquina de lavar roupa é abastecido com água vindo direto da rede publica.

Houve outro caso em Guarulhos, no Parque Santo Antônio, de Cross-connection, quando um morador tinha uma ligação direta em uma máquina de lavar roupa colocada no quintal. A mesma tinha sido abandonada, mas não desligada. Estava cheia de larvas de mosquitos, os quais foram levados para as casas de toda a vizinhança num raio de uns 100 metros mais ou menos. Nem o morador lembrava mais que a máquina de lavar roupa abandonada estava ligada a rede pública.

Não devemos confundir retrossifonagem com refluxo. Na *retrossifonagem* a água suja tem contato com a água limpa, devido a um abaixamento da pressão atmosférica, enquanto que o *refluxo* é a volta de água devida a uma diferença de pressão acima da atmosférica.

Sabemos que a água poder ser aspirada para o interior do tubo devido ao vácuo criado no interior do tubo, mesmo que não haja contato físico entre as duas superfícies. É por isto que existe um espaço vazio entre o fim da torneira e a superfície de um lavatório que está cheio de água.

Este é o que os americanos chamam de air gap e a NBR 5626/82 de *separação atmosférica*. Um exemplo de air gap está mostrado na Figura 8.

Existe uma distância mínima que tem que separar a torneira da superfície da água que é chamada a *distância crítica*. Isto foi estudado por *Golden e Hunter* sendo que os mesmos obtiveram uma formula:

$$\Delta h = 1,50 \cdot D_e^{0,8} \cdot D_1^{0,1} \quad (3.4)$$

Sendo:

Δh = distância crítica em polegadas;

D_e = diâmetro da menor seção de passagem entre a saída externa da torneira em polegadas;

D_1 = diâmetro externo em polegadas.

Um exemplo comum de retrossifonagem é o caso de bidês sanitários, onde os esguichadores estão em contato com a água contaminada e não há a distância crítica. No caso de torneira em lavatório cheio de água, existe a distância crítica.

Revisado em 17 de setembro de 1999

12 Dispositivos contra retrossifonagem

Normalmente são *válvulas de proteção* e podem ter partes moveis ou não.

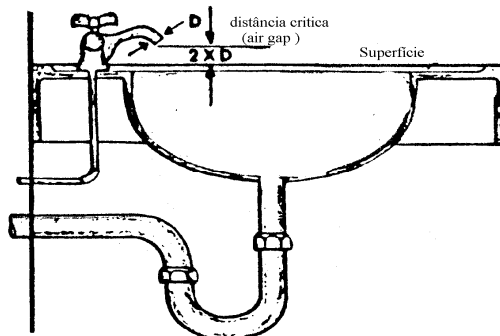
Os dispositivos mais usados *sem partes moveis* são:

- separação atmosférica (air gap);
- tubo de ventilação (vent pipe);
- coluna de vaporização (pipe loop);
- sobrealtura (pipe upstand) e
- interruptor de tubulação (pipe interrupter)

Air Gap

O dispositivo de *separação atmosférica (air gap)* obedece as pesquisas citadas de Golden e Hunter, sendo normalmente no mínimo 20mm, também adotado pela NBR 5626/98.

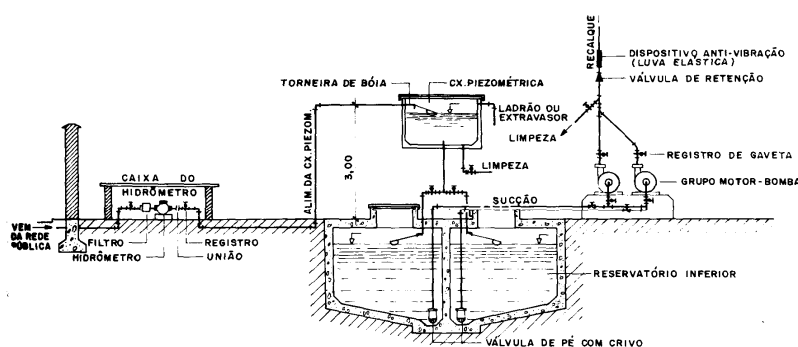
Figura 10.3-Distância crítica (air gap) de aspiração da torneira de pia. A NBR 5626/82 denomina de *separação atmosférica mínima*.



(Fonte: Zacarias e Buldo,1987 EPUSP e USEPA,1973)

Macintyre, 1990, cita dois casos interessantes de se evitar a retrossifonagem.

O primeiro deles é a instalação de um reservatório pequeno em torno de 200 litros colocado na entrada do imóvel e 3m acima do meio fio, o que Macintyre chama de *caixa piezométrica* conforme a Figura 11.3 haveria então a distância mínima



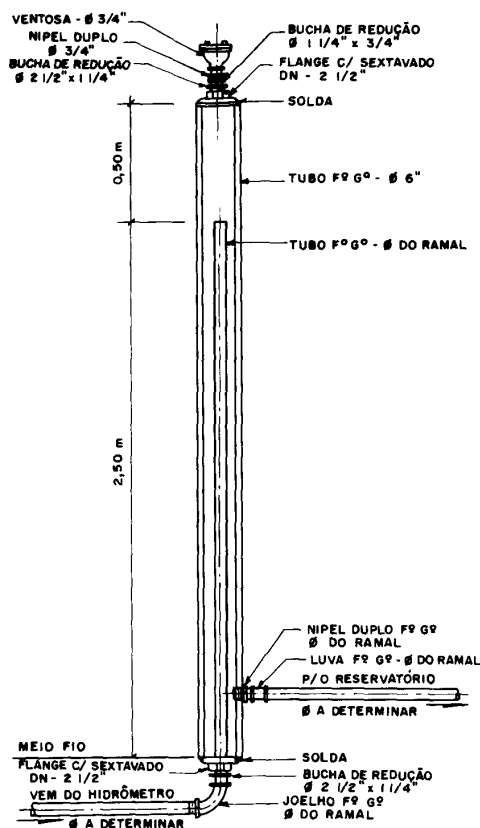
Esquema da caixa Piezométrica localizada a 3,00m de altura

Figura 11.3: Esquema da Caixa Piezométrica localizada a 3,00 m de altura
Fonte: Macintyre,1990

necessária para o estabelecimento do air gap e assim evitar a retrossifonagem.

Macintyre, 1990 cita também a instalação de uma ventosa numa coluna piezometrica, como mostrada na Figura 12.3, que impede a formação de vácuo no ramal de alimentação. A coluna piezometrica tem cerca de 2,50m de altura.

A tubulação que vem do sistema público entra num cilindro onde está a saída de água e na parte superior está a ventosa. Deve funcionar quando se instala uma ventosa que possibilite a entrada e a saída de ar, já fabricada no Brasil.



Coluna Piezométrica

Figura 12.3-Coluna Piezométrica
Fonte Macintyre,1990
Vent Pipe

O *tubo de ventilação (vent pipe)* é normalmente uma extensão vertical da coluna, da maneira que a NBR 5626/98 recomenda, onde existem válvulas de descargas, que a da coluna da alimentação saia uma tubulação de ventilação cuja extremidade livre esteja acima do nível máximo do reservatório.

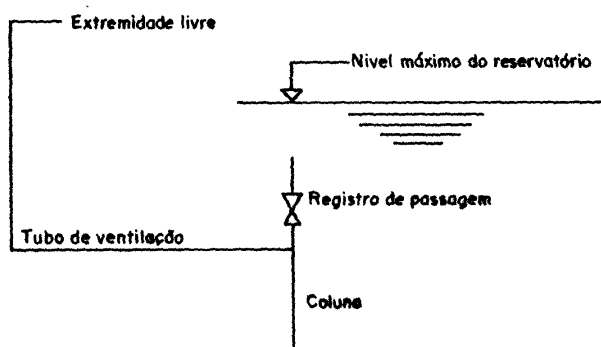
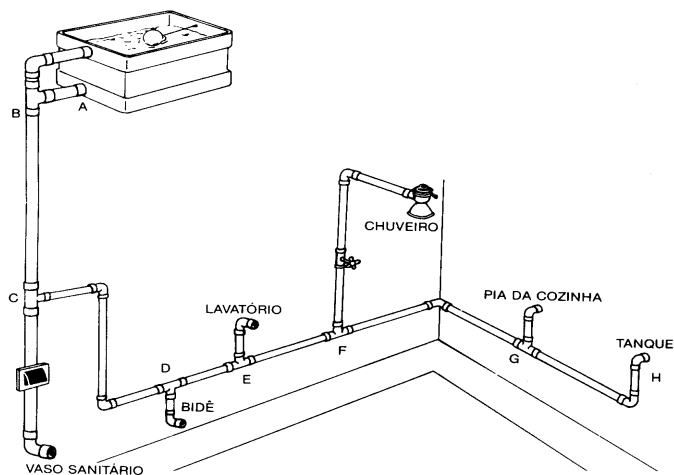


Figura 13.3 Desenho esquemático da NBR 5626/98 da coluna de alimentação quando alimenta aparelhos passíveis de sofrer retrossifonagem, tal como, as válvulas de descargas.

Figura 14.3-A saída do reservatório é o tubo AB e o tubo acima é o tubo de ventilação, preconizado pela NBR 5626/98



Fonte: Tigre, 1987

Coluna de separação

A *coluna de separação (pipe loop)* consiste em um tubo grande em forma de U invertido, alto o suficiente, de forma que sob condições de refluxo, qualquer ação de sifonagem é quebrada pela vaporização da coluna. A altura deve ter na prática 10,5 metros, daí ser raramente utilizado.

Sobrealtura

A *sobre altura (pipe upstand)* é uma garantia de que um ramal de alimentação está conectado à coluna de alimentação a uma distância segura acima do máximo nível de trasbordamento da peça servida por ele. Por exemplo, o ramal que alimenta uma banheira não está no nível da torneira e sim bem acima da torneira na chamada sobre altura.

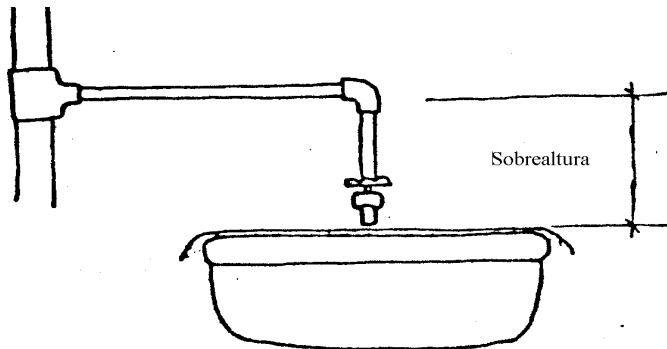


Figura 15.3: Sobre altura da instalação domiciliar usado em uma banheira, deve ser de no mínimo 0,40 m, para evitar a retrossifonagem.

Fonte: Zacarias e Buldo, 1987, EPUSP.

A tomada d'água do sub-ramal, que alimenta aparelhos passíveis de sofrer retrossifonagem, deve ser feita em um ponto da coluna *no mínimo a 0,40m acima da borda de trasbordamento do aparelho servido*.

Interruptor da tubulação

O *interruptor da tubulação (pipe interruptor)* é um dispositivo sem peças moveis com orifícios, instalado em tubulações de pequeno diâmetro, não sujeitos a pressão da rede de distribuição e geralmente localizado a jusante de uma válvula controladora de fluxo.

Os dispositivos usados com *peças móveis* são:

- válvula de retenção (check valve);
- válvula de quebra-vácuo (vacuum breaker);
- válvula de queda de pressão (reduced pressure).

Válvula de retenção

As *válvulas de retenção* são usadas há muito tempo e usadas para minimizar a chance de problemas com retrossifonagem, não sendo totalmente seguras. Nos Estados Unidos usam-se válvulas de retenção duplas, conhecidas como DCVA (Double Check Valve Assembly).

No seu funcionamento normal do ramal predial, as válvulas duplas ficam abertas permitindo o fluxo da água. Quando o refluxo da água ocorre as válvulas fecham automaticamente. O refluxo pode ser causado por uma queda de pressão no ramal predial ou uma retrossifonagem.

O seu funcionamento é tolerável para o uso em ramal predial, para se evitar a contaminação da rede pública de água potável, mas não é aconselhável para uso em rede de abastecimento pública.

Válvulas de quebra-vácuo

As *válvulas de quebra-vácuo* é um dispositivo projetado para eliminar a pressão negativa em um *ponto de tubulação*. Deve ser usada somente para o caso de retrossifonagem e não queda de pressão.

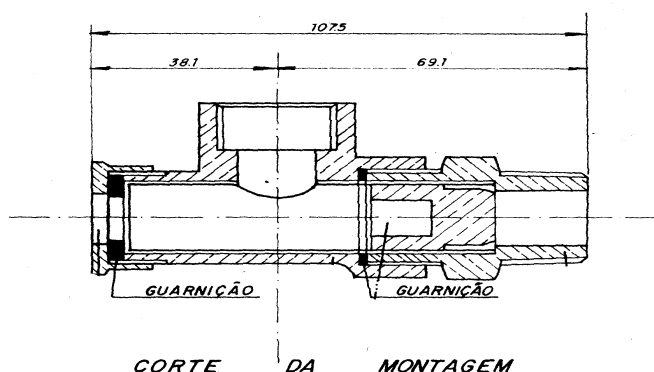
Este dispositivo é conhecido como PVB (Pressure Vacuum Breaker) em locais onde há perigo para a saúde, tais como, sala de autópsias.

Válvula de queda de pressão

A *válvula de queda de pressão* é projetada para prevenir a contaminação de redes de abastecimento devido ao refluxo da água, seja por pressão a jusante ou por retrossifonagem. Isto é conseguido pelo princípio da diferença de pressão.

Uma grande vantagem do uso desta válvula, é que fica visível, pois quando ela funciona, há descarga de água. O nome conhecido é RPBA (Reduced Pressure principle Backflow prevention Assembly) sendo usadas em autoclaves e torres de resfriamento com aditivos químicos.

13 Dispositivos que podem ser instalados no ramal predial



Ferrule de 3/4"

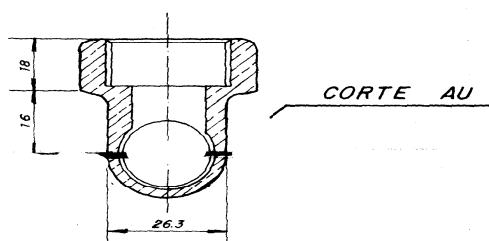


Figura 16.3-Corte transversal e longitudinal de um ferrule de metal de 3/4"

Válvula de retenção simples

Pode ser instalada no cavalete ou no ramal predial uma válvula de retenção simples, mas não há garantia contra o refluxo da água do prédio para a rede pública.

Válvula redutora de pressão

Feita de metal, tem sido usada em cavalete com insucesso.

Registro de pressão

É feito de metal e colocado antes do cavalete ao lado da rede pública. Segundo a ABNT EB 369 e PB 135/72, o registro de pressão é um registro de passagem, instalado em canalização de instalação hidráulica predial, para regular ou interromper a passagem de água por meio de um obturador ou vedante.

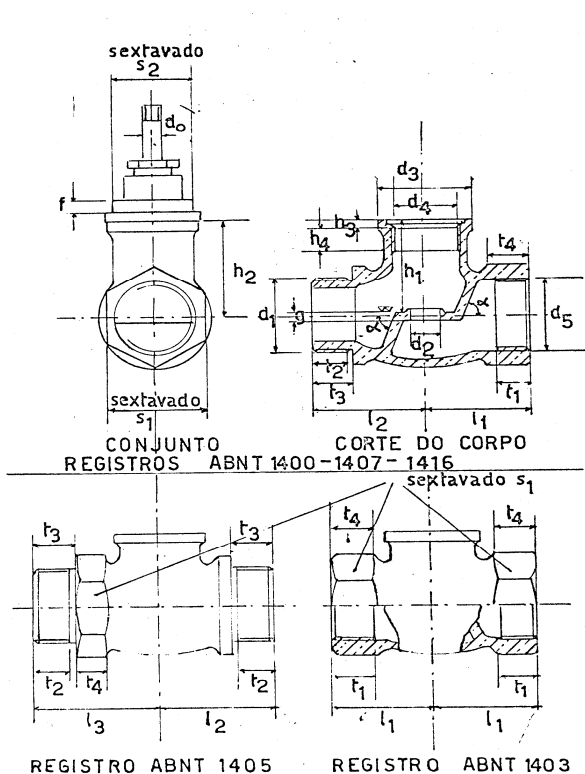


Figura 17.3 : Desenho de registro de pressão conforme ABNT.
Fonte: ABNT EB 369 e PB 135/72

Era usado para interromper o fornecimento da água ao usuário por não pagamento e evitar que a água retornasse a rede pública. O seu uso foi abandonado. Exemplos deles são mostrados na Figura 17.3.

Registro de gaveta

Também de metal e instalado no cavalete de ferro galvanizado, funcionando muito bem e com grande durabilidade. Usado nos cavaletes de ferro galvanizado.

Filtros Domésticos Após o Cavalete

Os filtros domésticos geralmente são colocados no ponto de uso (Point Of Use – POU) e existindo filtros domésticos que são instalados no ponto de entrada (Point Of Entry - POE).

DataLogger

A firma fabricante de hidrômetros Liceu de Artes e Ofício, é a primeira, a fabricar um hidrômetro que permite que seja instalado sobre o mesmo, um *dispositivo de saída de sinal* o qual é ligado a uma caixa de aproximadamente 15 x 20 x 9 cm denominado DataLogger.

O DataLogger é a prova de água, possuindo baterias de lítio com duração de 5 anos. Um microcomputador portátil extrai as informações do mesmo, sendo obtido as vazões instantâneas com o tempo.

Limitador de consumo

É feito geralmente de metal, possuindo um orifício que limita o consumo, evitando o uso de hidrômetro e sendo instalado no ramal predial no trecho da rede pública. Entupia facilmente e era trocado de maneira clandestina. Seu uso foi abandonado. Tentou-se usar o mesmo sistema de orifício em cavaletes de polipropileno, porém sem sucesso.

Registro tipo Campinas

É muito usado o registro de latão tipo Campinas que é instalado

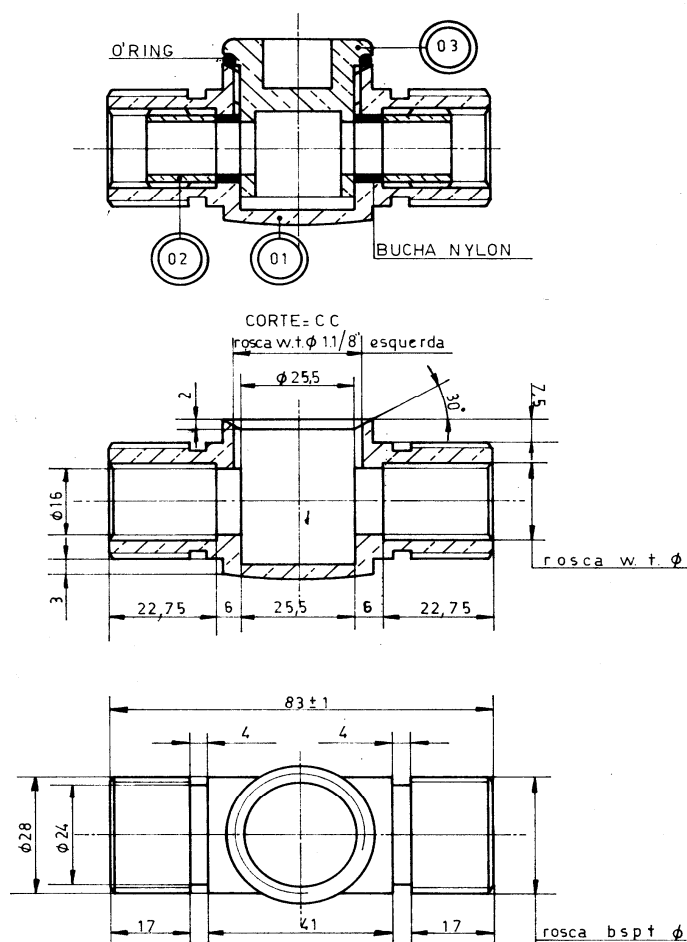


Figura 18.3: Registro de latão tipo Campinas
Fonte: Metalúrgica Ibérica S.A.

sobre a rede pública. Um exemplo deste tipo de registro é mostrado na Figura 18.3.

Aparelho registrador de pressão

Muitas vezes o concessionário para verificação de pressão durante 24 horas, instala no cavalete, aparelho registrador de pressão, quando o usuário reclama da falta de pressão na rede pública.

14 Regulador de Pressão para Saneamento (RPS)

Conforme Rocha, 1993, a firma Fabrimar fornece um dispositivo para manter constante a pressão de jusante em valor pré-determinado independente das flutuações da pressão à montante. Segundo a Fabrimar, a ação do RPS é direta e auto-operada.

Os RPS são fabricados nos diâmetros de 20mm (3/4”), 25mm (1”) e 32mm (1¼”). A pressão de saída é 15 mH₂O e a pressão máxima de montante é de 100 mH₂O. É instalado sobre um cavalete a montante do

hidrômetro. É feito de latão forjado e altamente resistente. Possui mola e parafuso regulador da pressão de jusante.

O Regulador de Pressão para Saneamento, possui ainda um orifício com 5mm de diâmetro, com objetivo de servir como limitador de consumo. O emprego com sucesso do Regulador de Pressão para Saneamento é até 40 mH₂O. Segundo Boock, 1989, o RPS produz economia de consumo em uma instalação predial de até 60%. Não protege a tubulação contra refluxo ou retrossifonagem do ramal predial.

15 Água parada no ramal predial: perigo de contaminação

Pesquisas de Michèle Prévost et al, 1997, feitas em duas cidades do Canadá: Laval e Vallée, ambas da região de Quebec, em ramais prediais de ligações de água potável, mostraram que a água estagnada, afeta a qualidade microbiológica da água, no ramal predial, não mais sendo a mesma daquela da rede pública.

A pesquisa verificou os coliformes totais, a contagem de bactérias heterotróficas (HPC), temperatura, Carbono orgânico dissolvido (DOC), pH, Carbono orgânico Biodegradável (BDOC), *Aeromonas* e outros.

A Dra. Michèle Prévost aconselha descarga no ramal de 5 a 10 minutos, para reduzir a densidade de bactérias. Isto seria suficiente para reduzir a concentração de bactérias nas instalações internas chegando a igualar a qualidade da água da rede pública com a qualidade interna.

A pesquisa notou também, que quando a água do ramal predial de ligação de água está parada, a qualidade da água no ramal predial piora independentemente se a residência está longe ou perto do tratamento da água pública.

É importante salientar que nos Estados Unidos, Canadá e Europa, o abastecimento de água é direto, isto é, não temos o reservatório domiciliar. No caso brasileiro não temos nenhuma pesquisa, mas teremos mais problemas, pois além da água parada no ramal predial de ligação de água, temos água parada dentro da caixa d'água residencial.

16 Materiais dos cavaletes de ligação de água

Antigamente todos os cavaletes eram feitos de ferro galvanizados, tanto para hidrômetros pequenos como para hidrômetros grandes. Aos poucos os cavaletes de hidrômetros pequenos, isto é, hidrômetros até 1” de diâmetro foram substituídos por material de PVC (Policloreto de Vinila) ou PP (Polipropileno), que apresentam menos vazamentos.

Cavaletes de cobre e latão são raros. Cavaletes para hidrômetros grandes feitos em materiais de ferro fundido são algumas vezes usados, sendo porém, mais frequentes os cavaletes de ferro galvanizado.

17 Dimensionamento do ramal predial para abastecimento residencial com sistema fixo de combate a incêndio com chuveiros automáticos- Sprinkler

Nos Estados Unidos existem muitas casas feitas de madeira e o risco de incêndio com mortes e prejuízos é imenso. Uma das soluções que está sendo posta em uso, são as redes automáticas de Sprinkler, que são usadas em residências com uma ou duas famílias.

Segundo Walski, 1996, os sistemas de Sprinkler para uma ou duas famílias tem os seguintes exigências: 1,1 litros/segundo para um único Sprinkler e não menos de 0,81 litros/segundo para cada um de dois Sprinklers. Uma rede fixa de Sprinklers em uma casa possui aproximadamente 11 metros de tubos de 1”(25,4mm) e 30 metros de tubos de ¾”(19mm).

Hart, 1996 diz para os projetos comuns, o volume total de água em uma instalação predial, deve ser multiplicado por 2,5 se temos instalado um sistema de Sprinkler.

Segundo o mesmo autor, a presença de Sprinkler em uma casa, reduz a morte por incêndio em 80,4% e as perdas em incêndios de 45,9%.

As normas brasileiras da ABNT NBR 6135, que dispõe sobre Chuveiros Automáticos para Extinção de Incêndios, não prevêem o sistema de Sprinkler com abastecimento direto da rua e sem uso de reservatórios domiciliares elevados ou enterrados.

A rede de Sprinkler, segundo Secco, 1982, é uma instalação fixa de chuveiros automáticos, que utiliza como agente extintor, a água. A rede de tubulação fixa tem em intervalos regulares, bicos ligados a uma fonte de abastecimento de água, de modo a possibilitar em caso de um incêndio, a aplicação automática, diretamente no foco com a quantidade suficiente de água, com acionamento simultâneo de alarmes mecânicos ou elétricos.

Nos Estados Unidos, a rede de Sprinkler em uma ou duas residências, é regulamentado pela norma National Fire Protection Association (NFPA), 1991.

A ligação é a mesma para a residência sendo que uma derivação vai para as instalações hidráulicas prediais de água fria e outra para o sistema de Sprinklers.

Existe na derivação para a rede de Sprinkler válvulas de proteção para evitar o retorno, sendo mais usada a válvula dupla de retenção.

Um cuidado que se deve ter, é evitar o retorno da água parada dentro do sistema de Sprinkler para a rede pública. Walski, 1996 fez inúmeras pesquisas de perdas de cargas lineares e localizadas.

18 Obrigatoriedade Legal da Ligação de água e esgoto à rede pública no Estado de São Paulo.

Mazzi e Kappáz, 1989 apresentaram um trabalho no 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, a respeito do assunto. A lei federal 2312/54 no artigo 11 diz o seguinte:

Artigo 11: É obrigatória a ligação de toda construção considerada habitável à canalização de esgoto cuja efluente terá destino fixado pela autoridade competente.

Parágrafo único: quando não existir nas proximidades redes e canalizações de esgotos, a autoridade sanitária competente estabelecerá a solução mais conveniente ao destino adequando dos dejetos.”

O Decreto 49.974-A regulamentou o lei 2312/54 e no seu artigo 36 diz:

Artigo 36: É obrigatória a ligação de toda construção considerada habitável à rede pública de *abastecimento de água e aos coletores públicos de esgoto*.

§ 1º - Quando não existir rede pública de abastecimento de água ou coletores de esgoto, a autoridade sanitária competente indicará as medidas adequadas a serem executadas.

§ 2º- É obrigação do proprietário do imóvel a execução de adequadas instalações domiciliares de abastecimento de água potável e de remoção de dejetos, cabendo ao ocupante do imóvel a necessária conservação.

No Estado de São Paulo, o Decreto 12.342 de 27 de setembro de 1978, no seu artigo 9º que segue abaixo:

Artigo 9º - Todo prédio deverá ser abastecido de água potável em quantidade suficiente ao fim a que se destina e dotado de dispositivos e instalações adequados destinados a receber e a conduzir os despejos.

§ 1º - Onde *houver redes públicas de água ou de esgotos*, em condições de atendimento, *as edificações novas ou já existentes serão obrigatoriamente a elas ligadas e por elas respectivamente abastecidas ou esgotadas*.

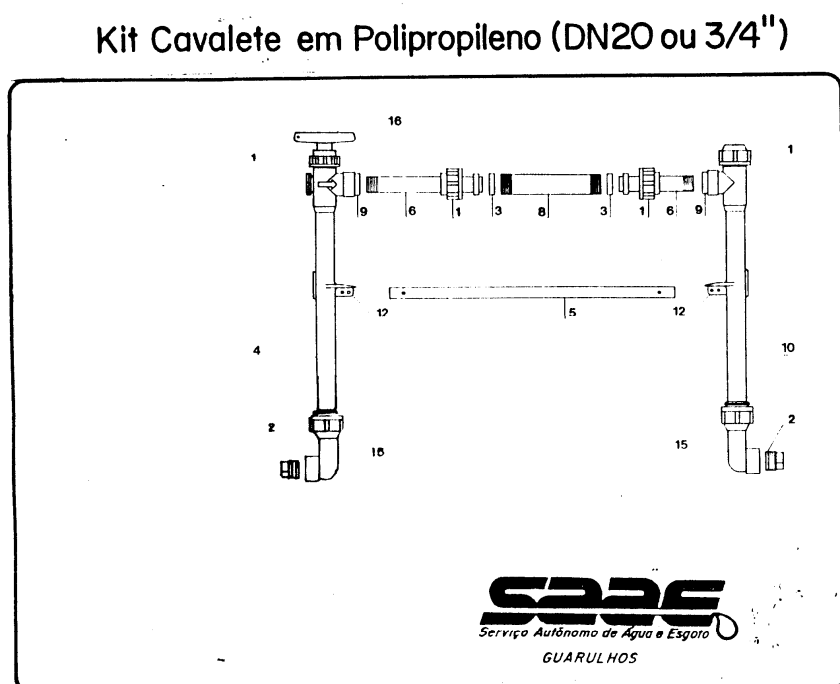
§ 2º - É vedada a interligação de Instalações prediais internas entre prédios situados em lotes distintos.

19 Cavaletes Comuns (3/4" e 1")

Cada concessionária tem seus modelos de cavaletes. Apresentamos aqui os modelos do SAAE, que são muitos usados na região metropolitana de São Paulo, por influência da SABESP.

Os modelos de cavaletes são três, o modelo comum, que é o cavalete de diâmetro de 3/4" *(três quartos de polegada) de Polipropileno (Fig 19.3), o de Ferro Galvanizado de 3/4" (Fig 20.3) e o cavalete de PVC que pode ser montado de quatro maneiras diferentes (Fig21.3) . Mostramos também o cavalete de 1" (uma polegada) de Ferro Galvanizado, conforme Figura 22.3.

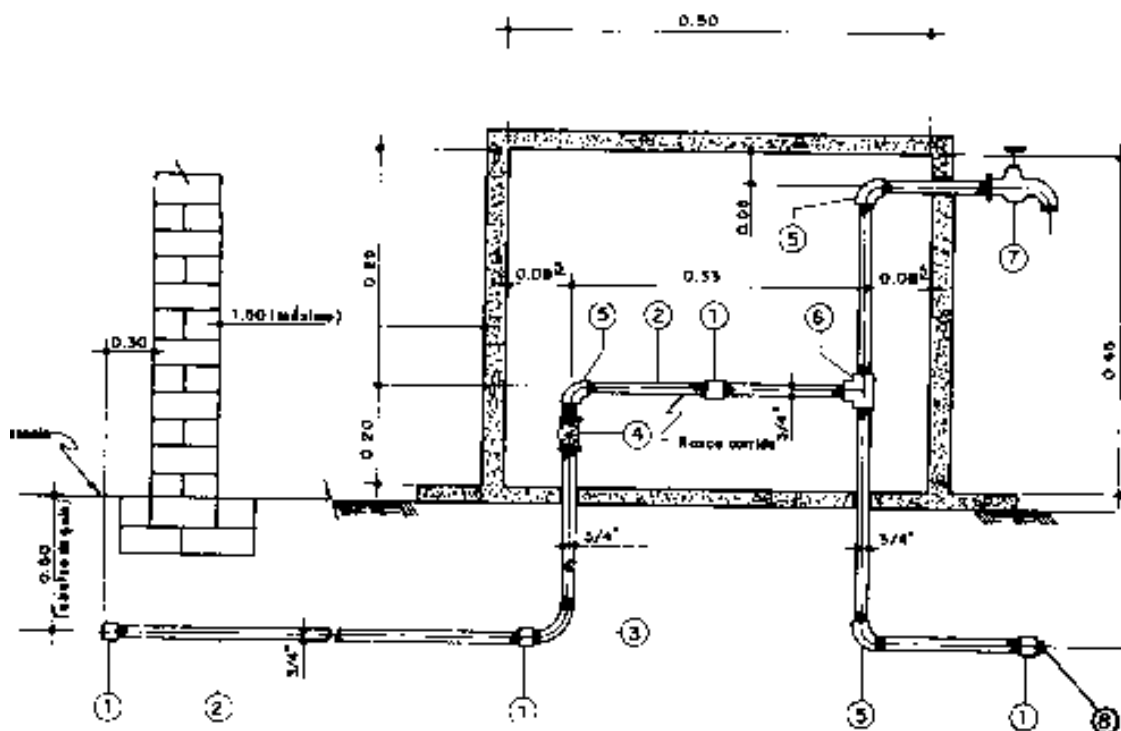
Figura 19.3–Cavaletes comuns de Polipropileno 3/4" com hidrômetro, torneira de jardim e registro de bloqueio na entrada (Modelo SAAE).



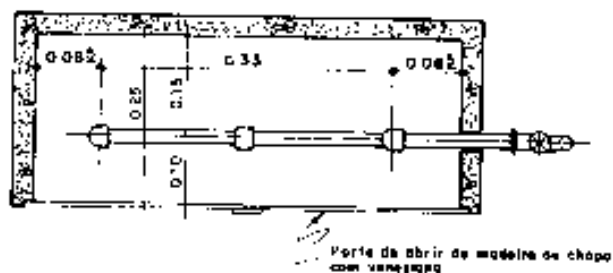
INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

1. Encaixar os tubetes (6) nas porcas cônicas (1).
2. Rosquear os tubetes (6) nas roscas internas (9) dos corpos de entrada (4) e saída (10).
3. Encaixar os anéis de vedação (3) nas extremidades dos tubetes (6).
4. Rosquear as porcas cônicas (1) no tubo de ligação (8). Apertar manualmente todas as conexões do conjunto.
5. Unir os corpos de entrada (4) e saída (10) do cavalete, nos pontos de fixação (12) através da travessa (5). Usar os parafusos que acompanham o conjunto (kit).
6. Apertar manualmente o cotovelo (15) até a posição indicada na figura. o de entrada do
7. Manter a manopla do registro (16) na posição fechada.

Figura 20.3—Cavaletes comuns de Ferro Galvanizado 3/4" com hidrômetro, torneira de jardim e registro de bloqueio na entrada (Padrão usual).



MATERIAL - LEGENDA - Unid: polegadas		
TEM	NOME	Ø
1	LUVA - Fº GALVANIZADO	3/4"
2	TUBO - Fº GALVANIZADO	3/4"
3	CUNHA MACHO - FÊMEA 90º - Fº 60	3/4"
4	REGISTRO GAVETA	3/4"
5	COTOVELO 90º - Fº GALVANIZADO	3/4"
6	TEE - Fº GALVANIZADO	3/4"
7	TORNEIRA JARDIM (opcional)	3/4"
8	PLUG 3/4 Fº GALVANIZADO	3/4"



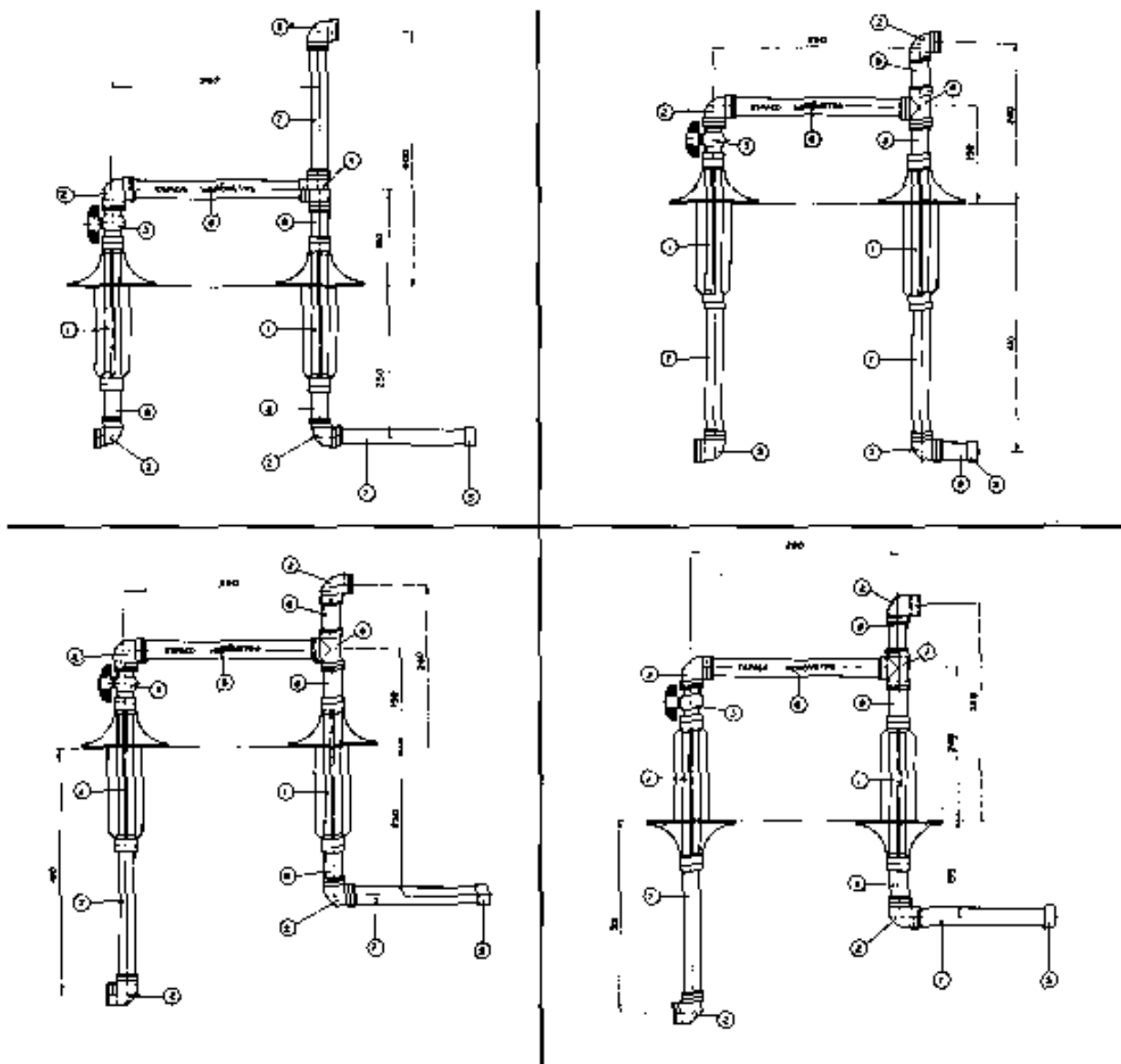
ESPECIFICAÇÕES

TUBO DE AÇO CARBONO (Fº) ABNT-EB-182 CLASSE MÉDIO

CONEXÕES (Fº) ABNT-PB-110

REGISTRO GAVETA ABNT-PEB-387 e PEB-145

Figura 21.3–Cavaletes comuns de PVC rígido ¾”com as diversas montagens, torneira de jardim e registro de bloqueio na entrada (Padrão da firma Tigre)



20 Cavaletes Prateleiras (duas, três e quatro economias)

Quando temos mais de uma ligação num mesmo ramal predial servindo varias economias, temos o que se chama o cavalete prateleira, conforme as Figuras 23.3, 24.3 e 25.3, que pode ter duas, três, ou quatro ligações de água para um mesmo ramal, dependendo da pressão existente na rede pública. Os cavaletes prateleiras padrão são:

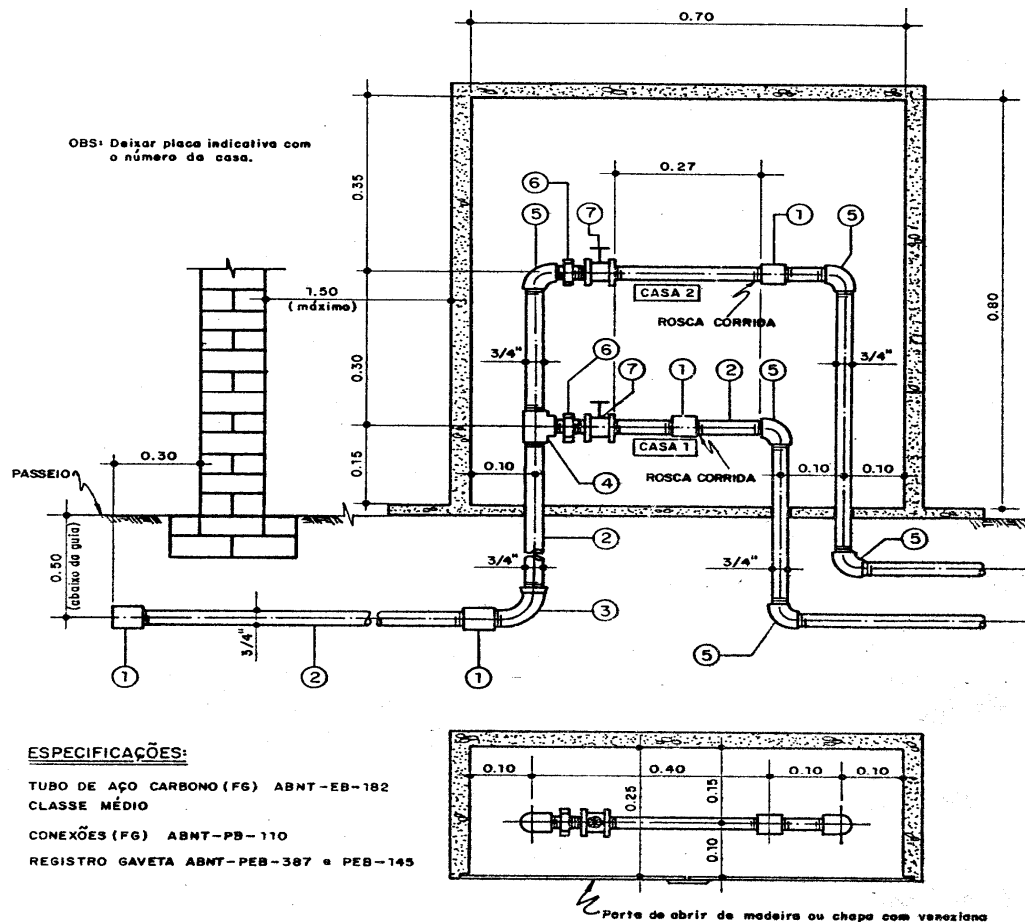
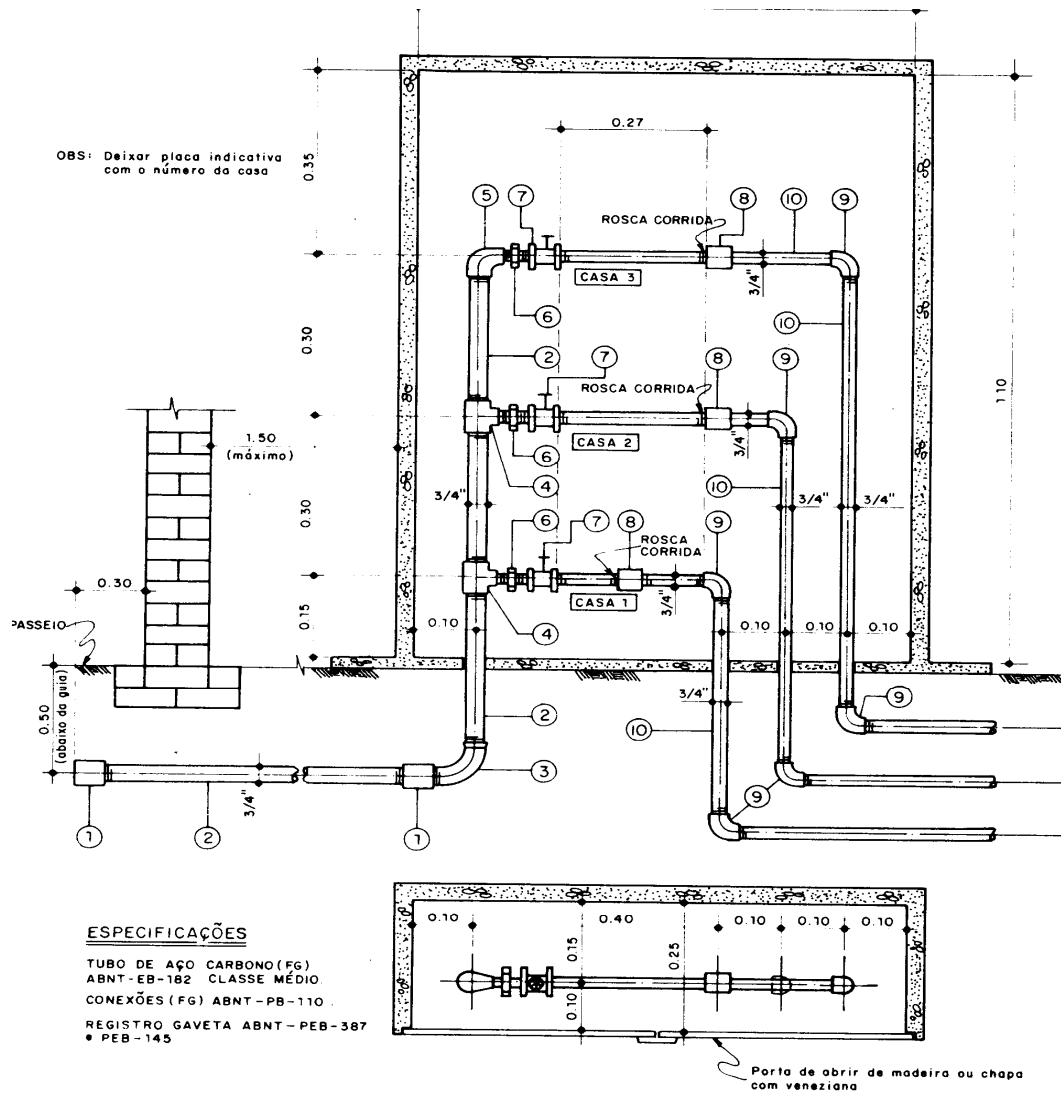


Figura 23.3: Cavalete prateleira de ferro galvanizado para duas economias (3/4")

- cavalete prateleira com duas ligações, sendo o diâmetro do cavalete e do ramal de 3/4";
- Cavalete prateleira com três ligações, sendo o diâmetro 3/4" ou 1"

Figura 24.3: Cavalete Prateleira de ferro galvanizado para três economias (3/4"), sendo a entrada de 3/4" e as saídas de cada medidor também de 3/4".



c) Cavalete prateleira com quatro ligações sendo a entrada unida de $\frac{3}{4}$ " ou 1".

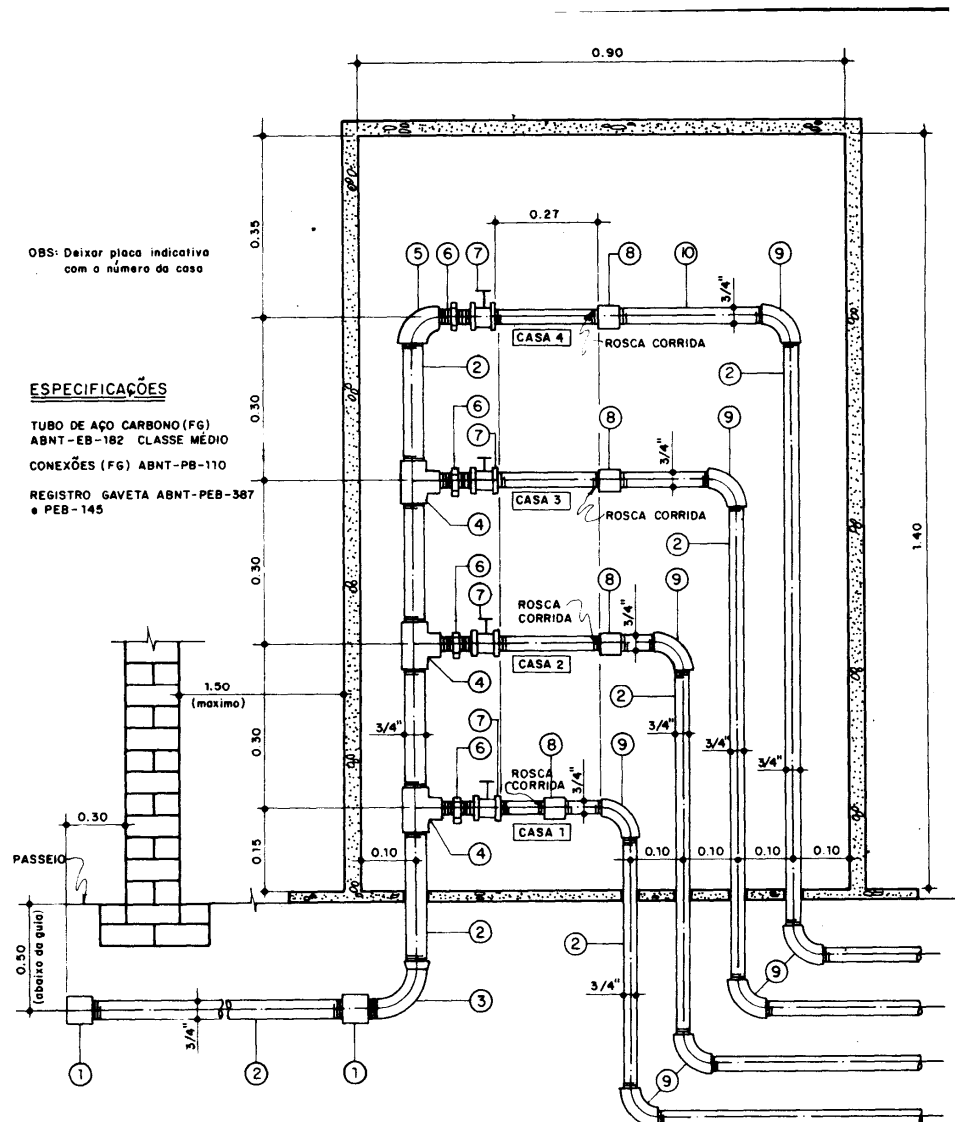


Figura 25.3: Cavalete Prateleira de ferro galvanizado para quatro economias (3/4”)**21Cavaletes especiais (50mm, 75mm, 100mm e 150mm)**

Para grandes consumidores geralmente utilizam-se hidrômetros velocimétricos verticais ou seja os antigos hidrômetros Woltmanns verticais e portanto, cavaletes especiais, na maioria das vezes de ferro galvanizado.

Existem cavaletes para hidrômetros velocimétricos de 50mm , 80mm, 100mm e 150mm, conforme as Figuras 26.2, 27.3, 28.3 e 29.3.

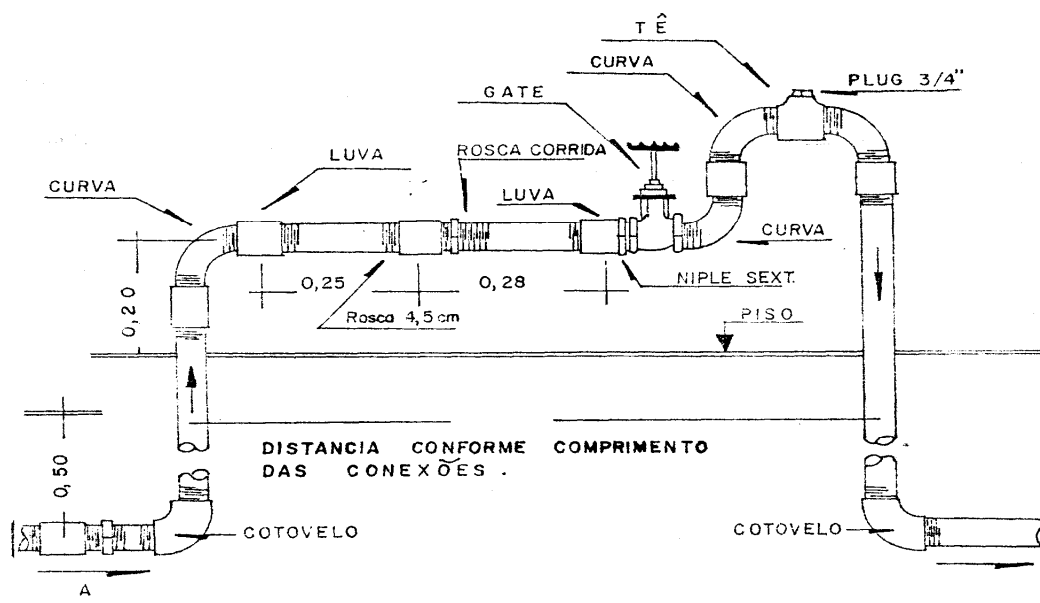
**Figura 26.3-Cavalete de 2” (50mm) de ferro galvanizado para hidrômetro taquimétricos de vazão nominal 15m³/hora**

Figura 27.3-Cavalete de ferro galvanizado de 50mm para Hidrômetro Velocimétrico de vazão nominal 15 m³/hora.

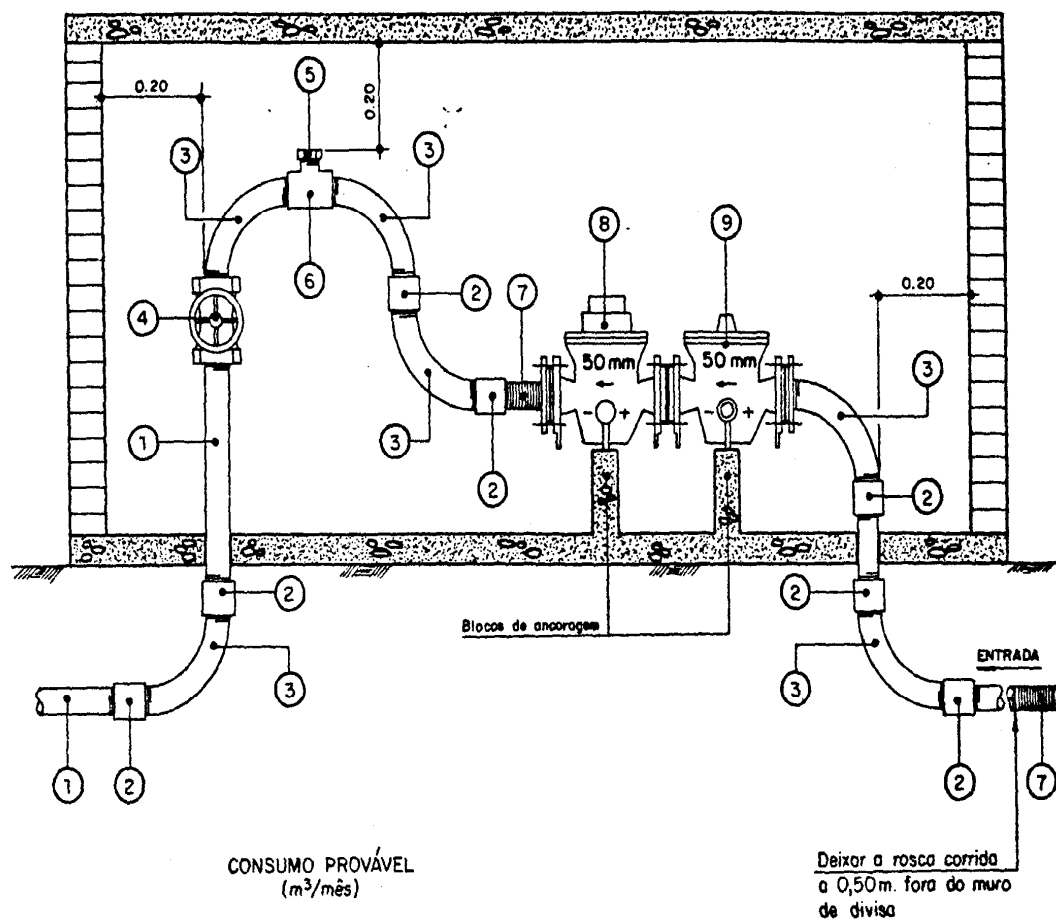


Figura 28.3-Cavelete de ferro galvanizado para Hidrômetro Velocimétrico vertical (antigo Woltmann de 80mm) para vazão nominal de 40 m³/hora.

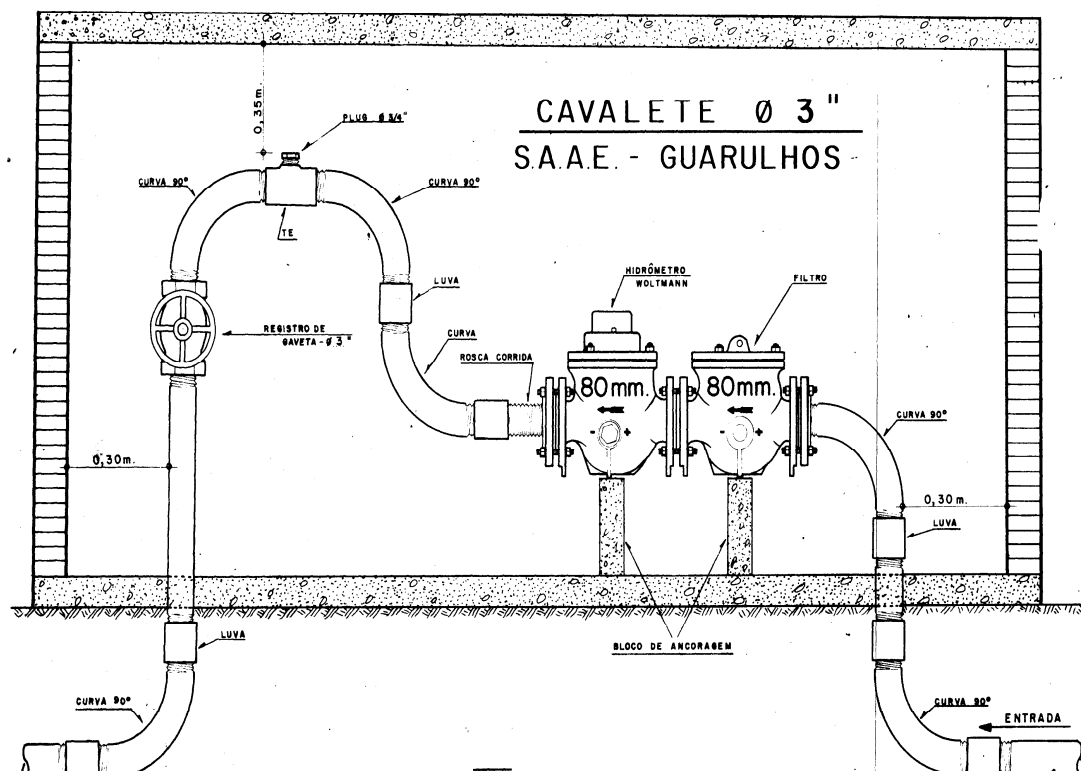
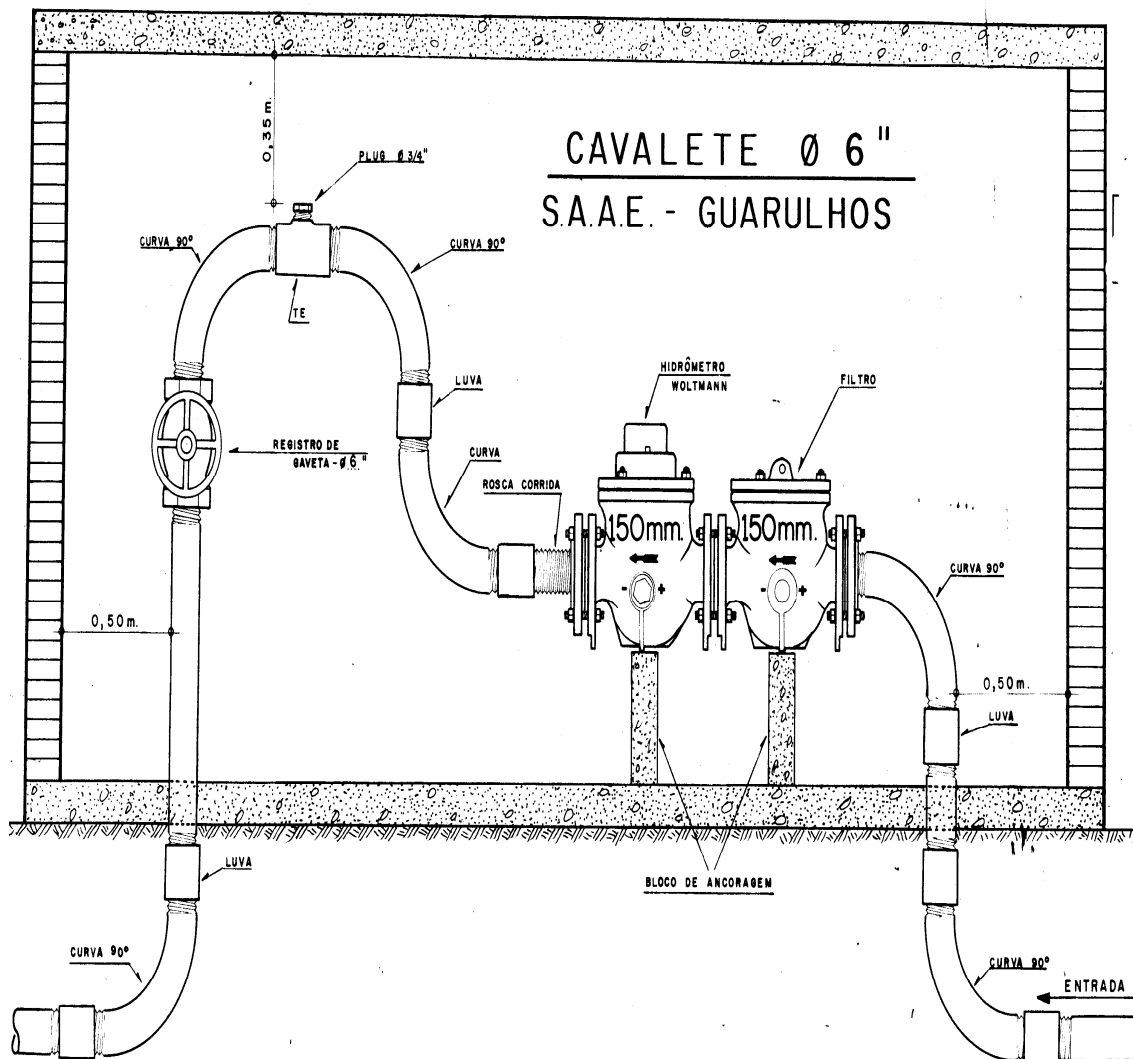


Figura 29.3-Cavalete de ferro galvanizado para Hidrômetro Velocimétrico Vertical (antigo Woltmann vertical de 150mm) para vazão nominal de 150 m³/hora.



21 Hidrômetros

Os *hidrômetros* são instrumentos destinados a medir e indicar continuamente o volume de água que o atravessa. Temos basicamente dois tipos de hidrômetros: até vazão nominal de 15m³/hora e acima de 15m³/hora chegando até a 1500m³/hora.

23 *Hidrômetros taquimétricos para água fria até 15,0m³/hora de vazão nominal.*

Vazão nominal

Define *vazão nominal* Q_n , como sendo aquela vazão, expressa em metros cúbicos por hora (m³/hora), que em escoamento uniforme correspondentes a 50% da vazão máxima.

Vazão de trabalho

A *vazão de trabalho* é definida pela norma como sendo aquela vazão na qual o hidrômetro deve trabalhar continuamente e satisfatoriamente, permanecendo dentro dos erros máximos tolerados.

Vazão mínima

A norma define também *vazão mínima* Q_{min} , como sendo a menor vazão na qual o hidrômetro deve fornecer indicação dentro dos limites de erros admissíveis.

Vazão Máxima

A mesma norma NBR 8009/setembro 1997 define *vazão máxima* $Q_{máx}$, como sendo a maior vazão na qual o hidrômetro pode operar satisfatoriamente, permanecendo dentro dos limites de erros máximos admissíveis e abaixo do valor máximo de perda de carga. Antigamente os hidrômetros taquimétricos eram adquiridos conforme a vazão máxima.

Desta maneira um hidrometro antigo de vazão máxima de 3m³/hora, hoje é adquirido como hidrometro de vazão nominal de 1,5m³/hora. Um hidrômetro de 30m³/hora antigo hoje é o hidrômetro de vazão nominal 15m³/hora.

A NBR 8194/setembro 1997 define os hidrômetros nas seguintes vazões nominais: 0,6 – 0,75 – 1,0 – 1,5 – 2,5 – 3,5 – 5,0 – 10,0 e 15,0. No SAAE de Guarulhos, devido a padronização são usados somente os diâmetros nominais de 0,75m³/hora, 1,5m³/hora, 5,0m³/hora e 15,0m³/hora, sendo que o último só é usado para substituir os antigos.

Hidrômetros taquimétricos

Os *hidrômetros taquimétricos* são aqueles cujo mecanismo se utiliza de procedimentos mecânicos pela ação da velocidade da água, sobre a rotação de um órgão móvel (turbina, hélice, etc.). É também conhecido como hidrômetro velocimétrico ou hidrômetro de velocidade.

Os *hidrômetros monojato* são hidrômetros taquimétricos cujo mecanismo medidor é acionado pela incidência de um único jato tangencial da água. Os *hidrômetros multijatos* são hidrômetros taquimétricos cujo mecanismo medidor é acionado pela incidência de vários jatos tangenciais de água.

É muito importante no hidrometro sabermos sobre o mecanismo de transmissão, que pode ser mecânico ou magnético, que é mais usado.

Outra informação importante em um hidrometro é a sua classe metrológica, que pode ser A, B ou C. A classe mais precisa é a C, depois a B e por último a classe A. Atualmente no Brasil a classe metrológica mais usada é a classe A, sendo usado também muitos da classe B e estamos no início do uso da Classe C.

Vamos dar um exemplo das classe metrológicas dos hidrômetros taquimétricos com vazão nominal até $15\text{m}^3/\text{hora}$, conforme Tabela 5.

Tabela 5.3 Vazões mínimas em litros por hora dos hidrômetros taquimétricos conforme sua classe Metrológica.

Classe Metrológica	Vazão Nominal do Hidrometro taquimétrico			
	$0,75\text{m}^3/\text{h}$	$1,5\text{m}^3/\text{h}$	$5,0\text{m}^3/\text{h}$	$15,0\text{m}^3/\text{h}$
A	30 L/h	40 L/h	200 L/h	600 L/h
B	15 L/h	30 L/h	100 L/h	300 L/h
C	7,5 L/h	15 L/h	50 L/h	150 L/h

A carcaça dos hidrômetros são feitas com uma liga com no mínimo 60% (sessenta por cento) de cobre, para todos os hidrômetros taquimétricos até a vazão nominal de $15\text{m}^3/\text{hora}$ (NBR 8193/setembro 97). Existem hidrômetros de $15\text{m}^3/\text{hora}$ que pode ser feitos de ferro fundido.

Segundo a NBR 8193/setembro 1997, a temperatura da água a ser medida deve estar compreendida entre 1°C e 40°C , sendo a pressão de trabalho do hidrometro de 1,0 MPa ou seja 100 metros de coluna de água ou seja 10 bar.

As perdas de carga no hidrômetro segundo a NBR 8193/setembro1997, devem ser no máximo de 0,025 MPa (2,5 metros de coluna de água) na vazão nominal e no máximo 0,1 MPa (10 metros de coluna de água) na vazão máxima.

24 Hidrômetros velocimétricos para água fria de $15\text{m}^3/\text{hora}$ até $1.500\text{m}^3/\text{hora}$ de vazão nominal.

Estes hidrômetros eram conhecidos antigamente como hidrômetros Woltmanns e não haviam normas brasileiras sobre os mesmos, adotando-se então as normas alemãs.

Hoje felizmente temos a nossa norma, que é a NBR14005 de novembro de 1997.

Vazão de sobrecarga dos hidrômetros velocimétricos

A nova norma introduz uma novidade, que é a *vazão de sobrecarga* (q_s), como sendo aquela em que o medidor pode funcionar de forma satisfatória por um curto período sem deteriorar-se e cujo valor é o dobro do valor da vazão nominal.

Vazão nominal dos hidrômetros velocimétricos

A *vazão nominal* q_n é aquela em que o medidor deve trabalhar continuamente e satisfatoriamente, e que corresponda a sua designação. Os hidrômetros que atendem a NBR 14005/nov 97, atende água entre 1°C até 40°C , com vazão de sobrecarga até $3000\text{m}^3/\text{hora}$ a uma pressão nominal de 1 MPa (10 bar) a 1,6 MPa (16 bar) atingindo até 2,5 MPa (25 bar). Nota: 1 bar = 1 atmosfera = 10 metros de coluna de água.

Ainda segundo a norma, os hidrômetros com vazão nominal acima de 15m³/hora e no máximo de 1500m³/hora, podem ser verticais ou axiais. Na prática os mais usados são os hidrômetros velocimétricos verticais.

Quanto às perdas de cargas nos hidrômetros velocimétricos, considerando a vazão de sobrecarga, a perda de carga deve ser inferior a 0,06 MPa (0,6 bar ou seja 6 metros de coluna de água) para hidrômetros verticais e 0,03 MPa (0,3 bar ou seja 3 metros de coluna) de água para hidrômetros axiais.

As flanges destes hidrômetros obedecem as normas brasileiras, ou seja a NBR 7669 ou NBR 7675. As carcaças são feitas em ferro fundido e devem suportar pressão estática equivalente a 1,5 vezes a pressão nominal, sem sofrer deformações e sem apresentar exudação e/ou vazamento no período de um minuto.

Diâmetro nominal

Define-se diâmetro nominal como sendo a designação numérica comum a todos os componentes do sistema de tubulação. É um número inteiro usado apenas para referencia, próximo das dimensões construtivas. Assim temos hidrômetros velocimétricos de DN 50, DN 80, DN 100 e DN 150, conforme padrões adotados pelo SAAE de Guarulhos.

É importante sabermos a classe metrológica do hidrômetro velocimétrico. Conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6.3-Vazões mínimas em metros cúbicos por hora dos hidrômetros Velocimétricos (antigo Woltmann) conforme sua Classe Metrológica.

Classe Metrológica	Diâmetro Nominal (DN)			
	50	80	100	150
A	1,2 m ³ /hora	3,2 m ³ /hora	4,8 m ³ /hora	12 m ³ /hora
B	0,45 m ³ /hora	1,2 m ³ /hora	1,8 m ³ /hora	4,5 m ³ /hora
C	0,09 m ³ /hora	0,24 m ³ /hora	0,36 m ³ /hora	0,9 m ³ /hora

25 Portaria N.º 29 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), conforme Portaria N.º 29 de 7 de fevereiro de 1994, aprovou o Regulamento Técnico Metrológico dos Hidrômetros utilizados para medição de consumo de água fria.

A Portaria 29 do INMETRO estabelece que os hidrômetros poderão estar nas Classes A, B ou C, *dependendo da precisão dos mesmos*. Os hidrômetros melhores são os de classe C, B e A na sequência citada. De modo geral os hidrômetros brasileiros são classe A ou B.

Há pouco tempo começaram a ser fabricados em escala industrial os hidrômetros de Classe C, mais precisos.

A Portaria 29 do INMETRO, item 8.1, afirma: “as verificações periódicas são efetuadas nos hidrômetros em uso, em intervalos estabelecidos pelo INMETRO, **não superiores a cinco anos**”.

26 Perdas de cargas nos hidrômetros

Freqüentemente há um esquecimento de considerar a perda de carga no hidrometro, como se ela fosse insignificante, mas ela nunca pode ser esquecida. Em medições individuais em prédios de apartamentos, o abastecimento é feito diretamente através do reservatório superior e as perdas nos hidrômetros são importantes, principalmente para o último andar, onde se usa hidrômetro de 1” para diminuir as perdas de carga. As perdas nos hidrômetros são calculadas segundo a fórmula:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{(\text{vazão}_1)^2}{(\text{vazão}_2)^2} \quad (3.5)$$

sendo:

Δp_1 = perda de carga em metros de coluna de água fornecido pelo fabricante referente a determinada vazão especificada pelo fabricante, denominada vazão_1 ;

Δp_2 = perda de carga em metros de coluna de água a ser achada pelo usuário, quando a tivermos a vazão_2 , especificado pelo usuário em m^3/hora ;

$(\text{vazão}_1)^2$ = vazão em m^3/hora do medidor elevada ao quadrado especificada pelo fabricante;

$(\text{vazão}_2)^2$ = vazão em m^3/hora do usuário elevado ao quadrado.

Vamos fazer um exemplo prático da Fórmula (3.5) primeiro para um hidrômetro taquimétrico e depois para um velocimétrico.

Cálculo de perda de carga em um hidrômetro Taquimétrico.

Vamos supor outro exemplo em que o abastecimento de uma casa fosse feito diretamente da rede, o que não é aconselhado pelas normas da ABNT, devendo ser feito somente em casos especiais, quando o sistema da rede publica for executado para isto.

Supomos então que aplicando-se a NBR 5626/98 achássemos a soma dos pesos fosse de 5,2 e que a vazão máxima do ramal predial fosse de 0,64 litros/segundo ou seja $2,304 \text{ m}^3/\text{hora}$, conforme item 3 deste Capítulo. Vamos ver qual seria a perda de carga o hidrômetro de $\frac{3}{4}$ ” com vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{hora}$ adotado:

Usando a Fórmula (3.5) e usando os dados mais próximos da vazão máxima do que da vazão nominal.

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{(\text{vazão}_1)^2}{(\text{vazão}_2)^2} = \frac{10}{\Delta p_2} = \frac{3,0^2}{2,304^2}$$

Acharemos $\Delta p_2 = 5,90$ metros de coluna de água, o que é uma perda de carga localizada bastante grande.

Para os hidrômetros Velocimétricos (antigos Woltmanns) a perda de carga máxima é de **6 metros de coluna de água** para a vazão de sobrecarga nos medidores verticais, que são os mais comuns.

Para facilitar os cálculos, a seguir são apresentadas as Tabelas 7, que contém as perdas de cargas nos hidrômetros, bem como o velocidade da água na tubulação e o consumo mensal.

Em **negrito**, **itálico** e **sublinhado** estão os limites admissíveis do consumo mensal, da velocidade e de vazão máxima dos hidrômetros taquimétricos e vazão de sobrecarga dos hidrômetros velocimétricos. O mais importante para o dimensionamento do hidrômetro é consumo provável mensal máximo admitido na Tabela 2, para a vida útil do mesmo.

A velocidade máxima admitida na NBR 5626/98 é **$v \leq 3 \text{ m/s}$** .

Tabela 7.3-Hidrômetro Taquimétrico, diâmetro ¾” e vazão nominal 0,75m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/ mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
15	0,02	0,00	0,00	0,01	11
30	0,03	0,01	0,00	0,03	22
40	0,04	0,01	0,01	0,04	29
100	0,10	0,03	0,04	0,09	72
125	0,13	0,03	0,07	0,11	90
200	0,20	0,06	0,18	0,18	144
300	0,30	0,08	0,40	0,27	216
400	0,40	0,11	0,71	0,35	288
500	0,50	0,14	1,11	0,44	360
600	0,60	0,17	1,60	0,53	432
700	0,70	0,19	2,18	0,62	504
750	0,75	0,21	2,50	0,66	540
800	0,80	0,22	2,84	0,71	576
900	0,90	0,25	3,60	0,80	648
1000	1,00	0,28	4,44	0,88	720
1100	1,10	0,31	5,38	0,97	792
1200	1,20	0,33	6,40	1,06	864
1300	1,30	0,36	7,51	1,15	936
1400	1,40	0,39	8,71	1,24	1008
1500	1,50	0,42	10,00	1,33	1080

Tabela 8.3-Hidrômetro Taquimétrico, diâmetro ¾” e vazão nominal 1,5m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
L/hora	m³/hora	L/s			
15	0,02	0,00	0,00	0,01	11
30	0,03	0,01	0,00	0,03	22
40	0,04	0,01	0,00	0,04	29
100	0,10	0,03	0,01	0,09	72
200	0,20	0,06	0,04	0,18	144
300	0,30	0,08	0,10	0,27	216
					<u>285</u>
400	0,40	0,11	0,18	0,35	288
500	0,50	0,14	0,28	0,44	360
600	0,60	0,17	0,40	0,53	432
700	0,70	0,19	0,54	0,62	504
800	0,80	0,22	0,71	0,71	576
900	0,90	0,25	0,90	0,80	648
1000	1,00	0,28	1,11	0,88	720
1100	1,10	0,31	1,34	0,97	792
1200	1,20	0,33	1,60	1,06	864
1300	1,30	0,36	1,88	1,15	936
1400	1,40	0,39	2,18	1,24	1008
1500	<u>1,50</u>	0,42	2,50	1,33	1080
1600	1,60	0,44	2,84	1,41	1152
1700	1,70	0,47	3,21	1,50	1224
1800	1,80	0,50	3,60	1,59	1296
1900	1,90	0,53	4,01	1,68	1368
2000	2,00	0,56	4,44	1,77	1440
2200	2,20	0,61	5,38	1,95	1584
2400	2,40	0,67	6,40	2,12	1728
2600	2,60	0,72	7,51	2,30	1872
2800	2,80	0,78	8,71	2,48	2016
3000	<u>3,00</u>	0,83	10,00	2,65	2160
Nota: o máximo consumo mensal admitido é de 285 m3.					

Tabela 9.3-Hidrômetro Taquimétrico, diâmetro 1” e vazão nominal 5m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
300	0,30	0,08	0,01	0,17	216
600	0,60	0,17	0,04	0,34	432
900	0,90	0,25	0,08	0,51	648
1200	1,20	0,33	0,14	0,68	864
					900
1500	1,50	0,42	0,23	0,85	<u>1080</u>
1800	1,80	0,50	0,32	1,02	1296
2100	2,10	0,58	0,44	1,19	1512
2400	2,40	0,67	0,58	1,36	1728
2700	2,70	0,75	0,73	1,53	1944
3000	3,00	0,83	0,90	1,70	2160
3300	3,30	0,92	1,09	1,87	2376
3600	3,60	1,00	1,30	2,04	2592
3900	3,90	1,08	1,52	<u>2,21</u>	2808
4200	4,20	1,17	1,76	2,38	3024
4500	4,50	1,25	2,03	2,55	3240
4800	4,80	1,33	2,30	2,72	3456
5000	<u>5,00</u>	1,39	2,50	2,83	3600
5300	5,30	1,47	2,81	<u>3,00</u>	3816

Tabela 10.3-Hidrômetro Taquimétrico, diâmetro 1” e vazão nominal 5m³/hora (continuação)

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/ mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
5600	5,60	1,56	3,14	3,17	4032
5900	5,90	1,64	3,48	3,34	4248
6200	6,20	1,72	3,84	3,51	4464
6500	6,50	1,81	4,23	3,68	4680
6800	6,80	1,89	4,62	3,85	4896
7100	7,10	1,97	5,04	4,02	5112
7400	7,40	2,06	5,48	4,19	5328
7700	7,70	2,14	5,93	4,36	5544
8000	8,00	2,22	6,40	4,53	5760
8300	8,30	2,31	6,89	4,70	5976
8600	8,60	2,39	7,40	4,87	6192
8900	8,90	2,47	7,92	5,04	6408
9200	9,20	2,56	8,46	5,21	6624
9500	9,50	2,64	9,03	5,38	6840
9800	9,80	2,72	9,60	5,55	7056
10000	<u>10,00</u>	2,78	10,00	5,66	7200

Tabela 11.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 50mm e vazão nominal 15m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
90	0,09	0,03	0,00	0,01	65
450	0,45	0,13	0,00	0,06	324
1000	1,00	0,28	0,01	0,14	720
1200	1,20	0,33	0,01	0,17	864
2000	2,00	0,56	0,03	0,28	1440
3000	3,00	0,83	0,06	0,42	2160
4000	4,00	1,11	0,11	0,57	2880
5000	5,00	1,39	0,17	0,71	3600
6000	6,00	1,67	0,24	0,85	4320
7000	7,00	1,94	0,33	0,99	5040
8000	8,00	2,22	0,43	1,13	5760
9000	9,00	2,50	0,54	1,27	6480
					<u>6500</u>
10000	10,00	2,78	0,67	1,41	7200
11000	11,00	3,06	0,81	1,56	7920

Tabela 12.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 50mm e vazão nominal 15m³/hora (continuação)

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
12000	12,00	3,33	0,96	1,70	8640
13000	13,00	3,61	1,13	1,84	9360
14000	14,00	3,89	1,31	1,98	10080
15000	<u>15,00</u>	4,17	1,50	2,12	10800
16000	16,00	4,44	1,71	2,26	11520
17000	17,00	4,72	1,93	2,41	12240
18000	18,00	5,00	2,16	<u>2,55</u>	12960
19000	19,00	5,28	2,41	2,69	13680
20000	20,00	5,56	2,67	2,83	14400
21000	21,00	5,83	2,94	<u>2,97</u>	15120
				<u>3,00</u>	
22000	22,00	6,11	3,23	3,11	15840
23000	23,00	6,39	3,53	3,25	16560
24000	24,00	6,67	3,84	3,40	17280
25000	25,00	6,94	4,17	3,54	18000
26000	26,00	7,22	4,51	3,68	18720
27000	27,00	7,50	4,86	3,82	19440
28000	28,00	7,78	5,23	3,96	20160
29000	29,00	8,06	5,61	4,10	20880
30000	<u>30,00</u>	8,33	6,00	4,24	21600

Tabela 13.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 80mm e vazão nominal 40m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
240	0,24	0,07	0,00	0,02	173
1200	1,20	0,33	0,00	0,08	864
3200	3,20	0,89	0,01	0,20	2304
4000	4,00	1,11	0,02	0,25	2880
6000	6,00	1,67	0,03	0,38	4320
8000	8,00	2,22	0,06	0,50	5760
10000	10,00	2,78	0,09	0,63	7200
12000	12,00	3,33	0,14	0,75	8640
14000	14,00	3,89	0,18	0,88	10080
16000	16,00	4,44	0,24	1,01	11520
18000	18,00	5,00	0,30	1,13	12960
					<u>13000</u>
20000	20,00	5,56	0,38	1,26	14400
22000	22,00	6,11	0,45	1,38	15840
24000	24,00	6,67	0,54	1,51	17280
26000	26,00	7,22	0,63	1,63	18720
28000	28,00	7,78	0,74	1,76	20160
30000	30,00	8,33	0,84	1,89	21600
32000	32,00	8,89	0,96	2,01	23040
34000	34,00	9,44	1,08	2,14	24480
36000	36,00	10,00	1,22	2,26	25920
38000	38,00	10,56	1,35	2,39	27360
40000	<u>40,00</u>	11,11	1,50	2,52	28800
42000	42,00	11,67	1,65	2,64	30240

Tabela 14.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 80mm e vazão nominal 40m³/hora (continuação)

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
44000	44,00	12,22	1,82	2,77	31680
46000	46,00	12,78	1,98	2,89	33120
				<u>3,00</u>	
48000	48,00	13,33	2,16	3,02	34560
50000	50,00	13,89	2,34	3,14	36000
52000	52,00	14,44	2,54	3,27	37440
54000	54,00	15,00	2,73	3,40	38880
56000	56,00	15,56	2,94	3,52	40320
58000	58,00	16,11	3,15	3,65	41760
60000	60,00	16,67	3,38	3,77	43200
62000	62,00	17,22	3,60	3,90	44640
64000	64,00	17,78	3,84	4,02	46080
66000	66,00	18,33	4,08	4,15	47520
68000	68,00	18,89	4,34	4,28	48960
70000	70,00	19,44	4,59	4,40	50400
72000	72,00	20,00	4,86	4,53	51840
74000	74,00	20,56	5,13	4,65	53280
76000	76,00	21,11	5,42	4,78	54720
78000	78,00	21,67	5,70	4,90	56160
80000	<u>80,00</u>	22,22	6,00	5,03	57600

Tabela 15.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 100mm e vazão nominal 60m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrômetro (mca)	Velocidade (m/s)	Consumo/ mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
360	0,36	0,10	0,00	0,01	259
1800	1,80	0,50	0,00	0,06	1296
4800	4,80	1,33	0,01	0,17	3456
5000	5,00	1,39	0,01	0,18	3600
10000	10,00	2,78	0,04	0,35	7200
15000	15,00	4,17	0,09	0,53	10800
20000	20,00	5,56	0,17	0,71	14400
25000	25,00	6,94	0,26	0,88	18000
					<u>19500</u>
30000	30,00	8,33	0,38	1,06	21600
35000	35,00	9,72	0,51	1,24	25200
40000	40,00	11,11	0,67	1,41	28800
45000	45,00	12,50	0,84	1,59	32400
50000	50,00	13,89	1,04	1,77	36000
55000	55,00	15,28	1,26	1,95	39600
60000	60,00	16,67	1,50	2,12	43200
65000	65,00	18,06	1,76	2,30	46800
70000	70,00	19,44	2,04	2,48	50400
75000	75,00	20,83	2,34	2,65	54000
80000	80,00	22,22	2,67	2,83	57600
				<u>3,00</u>	
85000	85,00	23,61	3,01	3,01	61200
90000	90,00	25,00	3,38	3,18	64800
95000	95,00	26,39	3,76	3,36	68400
100000	100,00	27,78	4,17	3,54	72000
105000	105,00	29,17	4,59	3,71	75600
110000	110,00	30,56	5,04	3,89	79200
115000	115,00	31,94	5,51	4,07	82800
120000	<u>120,00</u>	33,33	6,00	4,24	86400

Tabela 16.3-Hidrômetro Velocimétrico, diâmetro 150mm e vazão nominal 150m³/hora.

Vazão			Perda de carga no Hidrometro. (m.c.a.)	Velocidade (m/s)	Consumo/ mês
litros/hora	m ³ /hora	litros/s			
900	0,90	0,25	0,00	0,01	648
4500	4,50	1,25	0,00	0,07	3240
12000	12,00	3,33	0,01	0,19	8640
15000	15,00	4,17	0,02	0,24	10800
20000	20,00	5,56	0,03	0,31	14400
40000	40,00	11,11	0,11	0,63	28800
60000	60,00	16,67	0,24	0,94	43200
80000	80,00	22,22	0,43	1,26	57600
100000	100,00	27,78	0,67	1,57	72000
120000	120,00	33,33	0,96	1,89	86400
					86500
140000	140,00	38,89	1,31	2,20	100800
150000	150,00	41,67	1,50	2,36	108000
160000	160,00	44,44	1,71	2,52	115200
170000	170,00	47,22	1,93	2,67	122400
180000	180,00	50,00	2,16	2,83	129600
190000	190,00	52,78	2,41	2,99	136800
				3,00	
200000	200,00	55,56	2,67	3,14	144000
210000	210,00	58,33	2,94	3,30	151200
220000	220,00	61,11	3,23	3,46	158400
230000	230,00	63,89	3,53	3,62	165600
240000	240,00	66,67	3,84	3,77	172800
250000	250,00	69,44	4,17	3,93	180000
260000	260,00	72,22	4,51	4,09	187200
270000	270,00	75,00	4,86	4,24	194400
280000	280,00	77,78	5,23	4,40	201600
290000	290,00	80,56	5,61	4,56	208800
300000	300,00	83,33	6,00	4,72	216000

27 Pressões Dinâmicas e Estáticas na Rede Pública

As redes públicas apresentam pressões dinâmicas e estáticas que variam de 10 metros de coluna de água até 100 m.c.a., contrariando as normas da ABNT referente a redes de distribuição de água potável.

A Lysa, 1993 fez estudos sobre as pressões das redes de água na capital de São Paulo, verificou que 30% (trinta por cento) da rede têm pressões superiores a 60 (sessenta) metros de coluna de água, sendo que no futuro as mesmas deverão ser rebaixadas através de válvulas reguladoras, para se chegar no máximo a 50 metros de coluna de água.

Como o abastecimento de água fria é misto, não utilizamos a pressão na rede para abastecer o reservatório superior quando a pressão for maior que 10 metros de coluna de água. De modo geral, edifícios com mais de três pavimentos devem ter um reservatório inferior e um superior.

A questão de usar ou não a pressão existente na rede pública é bastante controversa, constata-se vários prédios que no início de sua utilização não precisavam de reservatórios inferiores, mas que depois precisaram ser construídos devido à diminuição das pressões na rede pública.

Por isso, mesmo que haja possibilidade de dispensar o reservatório inferior, pode ser interessante sua construção, já que no futuro poderá ser necessário.

No Brasil a rede pública é construída, prevendo a existência de reservatório domiciliar, além disso, manutenção e operação dos sistemas de abastecimento de água, não são perfeitas com freqüentes interrupções devido a rompimento de adutoras e falta de energia elétrica.

28 Perdas de cargas no ramal

Existem basicamente dois tipos de perdas de carga, a linear que é produzida no tubo e a localizada, devido as peças, tais como curvas, cotovelos, hidrômetros, válvulas, etc.

Para perda de carga na tubulação a NBR 5626/98 aconselha o uso da fórmula de Fair-Wipple-Hsiao.

a) *Para tubos de aço-carbono, galvanizado ou não*

$$J = \frac{20,2 \times 10^6 \times Q^{1,88}}{D^{488}}$$

b) *para tubos de PVC, cobre e liga de cobre*

:

$$J = \frac{8,69 \times 10^6 \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Onde:

J é a perda de carga unitária em quilopascals por metro;

Q é a vazão estimada na seção considerada em litros por segundo e

D é o diâmetro interno do tubo em milímetros.

Para diâmetros acima de 2”, podemos usar a fórmula empírica de Hazen-Williams. Conforme *Jeppson, 1976*, nas unidades do Sistema Internacional (S.I.) temos:

$$J = \frac{10,7 \cdot Q^{1,852} \cdot D^{4,87}}{C^{1,852}}$$

Sendo:

J = perda de carga unitária em metro/metro;

Q = vazão em m³/s;

D = diâmetro em metros;

C = coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams que pode ser:

C= 150 para tubos de PVC;

C= 130 para tubos novos de ferro galvanizado ou ferro fundido;

C= 90 para tubos velhos de ferro galvanizado ou ferro fundido.

29 Perdas de cargas nas conexões

A NBR 5626/98 apresenta duas tabelas de perda de carga com comprimento equivalentes a seguir:

Tabela 17.3-Perda de carga em conexões- Comprimentos equivalentes para tubo rugoso (tubo aço-carbono, galvanizado ou não)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	----	0,7	5,5
125	4,7	2,2	----	----	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	----	1,0	8,2

Fonte: ABNT NBR 5626/98

Tabela 18.3-Perda de carga em conexões- Comprimentos equivalentes para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passage m direta	Tê passag em lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT NBR 5626/98

30 Perdas de cargas em registros (válvulas)

Conforme NB 5626/98 os registros de fechamento apresentam a perda de carga através da seguinte fórmula:

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times D^{-4}$$

Onde:

Δh é a perda de carga no registro em quilopascal;

K é o coeficiente de perda de carga no registro conforme NBR 10071;

Q é vazão estimada na seção considerada em litros por segundo e

D é o diâmetro interno da tubulação em milímetros.

Tabela 19.3-Coeficientes de Perdas de Carga conforme DN dos registros de pressão.

Diâmetro Nominal DN	Coeficiente de perda de carga localizada K	Faixa de Vazão litros/segundo
15	45	0,20 a 0,30
20	40	0,40 a 0,60
25	32	0,50 a 1,15

Fonte: ABNT NBR 10.071/1994

31 Exigência de projetos hidráulico-sanitários

Desde 1980 o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos - SAAE vem aprovando os projetos hidráulico-sanitários de prédios de apartamentos, edifícios comerciais e industriais com área construída maior que 750m².

Em 18 de dezembro de 1987 foi feito o novo decreto, que é o Decreto 13.270, que “Estabelece normas para aprovação de projetos construção multi-familiares, conjuntos habitacionais, indústrias, depósitos, prédios de escritórios, no tocante à instalação de água e esgoto”.

Através deste decreto, são exigidos projetos básicos de instalações prediais de água fria e esgoto sanitário assinado por profissional competente, cópia da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) em conjuntos habitacionais acima de 6 (seis) unidades, prédios residenciais, comerciais e industriais. Não é exigido para galpões industriais abaixo de 750 metros quadrados de construção.

Com a lei 4.650 de 27 de setembro de 1994 de individualização de medição em prédios de apartamentos com unidades menos de 100m², será exigido pela Prefeitura Municipal de Guarulhos, a aprovação do Projeto no SAAE de Guarulhos, antes do alvará de construção e exigido certidão de conformidade para obtenção do Habite-se.

Na Prefeitura Municipal de São Paulo, conforme Lei 12.638 de 6 de maio de 1998, é obrigatório a instalação de hidrômetros individuais em prédios de apartamentos.

A responsabilidade pelo projeto é do engenheiro responsável, sendo exigido inclusive uma cópia da Anotação de Responsabilidade (ART) exigida pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA).

O SAAE somente examina as interfaces com os serviços públicos de água e esgoto sanitário. No Estado de São Paulo, somente temos notícia que Guarulhos, faz tal exigência.

Quando do HABITE-SE é feito a Certidão de Conformidade exigida pela prefeitura.

32) Obrigação da limpeza e desinfecção de reservatórios de água em Guarulhos

Através da Lei Municipal 3795 de 13 de junho de 1991, o município de Guarulhos, dispõe de lei que “Estabelece a obrigatoriedade de limpeza e desinfecção anual nos reservatórios de água, em todos os estabelecimentos com acentuado fluxo de pessoas”.

Por esta lei, todos os estabelecimentos com acentuado fluxo de pessoas, como nos hospitais, escolas, clubes, teatros, supermercados e outros, ficam obrigados a proceder a limpeza e desinfecção anual em seus reservatórios de água.

Os critérios que o SAAE de Guarulhos usa é baseado nas pesquisas e folhetos expedidos pela CETESB (Centro Tecnológico de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo).

33 Referências Bibliográficas

- AWWA (American Water Works Association), *Sizing Water Service Lines and Meters-AWWA M22*. Denver: AWWA, 1975.
- _____. *Recommended Practice for Backflow Prevention and Cross-Connection Control-AWWA M145*. Denver: AWWA, 1990.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), *Cavalete de Polipropileno. DN-20 para ramais prediais- especificação*, 2:09:56.009 – Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- _____. *Chuveiros Automáticos para Extinção de Incêndio*, EB152, Rio de Janeiro: ABNT, nov. 1990.
- _____. *Cavalete para Ramais Prediais*, verificação da Estanqueidade a pressão hidrostática- método de ensaio. MB-2:09.56.004 – Rio de Janeiro: ABNT, 1988;
- _____. *Cavalete para Ramais Prediais, determinação da perda de carga- método de ensaio*. MB-2:09.56.002. – Rio de Janeiro: ABNT, 1988;
- _____. *Cavalete para Ramais Prediais DN 20 – especificação*. M3.815. – Rio de Janeiro: ABNT, 1986;
- _____. *Instalações Prediais de Água Fria – procedimento*. NBR 5626/82. – Rio de Janeiro: ABNT, 1982;
- _____. *Registro para Bloqueio de vazão de cavaletes de polipropileno verificação da resistência ao uso de 4.000 ciclos- método de ensaio*. MB-2:09.56.010. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- _____. *Hidrômetros taquimétricos para Água Fria até 15,0 m³/hora de vazão nominal- Terminologia*. NBR 8009. Rio de Janeiro: set. 1997.
- _____. *Hidrômetros taquimétricos para Água Fria – Padronização*. NBR 8194. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1997.
- _____. *Hidrômetros taquimétricos para Água Fria até 15,0 m³/hora de vazão nominal- Especificação*. NBR 8193. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1997.
- _____. *Hidrômetros taquimétricos para Água Fria até 15,0 m³/hora de vazão nominal - Padronização*. NBR 8195. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1997
- _____. *Hidrômetros velocimétricos para Água Fria de 15,0 m³/hora até 1.500 m³/hora de vazão nominal*. NBR 14005. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 1997
- _____. *Registros de Pressão fabricado com corpo e castelo em ligas de cobre para Instalações Hidráulicas Prediais*. NBR 10071. Rio de Janeiro: ABNT, nov. de 1994.
- _____. *Tubos de aço-carbono para rosca Whitworth gás para usos comuns na condução de fluidos*. NBR 5580. Rio de Janeiro: ABNT, dez. 1993.
- _____. *Tubo extraleve de cobre, sem costura, para condução de água e outros fluidos*. NBR 7417. Rio de Janeiro: ABNT, jul. de 1982.
- _____. *Cavalete de Polipropileno DN20 para ramais prediais*. ABNT EB-2044. Rio de Janeiro: ABNT, maio 1990.
- BOOCK, AYMBERÊ. *Regulador de Pressão para Ramal Predial*, p.127, Volume 2 Trabalhos Livres Tomo III, Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental em Belém de 17 a 22 de setembro de 1989. Belém: ABES, 1989.

- BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS e RIBEIRO JR, GERALDO DE ANDRADE. Instalações Hidráulicas Prediais feitas para Durar. 1ª ed. São Paulo: Pro-editores, maio de 1998, 238p.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), Estudos em cavaletes de cobre- Interessado:SABESP, Relatório DEND nº 083/84 CETESB. São Paulo: CETESB, 1984, 53 folhas.
- CÓDIGO SANITÁRIO, *Decreto n.º 12.342 de 27 de setembro de 1978- Regulamento da Promoção da Saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde*, p.7 , São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1978
- COELHO, ADALBERTO CAVALCANTI, *Medição de Água, política e prática*, Recife: Comunicarte, 1996.
- NETTO, AZEVEDO e FERNANDEZ, MIGUEL FERNANDES e ARAUJO, ROBERTO e ITO, ACÁCIO EIJI. *MANUAL DE HIDRÁULICA* . 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 669p. 1998.
- SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), *Regulamento das Instalações Prediais de Água e Esgoto*, São Paulo: SABESP, 1979.
- GOLDEN, GENE E. E HUNTER, ROY B., *Backflow Prevention in Over-Rim Water Supplies*. Report EMS28- Building Materials and Structures.
- GODMAN, ROBERT R. E KUYK, DAVID D., *A Dual Water System for Cape Coral*, p.45-53, Revista Journal da AWWA (American Water Works Association). Denver: AWWA, julho1997.
- GONÇALVES, ORESTES MARRACINI, *Formulação de Modelo para o Estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria*, Tese de Doutorado na EPUSP, São Paulo: EPUSP, 1986.
- GONÇALVES, ORESTES MARRACCINI E ILHA, MARINA SANGOI DE OLIVEIRA. *Sistemas Prediais de Água Fria*. TT/PCC/08. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
São Paulo: EPUSP,1994, 106 p.
- HART, FREDERICK L. ET ALL, *Backflow protection and residential fire sprinklers*, Journal da American Water Works Association (AWWA) de outubro de 1996, p.60-69. Denver: AWWA, outubro de 1996.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), *Regulamento Técnico Metrológico dos hidrômetros taquimétricos para água fria de vazão nominal até quinze metros cúbicos por hora*. Portaria N.º 29. – Rio de Janeiro: INMETRO,1994.
- DRUISANI, R.. *National Report Italy*. IWSA (International Water Service Association): England, 1995. IWSA Foundation for Transfer of Knowledge.
- JEPPSON, ROLANDO W., *Analysis of Flow in Pipe Networks*, Boston: Butterworth Publishers, 1976.
- DEZUANE, JOHN. *Handbook of Drinking Water Quality*. 2. ed. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1997.
- KAVASSAKI, Y, *Tubulações para Instalações prediais de água*, São Paulo: EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 1987.
- LUZ, EDSON LUÍS BANDEIRA. *Sistemas de Distribuição de Água Fria: concepção e dimensionamento*. Dissertação de mestrado apresentada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1982. São Paulo: EPUSP, 1982, 208 p. brochura.
- LYSA (Lyonnaise des Eaux Services Associes), *Programa de Redução de Águas Não Faturada na cidade de São Paulo- SABESP*, Brochura, São Paulo: SABESP,1993.

- MACINTYRE, ARCHIBALD JOSEPH, *Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias*, Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.
- MAZZINI, APARECIDA SANCHEZ E KAPPÁZ, VERA DE ANDRADE REIS. *A obrigatoriedade Legal da ligação de água e esgoto à rede pública no Estado de São Paulo e as dificuldades encontradas*, p. 531-537 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Volume 2 Trabalhos livres, Tomo IV, Belém: ABES, 1989.
- MONTENEGRO, MARCOS HELANO F.. *Vazão em instalações hidráulicas prediais e consumo domiciliar na cidade de São Paulo*. Seminário Internacional CIB W62. São Paulo: EPUSP, 14 a 16 de setembro de 1987.
- NFPA (National Fire Protection Association), *Standard in One and Two Family Dwellings and Mobile Homes*, Patterson, New York: NFPA,1991.
- NETO, JOSÉ M. DE AZEVEDO ET ALL, *Projeto de Sistemas de Distribuição de Água*, São Paulo: CETESB (Centro Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico), 1975.
- OKUN, DANIEL A., *Distributing reclaimed water through dual systems*, p. 52-64, Revista Journal of AWWA (American Water Works Association), novembro de 1997. Denver: AWWA, 1997.
- PRÉVOST, MICHÈLE ET ALL. *Services lines: their effect on microbiological quality*, p. 78-91, Volume 89, Issue 7, Journal of AWWA (American Water Works Association), July, 1997. Denver: AWWA, 1997.
- ROCHA, ADILSON LOURENÇO. *Métodos para estimativa de vazões em instalações prediais: uma revisão crítica*. 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental realizado em Maceió agosto de 1985 São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1985.
- ROCHA, NEY ROMERO DA SILVA. *Dispositivos Controladores de Pressão e Vazão em ramais prediais de água- testes e recomendações*, p.357 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental realizado em Natal de 19 a 23 de setembro de 1993, Volume 2 Trabalhos Técnicos. Tomo III. Natal:ABES,1993.
- SECCO, ORLANDO, *Manual de Prevenção e combate de incêndio*, 3ª edição Volume II, São Paulo: Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes,1982.
- SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos), *Portaria 9.944 de 31 de agosto de 1990, em que Adota no SAAE de Guarulhos, o Kit Cavalete em polipropileno nos ramais prediais de DN 20 (3/4”), montados com hidrômetros de vazão nominal de 1,5m³/hora ou 0,75 m³/hora*, Guarulhos: SAAE,1990.
- SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos), Portaria 4.676/85 e Portaria 10.174/91. *Tabela de Dimensionamento de Ligações de Água e Seleção de Hidrômetros Taquimétricos em função do consumo provável mensal*. Guarulhos: SAAE, 1985 e 1991.
- PMG (Prefeitura Municipal de Guarulhos). Decreto 13.270/87 de 18 de dezembro de 1987. Dispõe sobre “*Estabelece normas para aprovação de projetos construção multi-familiares, conjuntos habitacionais, indústrias, depósitos, prédios de escritórios, no tocante à instalação de água e esgoto*”. Guarulhos: PMG, 1987.
- PMG (Prefeitura Municipal de Guarulhos). Lei 3795 de 13 de junho de 1991, que dispõe sobre “*Estabelece a obrigatoriedade de limpeza e desinfecção anual nos reservatórios de água, em todos os estabelecimentos com acentuado fluxo de pessoas*”. Guarulhos: PMG, 1991.
- PMG (Prefeitura Municipal de Guarulhos). Lei 4650 de 27 de setembro de 1994, que dispõe sobre “*A instalação de medidores e submedidores em edifícios multifamiliares dotados de apartamentos com área de até 100 m²*”. Guarulhos: PMG, 1994.

- TANAKA, TAKUDY, *Instalações Prediais Hidráulicas e Sanitárias*. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1986
- TIGRE, TUBOS E CONEXÕES. *Manual Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. São Paulo: PINI, 1987.
- _____, Tubos e Conexões, *Tubos e Conexões Tigre para ligações prediais de água potável*, Joinville: Tigre, 1991.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). *Cross-Connection Control Manual*, Washington: USEPA, 1973.
- WALSKI, THOMAS M. E CLYNE, ROBERT E. *Sizing residential services lines*, Journal of American Water Works Association (AWWA) de outubro de 1996, p.70-78, Denver: AWWA, outubro de 1996.
- ZACARIAS, ELTON SANTA FÉ E BULDO, ROGERIO ANÉAS. *Contaminação em Sistema Predial de Distribuição de Água*, in anais do III Simpósio Nacional de Instalações Prediais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 1987.

Arquivo agua1.doc 14 páginas A4

Arquivo agua2.doc 11 páginas A4

Arquivo agua3.doc 11 páginas A4

Arquivo agua4.doc 13 páginas A4

Arquivo agua5.doc 14 páginas A4

Total de 58 páginas A4 ou seja 87 páginas 15,5x21,5

CAPÍTULO

4

DIMENSIONAMENTO DE COLETORES PREDIAIS DE ESGOTO SANITARIO

17 de setembro de 1999

Índice

4.1	Objetivo.....	
4.2	Introdução	
4.3	Sistemas de Coleta de Esgotos Sanitários.....	
4.4	Definições.....	
4.5	Sistema de Ligações de esgoto sanitário	
4.6	Conexão do coletor a rede pública	
4.7	Materiais do coletor predial.....	
4.8	Movimento não-permanente (Unsteady flow) nos coletores prediais.....	
4.9	Vazão máxima no coletor predial baseada nas medições de Macedo,1979.	
4.10	Parâmetros hidráulicos dos coletores	
4.11	Dimensionamento de coletores circulares usando tabela de parâmetros adimensionais conforme Neto, Araujo,Ito,1998.	
4.12	Dimensionamento de coletores circulares usando tabela de parâmetros adimensionais conforme DAEE/CETESB,1980.....	
4.13	Dimensionamento de coletores circulares usando tabela da ABNT NBR8160/83.....	

Índice

4.14	Dimensionamento do Coletor Predial pelo método Racional proposto por Gonçalves, Ilha, Santos, 1998.....	
4.15	Caixas de Inspeção.....	
4.16	Despejos de qualquer natureza em redes de esgotos sanitários	
4.16.1	Lei Estadual	

4.16.2 Efluentes não domésticos para lançamento no sistema público de esgotos conforme SABESP

4.17 Tubo Ventilador

4.18 Manutenção do coletor predial

4.19 Sistema Condominial de Esgoto Sanitário

4.20 Gases em coletores

4.21 Teoria dos tubos flexíveis

4.22 Válvula de Retenção de esgotos instalada no Coletor Predial

4.23 Caixas de Retenção de Óleo, Areia e Gordura.

4.24 Aprovação de projetos hidráulico-sanitários

4.25 Conclusão

4.26 Referencias bibliográficas e livros consultados

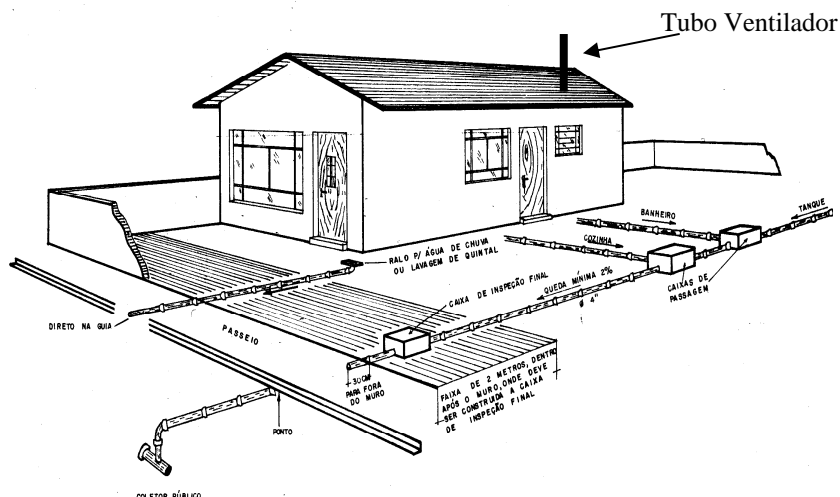
Índice

Revisado em 17 de setembro de 1999

1 Objetivo

Trata-se de determinar o diâmetro e a declividade do coletor predial de esgoto sanitário.

Figura 1.4: modelo de ligação de esgoto no SAAE de Guarulhos



2 Introdução

Embora pareça incrível, foi somente a partir de 1842, com o incêndio de parte da cidade de Hamburgo na Alemanha, é que foram feitas redes de esgotos sanitários pelo sistema separador absoluto.

As grandes obras executadas pelos romanos, como a chamada Grande Cloaca (600 anos a.C.), era destinada a servir de drenagem da região pantanosa. O povo respeitava o direito do cidadão e os esgotos eram jogados nas ruas dentro das galerias de águas pluviais.

Em Londres (1815), Boston (1833) e Paris (1880), pela primeira vez, os esgotos sanitários começaram a ser lançados na galeria de águas pluviais.

A cidade do Rio de Janeiro teve sua rede de esgoto sanitário implantada pelo sistema separador absoluto em 1864.

3 Sistemas de Coleta de Esgotos Sanitários

Basicamente há três sistemas: o Sistema Separador Absoluto, onde as águas de esgotos sanitários são separadas das águas pluviais, o Sistema Unitário onde as águas de esgoto sanitário correm junto com as águas pluviais e o Sistema Misto, onde as águas de esgoto sanitário têm canalizações próprias, mas estão dentro das galerias de águas pluviais.

O Sistema normalmente adotado no Brasil é o Separador Absoluto, onde deverá existir rede de esgoto sanitário e rede de captação de águas pluviais. A grande razão desta escolha é a economia no tratamento de esgoto sanitário, pois, o volume de esgoto sanitário é sensivelmente menor que aquele das águas pluviais.

Com relação a águas pluviais o artigo 19 do Código Sanitário do Estado de São Paulo, Decreto 12.342 de 27/09/78 diz: “*É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgoto*”.

4 Definições

A ABNT NBR 8160/83 de Instalação Predial de Esgoto Sanitário, definem o seguinte:

- *Esgoto*: refugo líquido que deve ser conduzido a um destino final;
- *Despejo Industrial*: refugo líquido decorrente do uso da água para fins industriais e serviços diversos;
- *Efluente líquido industrial*: despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas e esgoto doméstico;
- *Coletor Predial*: trecho de tubulação compreendido entre a última inserção de sub-coletor, ramal de esgoto ou de descarga e o coletor público ou sistema particular. O coletor predial também é denominado ligação predial (NBR 9649/86 de Projeto de Redes Coletoras de esgoto sanitário) ou também de ligação de esgoto;
- *Coletor Público*: tubulação pertencente ao sistema público de esgotos sanitários e destinada a receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais;
- *Coletor do Sistema Condominial de Esgoto*: tubulação pertencente ao sistema particular público de esgotos sanitários e destinada a receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais;
- *Diâmetro Nominal*: número que define e serve para classificar as dimensões das tubulações e acessórios;
- *Ligação Predial*: ponto de inserção do coletor predial no coletor público;
- *Tubo Ventilador*: canalização ascendente destinada a permitir acesso do ar atmosférico ao interior das canalizações de esgoto e a saída dessas canalizações, bem como impedir a ruptura do fecho hídrico dos desconectores;
- *Esgoto Doméstico*: despejo líquido resultante do uso da água pelo homem em seus hábitos higiênicos e atividades fisiológicas;

- *Caixa de Inspeção*: caixa destinada a permitir a inspeção e desobstrução de canalizações;
- *Caixa de Gordura*: caixa detentora de gorduras;
- *Fecho Hídrico*: coluna líquida que em sifão sanitário, veda a passagem de gases;
- *Desconector*: é o dispositivo provido de fecho hídrico destinado a vedar a passagens dos gases;
- *Instalação Primária de esgotos*: conjunto de tubulações e dispositivos onde têm acesso gases provindos do coletor público ou dos dispositivos de tratamento;
- *Instalação Secundária*: conjunto de tubulações e dispositivos onde não têm acesso gases provenientes do coletor público ou dos dispositivos de tratamento;
- *Ligação Compulsória*: termo usado em serviços públicos de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, para definir que o coletor predial foi feito sem pedido do usuário, isto é, compulsoriamente.

5 Sistema de Ligações de esgoto sanitário

Figura 2.4



Comumente se usa o termo ligação de esgoto ou ligação predial de esgoto para designar o termo da norma que é o coletor predial. Basicamente temos dois sistemas de execução dos coletores prediais, o sistema Ortogonal (Fig. 4.2 e Fig. 4.3) e o sistema Radial (Fig. 4.4). De modo geral o sistema adotado é o ortogonal, que facilita

a localização do coletor predial em caso de escavações novas ou mesmo a localização do mesmo.

Fig. 3.4– Sistema Ortogonal de execução do coletor predial

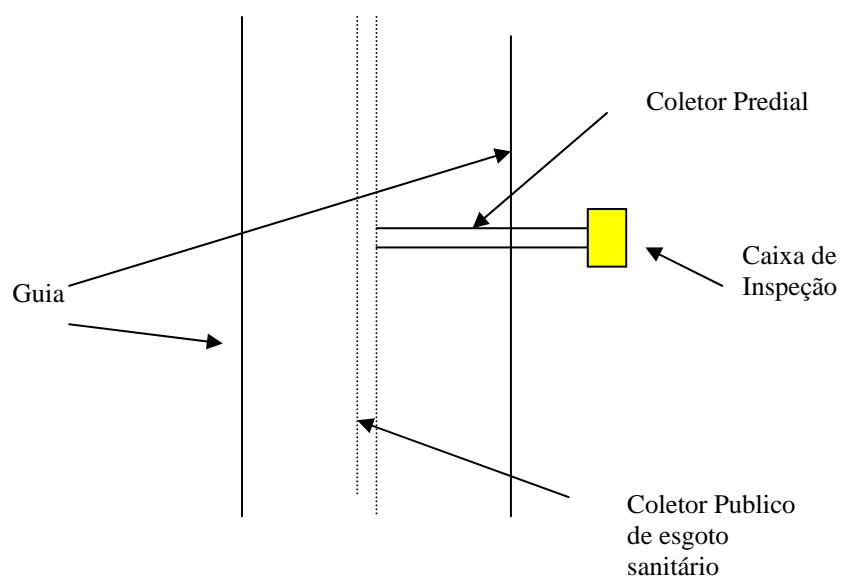


Figura 3.4- Esquema de coletor predial executado ortogonalmente

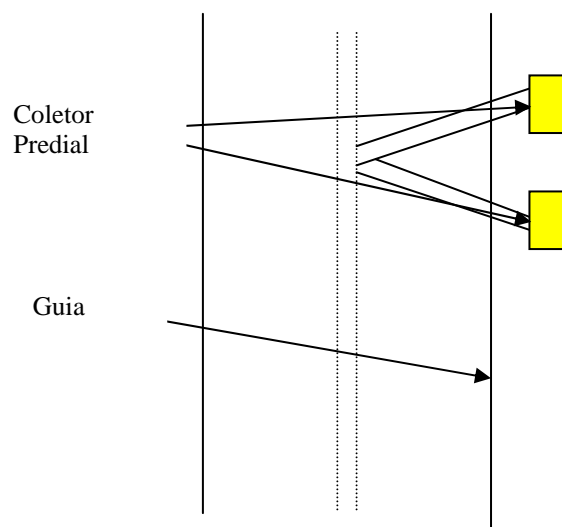


Fig.4.4–Esquema de coletor predial Radial

6 Conexão do coletor a rede pública

A conexão do coletor predial de esgoto sanitário à rede pública é feita normalmente através de tês ou de selins através de tubos de PVC ou cerâmico. Quando são executadas as redes de esgotos sanitários, isto é, já se sabe onde irão ficar as caixas de inspeção dos prédios, são colocados tês, depois uma curva de noventa graus e instala-se o coletor predial.

Caso a ligação seja feita após a existência da execução da rede e não foram executados os coletores prediais, então usamos os selins, isto é, corta-se o tubo na vertical e inserimos uma peça para receber a curva de 90° e depois instalar o coletor predial.

A Figura 4.1 representa o modelo de ligação de esgoto sanitário do SAAE de Guarulhos.

Capacidade do coletor do concessionário

Não adianta se prever uma ligação de esgoto, se a rede pública não suporta o acréscimo de coleta de esgoto sanitário. Para o dimensionamento de ligações de esgoto de prédios com grande número de apartamentos, indústrias com grande quantidade de despejos líquidos e prédios comerciais grandes, deverá ser consultado previamente o concessionário.

Quando o coletor público não suportar o acréscimo de vazão, poderá ser feito, outra rede coletora com destino ao coletor tronco mais próximo.

7 Materiais do coletor predial

As normas brasileiras definem três tipos de tubos: *tubos rígidos*, *tubos semirígidos* e *tubos flexíveis* (ABNT NBR 9814/maio 1987).

Tubos rígidos

Os tubos são *rígidos* quando submetidos a cargas de compressão diametral podem sofrer deformações até 0,1% (um décimo por cento) do diâmetro, medidos na direção de atuação das cargas, sem apresentarem fissuras prejudiciais a sua estrutura.

Nesse caso incluem-se os tubos de cerâmica, de fibrocimento, de concreto armado e concreto simples.

Tubos semirígidos

Os *tubos semirígidos* são aqueles que ao serem submetidos a cargas de compressão diametral, podem sofrer deformações entre 0,1% (um décimo por cento) a 3% (três por cento) do diâmetro, medidas na direção de atuação das cargas, sem apresentarem fissuras prejudiciais a sua estrutura. Neste grupo estão os tubos de ferro fundido cinzento, ferro dúctil revestido com argamassa de cimento, de concreto protendido.

Tubos flexíveis

Os *tubos flexíveis* são aqueles que ao serem submetidos a cargas de compressão diametral, podem sofrer deformações superiores a 3% (três por cento) do diâmetro medidas na direção de atuação das cargas, sem apresentarem fissuras prejudiciais a sua estrutura.

Neste caso incluem-se os tubos de aço, de ferro dúctil sem revestimento de argamassa de cimento, de PVC rígido e tubos de polietileno.

As juntas dos tubos podem ser: rígidas, semi-rígidas e flexíveis.

Manilhas cerâmicas

Os coletores prediais normalmente são feitos com manilhas cerâmicas, entretanto, novos materiais surgem no mundo, como o PVC.

Os tubos de manilhas cerâmicas apesar de serem ótimos, apresentam o calcanhar de Aquiles, que são as juntas. As juntas das manilhas deverão, de preferência, ser flexíveis ou semi-rígidas. As juntas elásticas são flexíveis e as juntas de estopa alcatroada e asfalto preparado são semi-rígidas.

São condenados o uso do concreto e da tabatinga, pois teremos então junta rígida, podendo haver facilmente trinca nos tubos. Na prática a junta semi-rígida de estopa e asfalto preparado, devido ao não controle de qualidade do asfalto, a junta será rígida na maioria das vezes e não semi-rígida.

No caso de juntas elásticas de manilhas cerâmicas, não há padronização brasileira e as mesmas são feitas fora de quaisquer normas, mesmo estrangeiras, havendo dúvidas quanto a sua durabilidade.

Fibrocimento

No caso de tubos de fibrocimento, o mesmo está em completo desuso.

Tubos de PVC

O SAAE de Guarulhos usa tubo de PVC com junta elástica, que segue as normas brasileiras NBR 7362/83 e ABNT EB 644 e as normas DIN da Alemanha. Trata-se de tubo especial, não vendido comumente em depósitos de materiais, face ao seu uso restrito.

O diâmetro mínimo dos tubos de PVC para redes coletoras é de 150mm e para coletores prediais é de 100 mm. O tubo de PVC pode ser atacado por ácidos e solvente orgânicos, bem como por produtos clorados, como o tetracloreto de carbono. Felizmente, face ao alto custo de tais produtos, raramente os mesmos são lançados nos esgotos sanitários pelos industriais.

Coletor Predial de 150mm

Para ligação de esgoto de 150mm pode ser feitas duas ligações de 100mm, visto que a maioria de nossas redes o diâmetro mínimo é de 150mm.

Há casos também quando o diâmetro da ligação é acima de 100mm, pode ser fazer com o diâmetro, por exemplo, de 150 mm e executar um poço de visita na rede ao invés de se utilizar tê ou selim.

Profundidade dos Coletores Prediais

Conforme Fig. 4.5 citada por Fernandez,1997 a profundidade do coletor é fornecida pela expressão:

$$H_{\min} = h + 0,50m + 0,02 L + 0,30m + (D+e)$$

Sendo:

H_{\min} = profundidade mínima do coletor público;

h = desnível do leito da rua com o piso do compartimento mais baixo;

0,50m = profundidade aproximada da caixa de inspeção mais próxima;

0,02 = declividade mínima para ramais prediais em m/m;

L = distância da caixa de inspeção até o eixo do coletor;

0,30m = altura mínima para conexão entre os ramais prediais;

D = diâmetro externo do tubo coletor público em metros;

e = espessura da parede do tubo em metros.

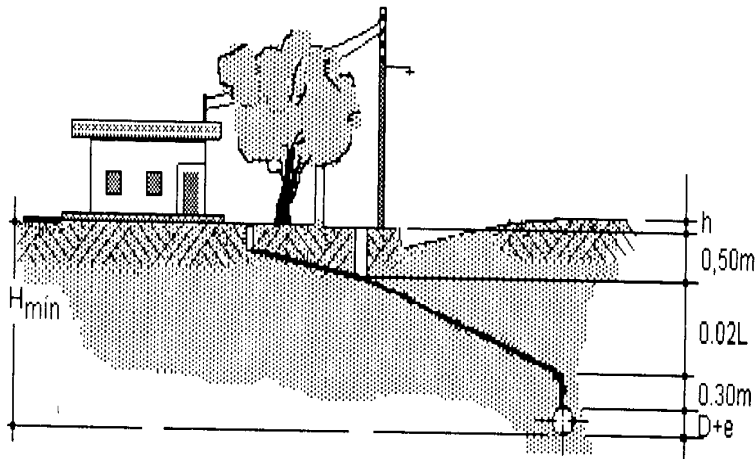


Figura 5.4: Posição do coletor em perfil
Fonte: Fernandes, 1997

A profundidade máxima do coletor público é de modo geral de 6,00m, mas quando isto acontece, são construídos redes coletoras de esgoto sanitário nos passeios, a fim de se evitar cortes com grandes dificuldades e custos elevados.

8 Movimento não-permanente (*Unsteady flow*) nos coletores prediais

Segundo Pimenta, 1981 o movimento é *permanente* quando a velocidade local num ponto é invariante com o tempo (Steady flow).

Diz-se que o movimento é *não-permanente* se a velocidade local em um ponto depende do tempo (Unsteady flow ou Transient flow). Recordando ainda a hidráulica, o escoamento também pode ser classificado no espaço.

Assim o movimento permanente é uniforme quando as velocidades locais são paralelas entre si e conservam o valor constante ao longo de uma mesma trajetória. O movimento permanente é variado quando as velocidades locais não são paralelas entre si.

Conforme Yen, 1996, quanto aos efeitos da viscosidade, o escoamento pode ser *laminar ou turbulento*. Quanto aos efeitos da gravidade o escoamento pode ser *subcrítico ou supercrítico*.

O escoamento nas instalações de esgoto sanitário de um prédio é não- permanente, pois, os parâmetros hidráulicos, como vazão, profundidade, superfície molhada, variam num ponto com o tempo, como se pode ver na Figura 4.6 através das medições feitas por Macedo, 1979 no Rio de Janeiro.

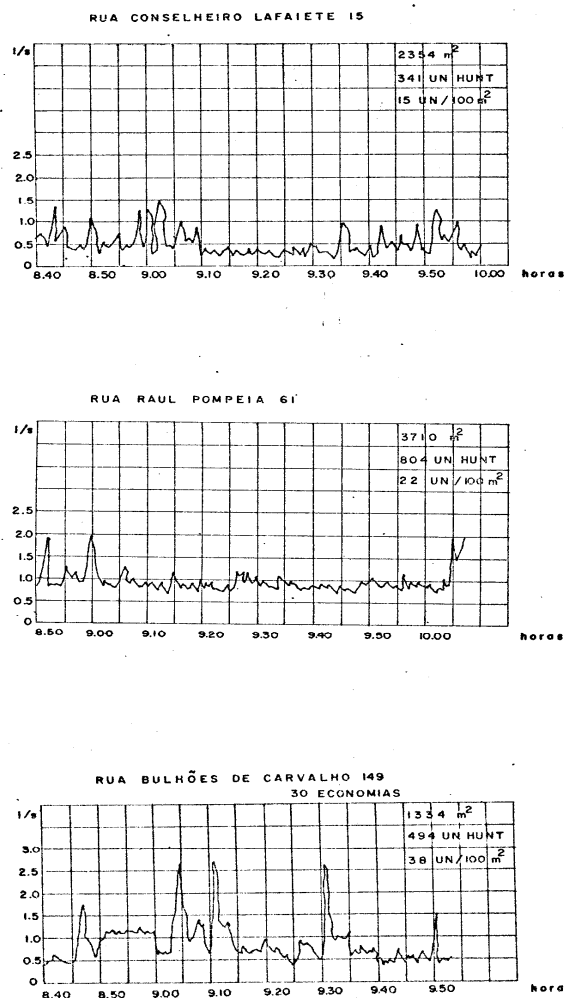


Figura 6.4: Medições em coletores prediais feitas no Rio de Janeiro usando calha medidora Palmer-Bowlus.

Fonte: Macedo, 1979

O regime não-permanente pode ser calculado pelo Método das Características para resolver por computador eletrônico, as equações de movimento e da continuidade. Isto apresentado em São Paulo no período de 14 a 16 de setembro de 1987 no Seminário Internacional CIB W62 em trabalho apresentado por J.^a Swaffield e L.S. Galowin, denominado Unsteady flow analysis for building drainage networks.

No trabalho foi estabelecido um modelo de transientes hidráulicos para tubos a seção variável e seção plena.

O artigo diz ainda que normalmente o movimento do esgoto sanitário dentro de um edifício é supercrítico, entretanto o limite da tubulação, transforma o escoamento subcrítico. Quando o escoamento se aproxima do diâmetro do tubo, também a superfície livre "T", tende a zero e a área molhada tende a ser a seção transversal do tubo, de maneira que a velocidade da onda "c", cresce rapidamente:

$$c = \sqrt{g h / T}$$

Conforme Fig. 4.7, a vazão limite Q_e é dada por:

$$gA_1 h + Q_e / A_1 = g \pi D^3 / 8 + 4 Q_e / \pi D^2$$

onde:

g = aceleração da gravidade;

A_1 = área molhada na seção 1;

h = profundidade do centróide na seção 1;

D = diâmetro da tubulação;

Q_e = vazão limite.

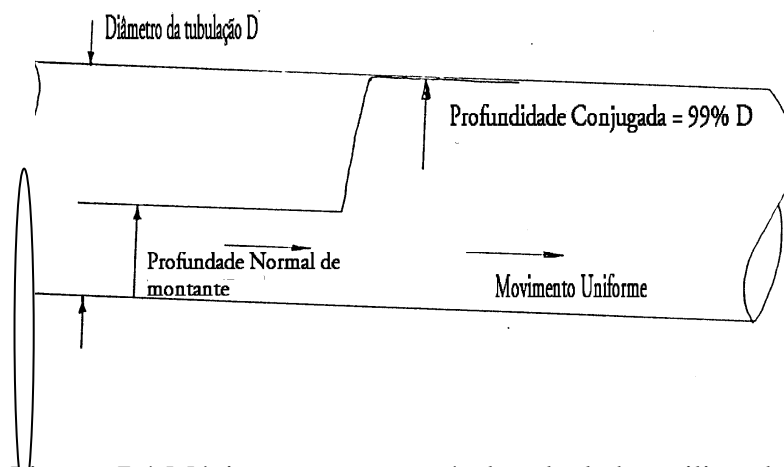


Figura 7.4-Máxima vazão possível calculado utilizando as equações do ressalto hidráulico para achar o escoamento supercrítico que tem a profundidade conjugada igual a 99% do diâmetro do tubo coletor.

Fonte: Swaffield e Galowin, 1987.

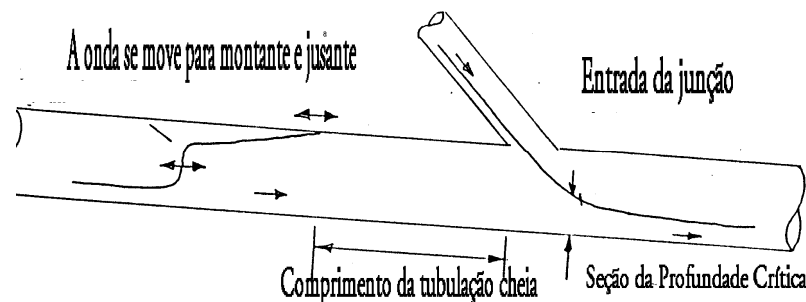


Figura 8.4-Esquema do escoamento a seção plena, mostrando os transientes no tubo principal a entrada na junção.

Fonte: Swaffield e Galowin, 1987.

Então Q_e se torna a descarga limite de um escoamento a seção plena. O volume e o comprimento da seção plena pode ser determinado pela seguinte relação:

$$Vol_t = Vol_{t-t} + \Delta t (Q_{in} - Q_e)$$

Onde Vol é volume de extensão em que a tubulação está a seção plena Figura 4.8 e 4.9.

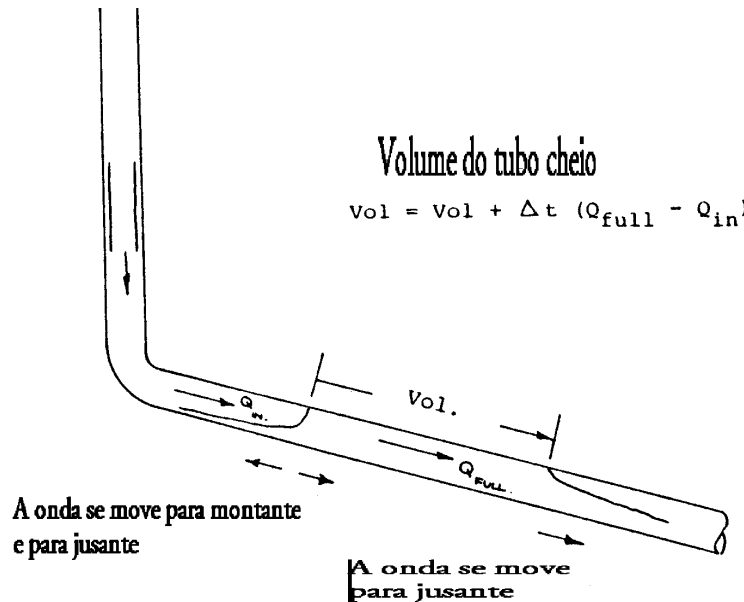


Figura 9.4-Escoamento no coletor mostrando o volume de tubulação a seção plena. Teste feito com tubos de 5m de comprimento, declividade de 0,02m/m e diâmetro de 75mm.

Fonte: Swaffield e Galowin, 1987.

Revisado em 17 de setembro de 1999***9 Vazão máxima no coletor predial baseada nas medições de Macedo, 1979***

O engenheiro Eugênio Silveira de Macedo apresentou no 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado em Manaus no período de 21 a 26 de janeiro de 1979, um trabalho denominado Reajustamento dos Parâmetros de Cálculo do Escoamento Sanitário Predial.

Macedo fez medições do escoamento de esgoto sanitário na cidade do Rio de Janeiro, usando a calha medidora Palmer-Bowlus. A pesquisa foi feita em vinte bacias de coleta de esgotos sanitários, contendo cada uma delas em média 1.000 economias e 4.500 moradores. Com auxílio das plantas dos edifícios determinou a área construída ou área edificada de piso, bem como o número total de unidades Hunter e número de moradores.

Utilizando-se os conceitos do método probabilístico de Hunter, Macedo conseguiu duas equações que representassem a vazão máxima no coletor predial e subcoletores conforme mostra Figura 10.4.

$$Q_{\text{máximo}} = 0,002 \times \text{UHC} + 2 \quad (4.7)$$

ou

$$Q_{\text{máximo}} = 0,0004 \times E + 2 \quad (4.8)$$

UHC= número total de Unidade Hunter de Contribuição;

E= área total edificada em metros quadrados;

Q= vazão máxima (litros/segundo)

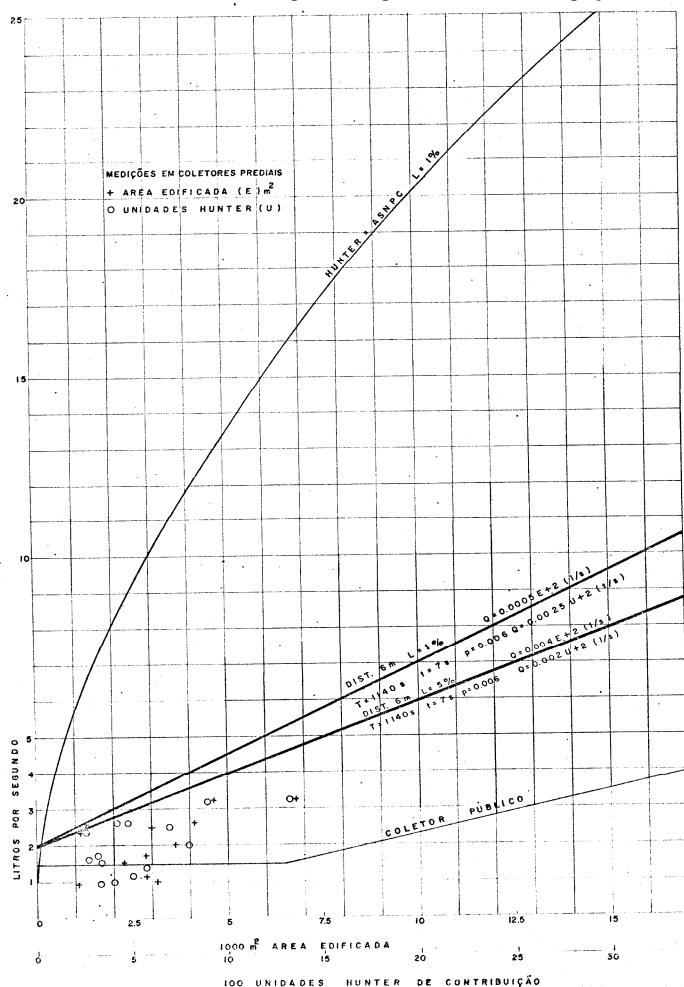


Figura 10.4-Curva obtida com dados experimentais com probabilidade $L=5\%$, comparando-se com Hunter com $L=1\%$, em função do número total de unidades Hunter de contribuição e da área edificada.

Como se vê, com as fórmulas acima se calcula facilmente o valor da vazão máxima a ser considerada no cálculo do coletor predial de esgoto sanitário.

Tendo a vazão, ou o número total de Unidades Hunter de Contribuição ou a área total edificada em metros quadrados, entra-se na tabela e escolhe-se o diâmetro e a declividade.

Na Tabela 1.4 original do Macedo, os coletores prediais de esgoto sanitário com lâmina d'água de 50% (cinquenta por cento) do diâmetro usando o coeficiente de rugosidade de Manning igual a 0,013.

Tabela 1.4-Original do Macedo: coletores e subcoletores Prediais conforme Macedo,1979

Diâmetro nominal DN	Porcentagem %	Declivida de m/m	Vazão litros/segundo	Unidades UHC	Área Edificada em m ²
100	1	0,01	6	2.000	10.000
100	2	0,02	6	2.000	10.000
100	4	0,04	7	2.500	12.500
150	1	0,01	10	4.000	20.000
150	2	0,02	12	5.000	25.000
150	4	0,04	13	5.500	27.500
200	0,5	0,005	17	7.500	37.500
200	1	0,01	18	8.000	40.000
200	2	0,02	19	8.500	42.500
200	4	0,04	21	9.500	47.500
250	0,5	0,005	23	10.500	52.500
250	1	0,01	25	11.500	57.500
250	2	0,02	30	14.000	70.000
250	4	0,04	36	17.000	85.000
300	0,5	0,005	33	15.500	77.500
300	1	0,01	39	18.500	92.500
300	2	0,02	45	21.500	107.500
300	4	0,04	51	24.500	122.500

Fonte: Macedo,1979, ABES, Manaus.

Nota 1: Para indústrias ou comércio, adotar 70% (setenta por cento) da vazão máxima

Nota 2: calculada segundo Macedo a meia seção e n=0,013

Baseado nas fórmulas obtidas pelo Macedo, recalculamos a vazão máxima no coletor predial, usando n=0,013 a ½ seção conforme Tabela 2.4 a a ¾ da seção conforme Tabela 3.4.

Tabela 2.4-Recalculada do Macedo a ½ seção: coletores e subcoletores Prediais com rugosidade de Manning n=0,013, baseado nas fórmulas do Macedo.

Diâmetro nominal DN	Porcentagem %	Declividade m/m	Vazão litros/segundo	Unidades UHC	Área Edificada em m ²
100	1	0,01	2,6	295	1475
100	2	0,02	3,7	830	4150
100	4	0,04	5,2	1585	7925
150	1	0,01	7,6	2810	14050
150	2	0,02	10,8	4390	21950
150	4	0,04	15,3	6625	33125
200	0,5	0,005	11,6	4800	24000
200	1	0,01	16,4	7210	36050
200	2	0,02	23,2	10610	53050
200	4	0,04	32,8	15415	77075
250	0,5	0,005	21,0	9510	47550
250	1	0,01	29,8	13885	69425
250	2	0,02	42,1	20045	100225
250	4	0,04	59,5	28765	143825
300	0,5	0,005	34,2	16095	80475
300	1	0,01	48,4	23200	116000
300	2	0,02	68,4	33215	166075
300	4	0,04	96,8	47400	237000

Fonte: Macedo,1979, ABES, Manaus.

Nota: Para indústrias ou comércio, adotar 70% (setenta por cento) da vazão máxima

Tabela 3.4-Recalculada do Macedo a $\frac{3}{4}$ da seção: Dimensionamento de Coletores Prediais de Esgotos Sanitários a $\frac{3}{4}$ da seção para $n=0,013$ usando as fórmulas do Macedo para a vazão máxima devido a UHC e área edificada

Diâmetro Nominal DN	Porcentagem (%)	Declividade (metro/metro)	Vazão Máxima (litros/segundo)	Unidades UHC	Área Edificada (m ²)
100	1	0,01	4,71	1.355	6.775
100	2	0,02	6,66	2.330	11.650
100	3	0,03	8,16	3.080	15.400
100	4	0,04	9,42	3.710	18.550
150	1	0,01	13,82	5.910	29.550
150	2	0,02	19,54	8.770	43.850
150	3	0,03	23,93	10.965	54.825
150	4	0,04	27,63	12.815	64.075

Nota: baseado nas fórmulas do Macedo e no critério de tensão trativa média maior ou igual a 1Pa, conforme NBR 9649/86.

Exemplo de aplicação da Tabela do Macedo:

Seja um prédio residencial de 32 (trinta e dois) apartamentos, com 8 (oito) andares e com área construída de 2.800 m². Usando as tabelas de peso da NBR 8160/83 e como cada apartamento tem a somatória de 34 UHC teremos o total de 1.088 UHC, levando-se em conta todas as unidades Hunter de Contribuição do prédio, obtemos a Tabela 4.4.

Tabela 4.4-Quantificação dos Pesos por peça sanitária em um apartamento

Peça Sanitária	Quantidade de peças sanitárias	Peso	Subtotal dos Pesos
Vaso sanitário	2	6	12
Chuveiros de residência	2	2	4
Lavatório	2	2	4
Pia de residência	1	3	3
Tanque de Lavar	1	3	3
Máquina de lavar roupa	1	4	4
Máquina de lavar pratos	1	4	4
Total			34 UHC

Usando a fórmula do Macedo para UHC temos:

$$Q_{\text{máx}} = 0,002 \times \text{UHC} + 2 = 0,002 \times 1.088 + 2 = 4,18 \text{ litros/segundo.}$$

Entrando com a vazão máxima obtida de 4,18 litros/segundo, na Tabela 3.4, usando coletor a $\frac{3}{4}$ de seção e $n=0,013$, obtemos a declividade de 1% (0,01 m/m) para o diâmetro de 100mm.

Usando a área edificada

Sendo a área edificada de 2.800m^2 , usamos a fórmula:

$$Q_{\text{máx}} = 0,0004 \times E + 2 = 0,0004 \times 2.800\text{m}^2 + 2 = 3,12 \text{ litros/segundo.}$$

Que dará o mesmo resultado obtido anteriormente.

Usando critério da ABNT 8160/83

Para o mesmo caso, usemos a tabela da norma NBR 8160/83. Temos um prédio residencial com 32 apartamentos, a norma deve considerar somente as bacias sanitárias que tem peso=6. Portanto: 32 apart. x Peso 6 x 2 banheiros = 384 UHC. Entramos na Tabela 21.4 deste Capítulo, sobre Dimensionamento de Coletores Prediais da ABNT 8160/83 e encontraremos coletor predial com DN =150 e 1% de declividade.

Tabela 5.4-Comparação da ABNT NBR 8160/83 com fórmulas do Macedo,1979 UHC a ¾ da seção e n=0,013

Diâmetro DN	Declividade	Unidades Hunter de Contribuição	
		UHC	
		ABNT 8160/83 UHC é a soma total sem exclusão, exceto para prédios residenciais, onde se usam as bacias sanitárias ou outra contribuição maior.	Macedo,1979 UHC é a soma total sem exclusão
100	1%	180	1.355
100	2%	216	2.330
100	4%	250	3.710
150	1%	700	5.910
150	2%	840	8.770
150	4%	1.000	12.815

Fontes: ABNT NBR 8160/83 e fórmula do Macedo, 1979 para UHC a ¾ da seção e n=0,013.

Usando a fórmula do Macedo obtivemos coletor com DN=100 e 1% de declividade. Pela NBR 8160/83 obtivemos DN=150 e 1% de declividade, isto é, um diâmetro bem superior.

10 Parâmetros hidráulicos dos coletores**Manning**

A seção dos coletores prediais é sempre circular, variando somente o diâmetro, a declividade, e o tipo de material. A fórmula mais conhecida para dimensionamento usada no Brasil e nos Estados Unidos e demais países de língua inglesa, é a fórmula do engenheiro irlandês R. Manning (1816-1897) em 1889.

Na Europa geralmente é usada a fórmula de Strickler, que segundo Chaudhry é similar a fórmula de Manning.

Geralmente se apresenta a equação de Manning a $\frac{1}{2}$ seção, a $\frac{3}{4}$ da seção ou a seção plena. A equação de Manning para escoamento uniforme nas unidades do Sistema Internacional (S.I.), que serve para qualquer caso, conforme Metcalf&Eddy, 1981 é a seguinte:

$$v = (1/n) R_H^{2/3} I^{1/2} \quad (1.4)$$

ou em termos da vazão:

$$Q = v A = (1/n) A R_H^{2/3} I^{1/2} \quad (2.4)$$

Sendo:

v = velocidade média na seção em m/s;

n = coeficiente de Manning em $s/m^{1/3}$;

R_H = raio hidráulico em m;

I = declividade em m/m.;

Q = vazão em m^3/s .

O erro da vazão Q é diretamente proporcional ao erro do coeficiente de rugosidade de Manning ‘ n ’. Um erro de 10% no valor de previsão de n , ocasionará um erro de 10% na vazão. Por isso é muito importante a estimativa do valor de ‘ n ’ (Munson; Young; Okiishi, 1998, p. 656).

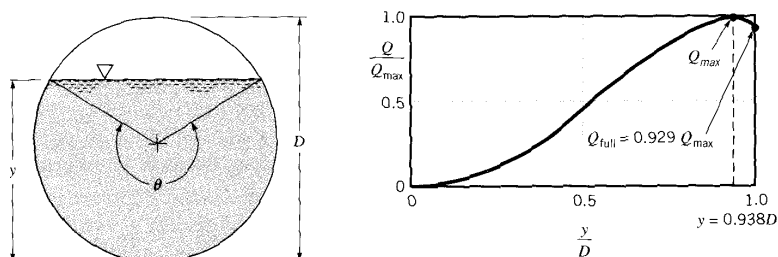


Figura 11.4: Seção molhada e curva da razão Q/Q_{max} .

Fonte: Munson; Young; Okiishi, 1998 p.659

Na Fig. 11.4, observa-se que a vazão máxima numa seção circular se dará quando $y=0,938D$ ou seja quando o ângulo central $\theta= 5,28 \text{ rad} = 303^\circ$. Neste caso $Q_{\text{seção cheia}} = 0,929 Q_{\text{máx.}}$

Para os valores entre $0,929 < Q/Q_{\text{máx}} < 1$ temos duas profundidades que dão a mesma vazão. Na prática isto é desprezível, visto as imprecisões de “n”.

Raio Hidráulico

O raio hidráulico é a relação entre a área molhada e o perímetro molhado.

$$R_H = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}} \quad (3.4)$$

Que pode ser calculado da Fórmula (1.4) de Manning, tirando-se o valor de R_H :

$$R_H = (v \cdot n / (I^{1/2}))^{3/2} \quad (4.4)$$

Tensão Trativa

Um parâmetro muito importante, é a tensão trativa média (ABNT NBR 9649/86) a qual sempre deverá ser maior ou igual que 1(um) Pascal ($\sigma_t \geq 1\text{Pa}$), quando o coeficiente de Manning $n=0,013$.

Deverá haver justificativa, quando o coeficiente de rugosidade "n" de Manning for diferente de $n=0,013$.

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_H \cdot I \quad (5.4)$$

sendo:

σ_t = tensão trativa em (N/m^2) Newton/ m^2 ou (Pa) Pascal;

γ = peso específico da água = 10^4 (N/m^3);

R_H = raio hidráulico (m);

I = declividade (m/m) metro/metro.

Declividade Mínima

A declividade mínima considerando $n=0,013$ pode ser calculada pela expressão aproximada (NBR 9649/86).

$$I = 0,0055 / Q^{0,47} \quad (6.4)$$

onde:

I= declividade mínima do coletor em m/m;

Q= vazão do coletor em litros/segundo.

Verificar que a fórmula só vale para $n=0,013$. A NBR 9649/86 diz ainda que para valores diferentes de $n=0,013$ deverão ser justificados os valores da tensão trativa média adotada, bem como da declividade mínima.

Observe entretanto, que a NBR 7367/88 referente a Projeto e Assentamento de Tubulações de PVC Rígido para Sistemas de Esgoto Sanitário, não fornece o valor do coeficiente de rugosidade de Manning.

Na prática é adotado $n=0,010$ para PVC, tendo em vistas as pesquisas efetuadas pela FEEMA em 1984. Adota-se também que a tensão trativa média seja maior ou igual a 1 Pa.

Velocidade Máxima

A normas ABNT NBR 9649/86 diz que o coletor predial é tratado na NBR 8160/83, isto é, o trecho compreendido entre o limite do terreno e o coletor público de esgoto sanitário.

Neste trabalho estamos considerando que o coletor predial é um coletor público, para o qual a vazão mínima a ser considerada é de *1,7 litros/segundo*, que é quando funciona um vaso sanitário

A NBR 9649/86 não define valor mínimo de velocidade. Somente o valor máximo que é de $v = 5 \text{ m/s}$. O valor da declividade máxima está também limitado ao valor da velocidade máxima.

Observar que não existe mais os limites inferiores da velocidade: 0,5 ou 0,6m/s. O importante é a tensão trativa média.

Velocidade Crítica

É muito importante que a *velocidade máxima no coletor predial seja menor que a velocidade crítica (v_c)* a qual é fornecida pela NBR 9649/86 usando dados experimentais onde se verificaram que a mistura água-ar se inicia quando o número de Boussinesq é igual a 6 (seis).

$$v_c = 6 (g R_H)^{1/2} \quad (7.4)$$

onde:

v_c = velocidade crítica m/s;

g = aceleração da gravidade $9,8 \text{ m/s}^2$;

R_H = raio hidráulico (m).

Se a velocidade for maior que a velocidade crítica, a lâmina máxima admissível deve ser de *50% do diâmetro do coletor*, para assegurar a *ventilação* no trecho.

Lamina d'água “y”

A NBR 9649/86 diz que a lâmina d'água admitido o escoamento em regime uniforme e permanente, deve ser sempre *inferior ou igual a 75% do diâmetro do coletor*.

Observar que se a velocidade for maior que a velocidade crítica, a lâmina d'água não poderá ser superior a 50% do diâmetro do coletor.

Conforme Munson, Young e Okiishi, 1998 p.660 temos:

$$y = (D/2) (1 - \cos(\theta/2))$$

11 Dimensionamento de coletores circulares usando tabela de parâmetros adimensionais conforme Neto, Araujo, Ito, 1998.

A tubulação transversal de um coletor pode funcionar a seção plena e a seção variável, onde o valor da lâmina d'água y é menor que o diâmetro.

Uma maneira prática de se calcular os parâmetros hidráulicos é usar as Tabelas 6.4, 7.4, 8.4 e 9.4 elaboradas pelos professores Ariovaldo Nuvolari e Acácio Eiji Ito da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP) e citado no livro Neto, Araújo, Ito, 1998.

Na prática existem dois tipos básicos de problema.

Dados Q, n, I, D achar $y = ?$

Dados y, n, I, D achar $Q = ?$

Onde:

Q = vazão no coletor em m^3/s ;

n = coeficiente de rugosidade de Manning ;

I = declividade do coletor em m/m ;

Y = lâmina d'água em m ;

D = diâmetro do coletor em m .

Primeiro problema: Dados Q, n, I, D achar y= ?

Dados:

Vazão no coletor predial = 6 L/s = 0,006 m³/s;

n=0,013;

D=0,100m.

I=0,02 m/m ou seja 2%.

Começamos calculando o parâmetro adimensional da Tabela 6.4.

$$Q \cdot n / (D^{8/3} \cdot I^{1/2}) = (0,006 \cdot 0,013) / 0,10^{8/3} \cdot 0,02^{1/2} = 0,256004$$

Consultando a Tabela 6.4 entrando com o numero adimensional 0,256004 achamos y/D = 0,69. Como o valor de D=0,10m teremos:

$$y = D \cdot 0,69 = 0,1 \cdot 0,69 = 0,069\text{m (altura da lâmina d'água)}$$

Calculemos a velocidade média v.

Da Tabela 6.4 usando y/D = 0,69 achamos o parâmetro adimensional 0,4429.

$$v \cdot n / D^{2/3} \cdot I^{1/2} = 0,4429$$

donde

$$v = (0,4429 \cdot D^{2/3} \cdot I^{1/2}) / n = (0,4429 \cdot (0,1^{2/3}) \cdot (0,02^{1/2})) / 0,013 = 1,03 \text{ m/s.}$$

Pela fórmula de Manning, tiremos o valor do raio hidráulico.

$$v = (1/n) R_H^{2/3} I^{1/2}$$

$$R_H = (v \cdot n / (I^{1/2}))^{3/2} = ((1,03 \cdot 0,013) / (0,02^{1/2}))^{3/2} = 0,029 \text{ m}$$

É importantíssimo calcularmos a tensão trativa.

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_H \cdot I$$

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_H \cdot I = 10.000 \cdot 0,029 \cdot 0,02 = 5,89 \text{ Pa} \gg 1 \text{ Pa}$$

Verifiquemos também a velocidade crítica

$$v_c = 6 (g R_H)^{1/2}$$

$$v_c = 6 (g R_H)^{1/2} = 6 \cdot (9,8 \cdot 0,029)^{1/2} = 3,2 \text{ m/s}$$

Verifiquemos que a velocidade média da seção molhada de 1,03m/s é menor que a velocidade crítica de 3,2 m/s.

Portanto, o diâmetro e a declividade adotados, atendem as condições hidráulicas da ABNT NBR 9649/86.

Segundo problema: Dados y , n , I , D achar Q= ?

Dados:

Vazão no coletor predial = ? m³/s;

n=0,013;

D=0,15m.

I=0,02 ou seja 2%.

y=0,1m (altura da lâmina d'água)

Solução:

Como temos a altura da lâmina d'água y=0,10m então temos a relação y/D

$$y/D = 0,1/0,15 = 0,666$$

Entrando na Tabela 6.4 com y/d=0,666 obtemos 0,2430

$$Q \cdot n / (D^{8/3} \cdot I^{1/2}) = Q \cdot 0,013 / 0,15^{8/3} \cdot 0,02^{1/2} = 0,2430$$

$$Q = (0,2430 / 0,013) \cdot 0,15^{8/3} \cdot 0,02^{1/2} = 0,0168 \text{ m}^3/\text{s}$$

Procuramos o valor da velocidade média e da tensão trativa. Da Tabela 6.4 tiremos o adimensional 0,4390 relativo a y/D= 0,666

$$v \cdot n / D^{2/3} \cdot I^{1/2} = 0,4390$$

donde

$$v = (0,4390 \cdot D^{2/3} \cdot I^{1/2}) / n = (0,4390 \cdot (0,15^{2/3}) \cdot (0,02^{1/2})) / 0,013 = 1,35 \text{ m/s}.$$

Pela fórmula de Manning, tiremos o valor do raio hidráulico.

$$v = (1/n) R_H^{2/3} I^{1/2}$$

$$R_H = (v \cdot n / (I^{1/2}))^{3/2} = ((1,35 \cdot 0,013) / (0,02^{1/2}))^{3/2} = 0,044 \text{ m}$$

É importantíssimo calcularmos a tensão trativa.

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_H \cdot I$$

$$\sigma_t = \gamma \cdot R_H \cdot I = 10.000 \cdot 0,044 \cdot 0,02 = 8,8 \text{ Pa} \gg 1 \text{ Pa}$$

Verifiquemos também a velocidade crítica

$$v_c = 6 (g R_H)^{1/2}$$

Revisado em 17 de setembro de 1999

$$v_c = 6 (g R_H)^{1/2} = 6 \cdot (9,8 \cdot 0,044)^{1/2} = 3,94 \text{ m/s}$$

Verifiquemos que a velocidade média da seção molhada de 1,35m/s é menor que a velocidade crítica de 3,94 m/s.

Portanto, o diâmetro e a declividade adotados, atendem as condições hidráulicas da ABNT NBR 9649/86.

Tabela 6.4-Condutos circulares

y/D	Q . n / (D ^{8/3} . I ^{1/2})	y/D	Q . n / (D ^{8/3} . I ^{1/2})
0,01	0,0001	0,51	0,1611
0,02	0,0002	0,52	0,1665
0,03	0,0005	0,53	0,1718
0,04	0,0009	0,54	0,1772
0,05	0,0015	0,55	0,1825
0,06	0,0022	0,56	0,1879
0,07	0,0031	0,57	0,1933
0,08	0,0041	0,58	0,1987
0,09	0,0052	0,59	0,2040
0,10	0,0065	0,60	0,2094
0,11	0,0079	0,61	0,2147
0,12	0,0095	0,62	0,2200
0,13	0,0113	0,63	0,2253
0,14	0,0131	0,64	0,2305
0,15	0,0151	0,65	0,2357
0,16	0,0173	0,66	0,2409
0,17	0,0196	0,67	0,2460
0,18	0,0220	0,68	0,2510
0,19	0,0246	0,69	0,2560
0,20	0,0273	0,70	0,2609
0,21	0,0301	0,71	0,2658
0,22	0,0331	0,72	0,2705
0,23	0,0362	0,73	0,2752
0,24	0,0394	0,75	0,2797
0,25	0,0427	0,75	0,2842
0,26	0,0461	0,76	0,2885
0,27	0,0497	0,77	0,2928
0,28	0,0534	0,78	0,2969
0,29	0,0571	0,79	0,3008
0,30	0,0610	0,80	0,3046

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 7.4-Condutos circulares

y/D	$Q \cdot n / (D^{8/3} \cdot I^{1/2})$	y/D	$Q \cdot n / (D^{8/3} \cdot I^{1/2})$
0,31	0,0650	0,81	0,3083
0,32	0,0691	0,82	0,3118
0,33	0,0733	0,83	0,3151
0,34	0,0776	0,84	0,3182
0,35	0,0819	0,85	0,3211
0,36	0,0864	0,86	0,3238
0,37	0,0909	0,87	0,3263
0,38	0,0956	0,88	0,3285
0,39	0,1003	0,89	0,3305
0,40	0,1050	0,90	0,3322
0,41	0,1099	0,91	0,3335
0,42	0,1148	0,92	0,3345
0,43	0,1197	0,93	0,3351
0,44	0,1247	0,94	0,3352
0,45	0,1298	0,95	0,3340
0,46	0,1349	0,96	0,3339
0,47	0,1401	0,97	0,3321
0,48	0,1453	0,98	0,3293
0,49	0,1505	0,99	0,3247
0,50	0,1558	1,00	0,3116

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 8.4-Conduitos circulares

y/D	Q. n/(y ^{8/3} . I ^{1/2})	y/D	Q. n/(y ^{8/3} . I ^{1/2})
0,01	10,1118	0,51	0,9705
0,02	7,1061	0,52	0,9529
0,03	5,7662	0,53	0,9339
0,04	4,9625	0,54	0,9162
0,05	4,4107	0,55	0,8989
0,06	4,0009	0,56	0,8820
0,07	3,6805	0,57	0,8654
0,08	3,4207	0,58	0,8491
0,09	3,2043	0,59	0,8332
0,10	3,0201	0,60	0,8176
0,11	2,8606	0,61	0,8022
0,12	2,7208	0,62	0,7872
0,13	2,5966	0,63	0,7724
0,14	2,4854	0,64	0,7579
0,15	2,3849	0,65	0,7436
0,16	2,2935	0,66	0,7295
0,17	2,2097	0,67	0,7872
0,18	2,1326	0,68	0,7724
0,19	2,0613	0,69	0,7579
0,20	1,9950	0,70	0,7436
0,21	1,9332	0,71	0,6624
0,22	1,8752	0,72	0,6496
0,23	1,8208	0,73	0,6360
0,24	1,7696	0,74	0,6244
0,25	1,7212	0,75	0,6120
0,26	1,6753	0,76	0,5998
0,27	1,6318	0,77	0,5878
0,28	1,5903	0,78	0,5758
0,29	1,5509	0,79	0,5640
0,30	1,5132	0,80	0,5523

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 9.4-Condutos circulares

y/D	Q. n/(y^{8/3} . I^{1/2})	y/D	Q. n/(y^{8/3} . I^{1/2})
0,31	1,4771	0,81	0,5407
0,32	1,4426	0,82	0,5293
0,33	1,4094	0,83	0,5179
0,34	1,3776	0,84	0,5066
0,35	1,3469	0,85	0,4953
0,36	1,3174	0,86	0,4842
0,37	1,2889	0,87	0,4731
0,38	1,2614	0,88	0,4620
0,39	1,2348	0,89	0,4509
0,40	1,2091	0,90	0,4399
0,41	1,1841	0,91	0,4289
0,42	1,1600	0,92	0,4178
0,43	1,1365	0,93	0,4066
0,44	1,1138	0,94	0,3954
0,45	1,0916	0,95	0,3840
0,46	1,0701	0,96	0,3723
0,47	1,0491	0,97	0,3602
0,48	1,0287	0,98	0,3475
0,49	1,0088	0,99	0,3335
0,50	0,9894	1,00	0,3116

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 10.4-Condutos circulares

y/D	v. n / (D^{2/3} . I^{1/2})	y/D	v. n / (D^{2/3} . I^{1/2})
0,01	0,0353	0,51	0,4002
0,02	0,0559	0,52	0,4034
0,03	0,0730	0,53	0,4065
0,04	0,0881	0,54	0,4095
0,05	0,1019	0,55	0,4124
0,06	0,1147	0,56	0,4153
0,07	0,1267	0,57	0,4180
0,08	0,1381	0,58	0,4206
0,09	0,1489	0,59	0,4231
0,10	0,1592	0,60	0,4256
0,11	0,1691	0,61	0,4279
0,12	0,1786	0,62	0,4301
0,13	0,1877	0,63	0,4323
0,14	0,1965	0,64	0,4343
0,15	0,2051	0,65	0,4362
0,16	0,2133	0,66	0,4381
0,17	0,2214	0,67	0,4398
0,18	0,2291	0,68	0,4414
0,19	0,2367	0,69	0,4429
0,20	0,2441	0,70	0,4444
0,21	0,2512	0,71	0,4457
0,22	0,2582	0,72	0,4469
0,23	0,2650	0,73	0,4480
0,24	0,2716	0,74	0,4489
0,25	0,2780	0,75	0,4498
0,26	0,2843	0,76	0,4505
0,27	0,2905	0,77	0,4512
0,28	0,2965	0,78	0,4517
0,29	0,3023	0,79	0,4520
0,30	0,3080	0,80	0,4523

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 11.4-Condutos circulares

y/D	$v. n / (D^{2/3} \cdot I^{1/2})$	y/D	$v. n / (D^{2/3} \cdot I^{1/2})$
0,31	0,3136	0,81	0,4524
0,32	0,3190	0,82	0,4524
0,33	0,3243	0,83	0,4522
0,34	0,3295	0,84	0,4519
0,35	0,3345	0,85	0,4514
0,36	0,3394	0,86	0,4507
0,37	0,3443	0,87	0,4499
0,38	0,3490	0,88	0,4489
0,39	0,3535	0,89	0,4476
0,40	0,3580	0,90	0,4462
0,41	0,3624	0,91	0,4445
0,42	0,3666	0,92	0,4425
0,43	0,3708	0,93	0,4402
0,44	0,3748	0,94	0,4376
0,45	0,3787	0,95	0,4345
0,46	0,3825	0,96	0,4309
0,47	0,3863	0,97	0,4267
0,48	0,3899	0,98	0,4213
0,49	0,3934	0,99	0,4142
0,50	0,3968	1,00	0,3968

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 12.4-Condutos circulares

y/D	v. n/(y^{2/3} . I^{1/2})	y/D	v. n/(y^{2/3} . I^{1/2})
0,01	0,7608	0,51	0,6260
0,02	0,7584	0,52	0,6238
0,03	0,7560	0,53	0,6207
0,04	0,7536	0,54	0,6176
0,05	0,7511	0,55	0,6144
0,06	0,7487	0,56	0,6112
0,07	0,7463	0,57	0,6080
0,08	0,7438	0,58	0,6048
0,09	0,7414	0,59	0,6015
0,10	0,7389	0,60	0,5982
0,11	0,7365	0,61	0,5949
0,12	0,7340	0,62	0,5916
0,13	0,7315	0,63	0,5882
0,14	0,7290	0,64	0,5848
0,15	0,7265	0,65	0,5814
0,16	0,7239	0,66	0,5779
0,17	0,7214	0,67	0,5744
0,18	0,7188	0,68	0,5709
0,19	0,7163	0,69	0,5673
0,20	0,7137	0,70	0,5637
0,21	0,7111	0,71	0,5600
0,22	0,7085	0,72	0,5563
0,23	0,7059	0,73	0,5525
0,24	0,7033	0,74	0,5487
0,25	0,7007	0,75	0,5449
0,26	0,6980	0,76	0,5410
0,27	0,6954	0,77	0,5371
0,28	0,6827	0,78	0,5330
0,29	0,6900	0,79	0,5290
0,30	0,6873	0,80	0,5248

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

Tabela 13.4-Condutos circulares

y/D	$v \cdot n / (y^{2/3} \cdot I^{1/2})$	y/D	$v \cdot n / (y^{2/3} \cdot I^{1/2})$
0,31	0,6846	0,81	0,5206
0,32	0,6819	0,82	0,5164
0,33	0,6791	0,83	0,5120
0,34	0,6764	0,84	0,5076
0,35	0,6736	0,85	0,5030
0,36	0,6708	0,86	0,4984
0,37	0,6680	0,87	0,4936
0,38	0,6652	0,88	0,4888
0,39	0,6623	0,89	0,4838
0,40	0,6595	0,90	0,4786
0,41	0,6566	0,91	0,4733
0,42	0,6537	0,92	0,4678
0,43	0,6508	0,93	0,4620
0,44	0,6479	0,94	0,4560
0,45	0,6449	0,95	0,449,6
0,46	0,6420	0,96	0,4428
0,47	0,6390	0,97	0,4354
0,48	0,6360	0,98	0,4271
0,49	0,6330	0,99	0,4170
0,50	0,6299	1,00	0,3968

Fonte: Netto, Fernandez, Araujo e Ito, 1998

12 Dimensionamento de coletores circulares usando tabela da ABNT NBR8160/83

Trata-se de achar o diâmetro e a declividade do coletor predial, definindo portanto, o material a ser usado.

Unidades Hunter de Contribuição (UHC).

É o fator probabilístico numérico que representa a frequência habitual de utilização associada à vazão típica de cada uma das diferentes peças de um conjunto de aparelhos heterogêneos em funcionamento simultâneo em hora de contribuição máxima no hidrograma unitário. Ver Tabelas 14.4 e 15.4.

Tabela 14.4—Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos Aparelhos Sanitários e Diâmetro nominais dos Ramais de Descarga

Aparelho	Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC)	Diâmetro Nominal do Ramal de Descarga DN
Bacia de Assento (hidroterápica)	2	40
Banheira de emergência (hospital)	4	40
Banheira de residência	3	40
Banheira de uso geral	4	40
Banheira hidroterápica-fluxo contínuo	6	75
Banheira infantil (hospital)	2	40
Bebedouro	0,5	30
Bidê	2	30
Chuveiro coletivo	4	40
Chuveiro de residência	2	40
Chuveiro hidroterápico	4	75
Chuveiro hidroterápico tipo tubular	4	75
Ducha escocesa	6	75
Ducha perineal	2	30
Lavador de comadre	6	100
Lavatório de residência	1	30
Lavatório geral	2	40
Lavatório quarto de enfermeira	2	40
Lava pernas (hidroterápico)	3	50
Lava braços (hidroterápico)	3	50
Lava pés (hidroterápico)	2	50

Fonte: ABNT NBR 8160/83

Tabela 15.4–Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos Aparelhos Sanitários e Diâmetro nominais dos Ramais de Descarga
(continuação)

Aparelho	Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC)	Diâmetro Nominal do Ramal de Descarga DN
Mictório-válvula de descarga	6	75
Mictório- caixa de descarga	5	50
Mictório- descarga automática	2	40
Mictório de calha por metro	2	50
Mesa de autópsia	2	40
Pia de residência	3	40
Pia de serviço (despejo)	5	75
Pia de lavatório	2	40
Pia de lavagem de instrumentos (hospital)	2	40
Pia de cozinha industrial- preparação	3	40
Pia de cozinha industrial – lavagem de panelas	4	50
Tanque de Lavar roupa	3	50
Máquina de lavar pratos	4	75
Máquina de lavar roupa	4	75
Máquina de lavar roupa até 30 kg	10	75
Máquina de lavar roupa de 30 kg até 60 k g	12	100
Máquina de lavar roupa acima de 60 kg	14	150
Vaso Sanitário	6	100

Fonte: ABNT-NBR 8160/83

Nota: o diâmetro nominal deve ser considerado como diâmetro mínimo.

Quando a Tabela 14.4 e 15.4 não contém o número de unidades Hunter de Contribuição de um aparelho não relacionado, adota-se o número de Hunter conforme o diâmetro nominal do ramal de descarga, conforme Tabela 16.4.

Tabela 16.4-Unidades Hunter de contribuição de aparelhos não relacionados na tabela acima.

Diâmetro nominal do ramal de descarga DN	Número de unidades Hunter de Contribuição
30 ou menor	1
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: ABNT NBR 8160/83

A NBR 8160/83 apresenta tabela para dimensionamento dos coletores prediais, baseado no número de Unidades Hunter de Contribuição. Para dimensionamento do coletor predial, segundo a norma citada, deve ser considerado apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro, quando o prédio for residencial.

Deve ser frisado, que para somente para prédios residenciais, deve ser usado o aparelho de maior descarga de cada banheiro, que no Brasil, usualmente é o vaso sanitário, cujo número de unidades Hunter de contribuição é 6(seis).

A NBR 8160/83 é bem clara que prédios não residenciais, devem ser considerados todos os aparelhos contribuintes.

Calculado o número total de unidades Hunter de Contribuição usando as tabelas acima já mencionadas, entra-se em na Tabela numero da ABNT, que fornece o diâmetro do coletor predial em função da declividade em porcentagem

Tabela 17.4-Dimensionamento de coletores prediais e subcoletores segundo ABNT 8160/83

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades Hunter de contribuição			
	Declividades mínimas (%)			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1.000
200	1.400	1.600	1.920	2.300
250	2.500	2.900	3.500	4.200
300	3.900	4.600	5.600	6.700
400	7000	8.300	10.000	12.000

Fonte: ABNT NBR 8160/83

13 Dimensionamento do Coletor Predial pelo método Racional proposto por Gonçalves, Ilha, Santos

Foram apresentados até o momento três maneiras de se dimensionar o coletor predial. Uma obedecendo-se a ABNT baseado na quantidade de Unidades Hunter de Contribuição (UHC), que ocasiona o super dimensionamento do coletor predial externo.

A Segunda é baseada também no número total de UHC e baseada em medições de esgoto sanitário nos coletores prediais do Rio de Janeiro elaborada pelo Macedo. A terceira é também baseada nas pesquisas do Macedo no Rio de Janeiro, mas em função da área construída. A Quarta maneira é baseada na distribuição binomial de probabilidades e foram chamados por Gonçalves, Ilha e Santos, 1998 de "**dimensionamento racional do coletor predial**".

Gonçalves, Ilha e Santos, 1998, EPUSP p. 47, explicam o dimensionamento racional, que pode ser utilizado no coletor predial.

O diâmetro do coletor predial "D" conforme fórmula de Manning a 1/2 seção é dado por:

$$D = \frac{n^{3/8} Q^{3/8} I^{-3/16}}{6,644} \quad (6.5)$$

O diâmetro do coletor predial D a 3/4 da seção é dado por:

$$D = \frac{n^{3/8} Q^{3/8} I^{-3/16}}{8,320} \quad (7.4)$$

onde:

D = diâmetro do coletor predial em metros;

n = coeficiente de Manning;

Q = vazão no coletor predial em litros/segundo;

I = declividade do coletor predial em metro/metro.

É importante observar que Gonçalves, Ilha e Santos, 1998 colocaram em seu trabalho a opção da vazão a 3/4 da seção.

O valor de **Q** é dado por:

$$Q = \sum_{i=1}^N (m_i q_i) \quad (8.4)$$

onde:

N = número de *tipos* de aparelhos sanitários que contribuem para o coletor predial;

m_i = número de aparelhos sanitários do tipo “i” a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha;

q_i = vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo “i” conforme tabela 22.4.

Conforme Gonçalves, Ilha e Santos, 1998 para se determinar o valor de m_i usam-se tabelas da *distribuição binomial de probabilidades*. A utilização destas tabelas requer o estabelecimento do percentual de falhas que se deseja trabalhar, onde é citado o exemplo: m_x=2 quando existem 35 aparelhos sanitários, onde o intervalo de tempo médio entre duas descargas é de quinze minutos e a duração média de descarga é de dez segundos e o fator de falha é de 5,0%, por exemplo.

O *fator de falha* deve ser introduzido pelo projetista. Tal procedimento deve ser repetido para cada tipo de aparelho sanitário, onde o total de tipos é o número N.

$$p = \frac{t}{T}$$

Sendo:

p= probabilidade de uso do aparelho;

t= duração média da descarga do aparelho;

T= intervalo de tempo médio entre duas descargas consecutivas do aparelho sanitário.

Caso adotássemos fator de falha de 1% como Hunter, teremos a Tabela 18.4, ainda conforme Gonçalves,1978 p.119.

Tabela 18.4-Valores Limites de "p" Binomial para fator de falha igual a 1% ou 0,01.

Número Total de Aparelhos - n	Número de Aparelhos em Uso Simultâneo - m																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1																			
2	0,09	1																		
3	0,05	0,31	1																	
4	0,04	0,14	0,31	1																
5	0,03	0,10	0,22	0,39	1															
6	0,02	0,08	0,17	0,29	0,46	1														
7	0,02	0,07	0,14	0,23	0,35	0,51	1													
8	0,01	0,06	0,12	0,19	0,29	0,41	0,56	1												
9	0,01	0,05	0,10	0,17	0,25	0,34	0,45	0,59	1											
10	0,01	0,04	0,09	0,15	0,21	0,29	0,38	0,49	0,63	1										
11	0,01	0,04	0,08	0,13	0,19	0,26	0,33	0,42	0,53	0,65	1									
12	0,01	0,03	0,07	0,12	0,17	0,23	0,30	0,37	0,46	0,56	0,68	1								
13	0,01	0,03	0,06	0,11	0,16	0,21	0,27	0,33	0,41	0,49	0,58	0,70	1							
14	0,01	0,03	0,06	0,10	0,14	0,19	0,24	0,30	0,37	0,44	0,52	0,61	0,71	1						
15	0,01	0,03	0,05	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,40	0,47	0,54	0,63	0,73	1					
16	--	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,43	0,49	0,56	0,65	0,75	1				
17	--	0,02	0,05	0,08	0,11	0,15	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,45	0,52	0,59	0,66	0,76	1			
18	--	0,02	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22	0,27	0,31	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,68	0,77	1		
19	--	0,02	0,04	0,07	0,10	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44	0,50	0,56	0,62	0,69	0,78	1	
20	--	0,01	0,04	0,06	0,09	0,12	0,16	0,19	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,46	0,52	0,57	0,64	0,71	0,79	1
50	--	--	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25

p - probabilidade de que um dado aparelho esteja em funcionamento

$m \geq n \cdot p + 3 \sqrt{n \cdot p(1-p)}$

$\epsilon = 0,01$

Para valores acima de n=20 Gonçalves,1978 sugere a seguinte *aproximação* da distribuição binomial. Assim, o valor de "m" a ser considerado, deve ser o menor inteiro que satisfaça a desigualdade abaixo:

$$m \geq n \cdot p + 3 \sqrt{n \cdot p(1-p)}$$

Exemplo: para p=0,03 (probabilidade de uso do aparelho) e n=50 (quantidade de aparelhos)

$$m \geq n \cdot p + 3 \sqrt{n \cdot p(1-p)} = 50 \times 0,03 + 3 \sqrt{50 \times 0,03(1-0,03)} = 5,12$$

que é aproximadamente **m=6**

Tabela 19.4-Vazões nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho Sanitário	Ponto de Consumo	Vazão de Projeto(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
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Máquina de lavar roupas ou pratos	Registro de Pressão	0,30
Mictório cerâmico com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
Mictório cerâmico sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25
Pia	Torneira elétrica	0,10
Tanque	Torneira	0,25
Torneira de Jardim ou lavagem geral	Torneira	0,20

Fonte: NBR 5626/ setembro de 1998

As Tabelas 20.4, 21.4, 22.4, e 23.4 constam as vazões em litros/segundo a $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{2}$ da seção, dos principais diâmetros dos coletores externos de esgotos sanitários com as declividades usuais e com os materiais usados no Brasil (PVC e manilhas de cerâmicas).

Tabela 20.4-Vazão máxima em litros/segundo no coletor predial com escoamento a $\frac{3}{4}$ da seção para n=0,010 (PVC)

Diâmetro nominal	Declividades (%)						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
100	6,12	7,50	8,66	9,68	10,61	11,46	12,25
150	18,05	22,11	25,53	28,55	31,27	33,78	36,11
200	38,88	47,62	54,99	61,48	67,34	72,74	77,76
250	70,50	86,34	99,70	111,47	122,10	131,89	140,99
300	114,64	140,40	162,12	181,25	198,55	214,46	229,27

Tabela 21.4- Vazão máxima em litros/segundo no coletor predial com escoamento a $\frac{3}{4}$ da seção para n=0,013 (manilhas)

Diâmetro nominal	Declividades (%)						
	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	3,5%	4%
100	4,71	5,77	6,66	7,45	8,16	8,81	9,42
150	13,89	17,01	19,64	21,96	24,05	25,98	27,78
200	29,91	36,63	42,30	47,29	51,80	55,95	59,82
250	54,23	66,42	76,69	85,74	93,93	101,45	108,46
300	88,18	108,00	124,71	139,43	152,73	164,97	176,36

Tabela 22.4-Vazão máxima em litros/segundo no coletor predial com escoamento a $\frac{1}{2}$ da seção para n=0,010 (PVC)

Diâmetro nominal	Declividades (%)						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
100	3,36	4,12	4,75	5,31	5,82	6,29	6,72
150	9,91	12,14	14,01	15,67	17,16	18,54	19,82
200	21,34	26,14	30,18	33,74	36,96	39,93	42,68
250	38,69	47,39	54,72	61,18	67,02	72,39	77,39
300	62,92	77,06	88,99	99,49	108,98	117,72	125,84

Tabela 23.4-Vazão máxima em litros/segundo no coletor predial com escoamento a $\frac{1}{2}$ da seção para $n=0,013$ (manilhas)

Diâmetro nominal	Declividades (%)						
	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	3,5%	4%
DN							
100	2,59	3,17	3,66	4,09	4,48	4,84	5,17
150	7,62	9,34	10,78	12,05	13,20	14,26	15,25
200	16,42	20,11	23,22	25,96	28,43	30,71	32,83
250	29,77	36,45	42,09	47,06	51,55	55,69	59,53
300	48,40	59,28	68,45	76,53	83,83	90,55	96,80

Exemplo de aplicação

Seja um prédio de apartamento com 64 vasos sanitários com válvula de descarga, 64 chuveiros elétricos, 64 lavatórios, 32 pias de cozinha com torneira elétrica, 32 tanques de lavar roupas, 32 máquina de lavar roupas e 32 máquinas de lavar pratos.

Queremos calcular o coletor predial pelo método racional com fator de risco de 5%.

Primeiramente façamos a Tabela 24.4, onde estão todos os aparelhos sanitários, a quantidade dos mesmos, bem como o tempo de uso em segundos, o intervalo de uso em segundos e a vazão de contribuição unitária em litros por segundo.

Uso da Planilha Excel da Microsoft Versão 7

A Planilha Excel usa a função estatística CRIT.BINOM da seguinte maneira:

CRIT.BINOM (número de experiências; probabilidade de sucesso; alfa)

Conforme Lapponi,1995, a função CRIT.BINOM dá como resultado o menor valor do *número de sucessos*, que tem *probabilidade de sucesso* conhecida, para o qual a distribuição binomial acumulada é igual ou maior que o valor alfa, no caso o fator de sucesso.

Como exemplo, supomos 35 aparelhos cuja descarga de cada aparelho dura 10 segundos e o intervalo de uso dos aparelhos é de 15 minutos.

Usaremos o fator de falha 5% ou seja 0,05, que é a mesma coisa que 95% de sucesso ou seja 0,95.

Portanto, a probabilidade de uso do aparelho p será:

$$p = 10 / (15 \text{ min} \times 60 \text{ seg}) = 0,011.$$

Usando a função CRIT.BINOM temos:

CRIT.BINOM(35; 0,011; 0,95)

Cujo resultado será o número inteiro 2 que é o que queremos.

Os valores com asterísticos foram adaptados de Gonçalves,1986 enquanto que os outros foram estimados pelo autor. O número de aparelhos em uso simultâneo foi obtido usando Planilha Excel da Microsoft versão 7, onde foi usada a função estatística CRIT.BINOM que para a primeira linha da Tabela 24.4.

Ficando $CRIT.BINOM(64;0,005,0,95)=1$, sendo 64 a quantidade total, 0,005 a probabilidade de uso de cada aparelho, e 0,95 pois foi considerado 0,05 ou 5% de fator de falha. Para maiores consultas de como usar corretamente verificar o *Help* do próprio programa Excel da Microsoft versão 7 ou Lapponi,1995, p. 126. A vazão máxima obtida foi 6,75 litros/segundo.

Tabela 24.4-Exemplo de Cálculo do coletor Predial pelo método Racional, com fator de risco de 5%.

Aparelhos Sanitários	Quant.	Tempo de uso em segundos (t)	Intervalo de uso em segundos (T)	Probabilidade de uso do aparelho (p=t/T)	Número de aparelhos em uso simultâneo (m _i)	Vazão de contribuição unitária em L/s (q _i)	Subtotal de vazão em L/s (m _i q _i)	Peso ABNT	Peso x Quant. de peças
vasos sanitários com válvula de descarga	64	9*	1800*	0,005	1	1,70	1,70	6	384
Chuveiros elétrico	64	180*	1800*	0,100	11	0,10	1,10	2	128
Lavatório	64	20*	720*	0,028	4	0,15	0,60	1	64
Pia cozinha com torneira elétrica	32	30*	480*	0,063	4	0,10	0,40	3	96
Tanque de lavar roupa	32	300*	2400*	0,125	7	0,25	1,75	3	96
Maquina lavar	32	3600	172800	0,021	2	0,30	0,60	4	128
Maquina pratos	32	3600	172800	0,021	2	0,30	0,60	4	128
Vazão total do coletor predial em litros/segundos = $Q = \sum_{i=1}^N (m_i q_i) \quad (8.4)$							6,75		1024

* Fonte: Orestes,1986 p. 316-336 Tese de Doutorado

Sendo a vazão de 6,75 litros/segundo e sendo o coletor predial com $n=0,013$, obtemos na Tabela 24.4, para tubos cerâmicos, $n=0,013$ $\frac{3}{4}$ da seção, o **diâmetro de 100mm para declividade do coletor predial de 2,0%**.

Para a ABNT 8160/83 somam-se somente os pesos relativos aos vasos sanitários e assim teremos: peso 6 x 64 vasos sanitários = 384.

Para o aplicação do Método do Macedo, somam-se todos os pesos:

Peso total= 64 vasos x 6 + 64 chuveiros x 2 + 63 lavatórios x 1 + 32 pias x 3 + 32 tanques x 3 + 32 máquina de lavar x 4 + 32 máquina pratos x 4 = 1.024 UHC.

Aplicando-se a fórmula do Macedo para UHC temos:

$$Q_{\text{máx}} = 0,002 \text{ UHC} + 2 = 0,002 \times 1024 + 2 = 4,1 \text{ L/s}$$

Observar que pelo método da ABNT, não temos a vazão máxima e sim o diâmetro nominal de 150 e declividade de 1%.

Nos outros métodos temos as vazões máximas no coletor, sendo considerado a lâmina máxima a $\frac{3}{4}$ da seção. O diâmetro nominal maior foi o da ABNT com 150 enquanto que os outros são 100.

A Tabela 25.4 nos fornece a comparação dos resultados obtidos aplicando a ABNT 8160/83, Macedo (UHC) e Método Racional.

Tabela 25.4-Comparação dos vários métodos de dimensionamento do coletor predial de esgotos sanitários.

Método de cálculo	Vazões L/s	Diâmetro nominal	Declividade
ABNT NBR 8160/83	(?)	150	1%
Macedo (UHC)	4,1	100	1%
Método Racional	6,75	100	2%

Revisado em 17 de setembro de 1999

14 Caixas de Inspeção

Não há norma geral para as caixas de inspeção. O SAAE adota caixa de alvenaria de tijolos, revestido com cimento no mínimo de 45cmx60cm de dimensões de superfície. A profundidade é normalmente 60cm ou 80cm, dependendo da profundidade da rede pública de esgoto sanitário. O comprimento mínimo de 60cm é ao longo do coletor predial.

O objetivo da caixa de inspeção é facilitar a desobstrução do coletor predial, isto é, o trecho que vai da caixa de inspeção até a rede pública.

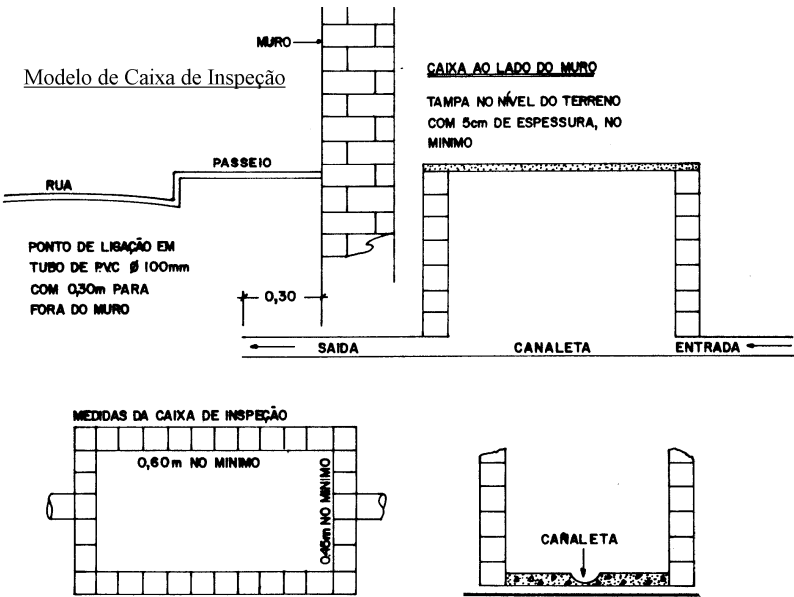
No caso de indústrias, a caixa de inspeção serve também para verificar o esgoto que é lançado à rede pública.

Existem também caixas pré-fabricadas de concreto, de PVC ou de Poliéster. As caixas deverão facilitar a introdução de equipamentos mecânicos ou de jatos de água para desobstrução do coletor predial localizado na rua ou dentro da residência, veja Fig. 13.4.

Recomenda-se para a caixa de inspeção o seguinte:

- A caixa de inspeção deve ser construída junto ao muro, com paredes meio ou um tijolo;
- Deve ter acabamento interno com reboque liso ou queimado;
- A profundidade da caixa é variável de acordo com a profundidade da rede coletora;
- Os tubos de PVC de entrada e saída devem ser colocados no mesmo nível da canaleta;
- ponto de ligação deve sair da caixa em linha reta sem colocar curva;
- A caixa de inspeção pode ser construída com tijolos comuns, blocos de concreto ou concreto;
- Só podem ser lançadas na rede coletora água servidas de tanque, da pia e do banheiro;
- Solicitar ao concessionário a profundidade da rede coletora;
- A tampa deverá ser removível
- Em hipótese alguma podem ser introduzidas águas pluviais na caixa de inspeção ou no sistema interno das instalações prediais de esgoto sanitário.
- A caixa de inspeção deverá ser feita, de preferencia, dentro da propriedade do usuário e somente em último caso ser feita no passeio.

Fig. 13.4–Modelo de caixa de inspeção



15 Despejos de qualquer natureza em redes de esgotos sanitários

15.1 Lei Estadual

No artigo 19A do Decreto Estadual 15.425 de 23/07/80 do governo do Estado de São Paulo, diz que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipo adequados, se obedecerem as seguintes condições:

- I- pH entre 6,0 (seis inteiros) e 10,0 (dez inteiros);
- II- temperatura inferior a 40° C (quarenta graus Celsius);
- III- materiais sedimentáveis até 20 ml/l (vinte mililitros por litro) em teste de 1 (uma) hora em cone Imhoff;
- IV- ausência de óleo e graxas visíveis e concentração máxima de 150 mg/l (cento e cinquenta miligramas por litro) de substâncias solúveis em hexano;
- V- ausências de solventes, gasolina, óleos leves e substâncias explosivas ou inflamáveis em geral;
- VI- ausência de despejos que causem ou possam causar obstrução das canalizações ou qualquer interferência na operação do sistema de esgotos;
- VII- ausência de qualquer substância em concentrações potencialmente tóxicas ou qualquer interferência na operação do sistema de esgotos;
- VIII- concentrações máximas dos seguintes elementos, conjuntos de elementos ou substâncias:
 - a) arsênico, cádmio, chumbo, cobre, cromo hexavalente, mercúrio, prata e selênio – 1,5 mg/l (um e meio miligrama por litro) de cada elemento sujeitas à restrição da alínea e deste inciso;
 - b) cromo total e zinco 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro) de cada elemento, sujeitas ainda à restrição da alínea e deste inciso;
 - c) estanho- 4,0 mg/l (quatro miligramas por litro) sujeita ainda à restrição da alínea e deste inciso;
 - d) níquel – 2,0 mg/l (dois miligramas por litro) sujeita ainda à restrição da alínea e deste inciso;
 - e) todos os elementos constantes das alíneas “a” a “d” deste inciso, excetuado o cromo hexavalente- total de 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);
 - f) cianeto- 0,2 mg/l (dois décimos de miligramas por litro);
 - g) fenol- 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);
 - h) ferro solúvel- Fe^{2+} - 15,0 mg/l (quinze miligramas por litro);
 - i) fluoreto- 10,0 mg/l (dez miligramas por litro);
 - j) sulfeto- 1,0 mg/l (um miligrama por litro);

k) sulfato- 1.000 mg/l (mil miligramas por litro);

IX – regime de lançamento contínuo de 24 (vinte e quatro) horas por dia, com vazão máxima de até 1,5 (uma vez e meia) a vazão diária;

X – ausência de águas pluviais em qualquer quantidade.

O artigo 19B do mesmo Decreto 15.425/80 SP, diz que “os efluentes líquidos, excetuados os de origem sanitária, lançados nos sistema públicos de coleta de esgotos, estão sujeitos a pré-tratamento que os enquadre nos padrões estabelecidos no artigo 19A. Isto quer dizer que o lançamento de esgotos sanitários em redes públicas deverá ser obedecido o artigo 19A e conforme a necessidade, deverá ser feito o que na prática se chama pré-tratamento.

No artigo 19C do Decreto 15.425/80 SP, diz que as indústrias deverão coletar separadamente as águas pluviais, águas de refrigeração, despejos sanitários e despejos industriais. Em muitos casos os despejos sanitários estarão juntos com os despejos industriais, e em outros casos deverão estar separados.

Quanto ao lançamento no coletor público, não poderão ser encaminhados as águas pluviais. Quanto as águas de refrigeração e os despejos sanitários e industriais, dependerão da exigências do concessionário local. No caso de Guarulhos, o lançamento é único, isto é, nele estão os despejos sanitários, os industriais e as águas de refrigeração.

O artigo 19D, diz que “o lançamento de efluentes em sistemas públicos de esgotos será sempre feito por gravidade e se houver necessidade de recalque, os efluentes deverão ser lançados em caixa de “quebra-pressão” da qual partirão por gravidade para a rede coletora”.

Os efluentes líquidos industriais lançados nos sistema público de esgotos sanitários, é regulado através da ABNT pela NBR 9800/abril/1987- Critérios para Lançamentos de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário, que apresenta os parâmetros básicos mostrados na Tabela 25.4.

Tabela 25.4-Efluentes Líquidos Industriais

Parâmetro	Unidade de medida	Valores máximos admissíveis, exceto pH
pH	---	6 a 10
Sólidos sedimentáveis em teste de 1 hora no cone Imhoff	ml/l	20
Regime de lançamento	L/s	1,5 x vazão média horária
Arsênio Total	mg/l	1,5
Cádmio Total	mg/l	0,1
Chumbo Total	mg/l	1,5
Cianeto Total	mg/l	0,2
Cobre Total	mg/l	1,5
Cromo Hexavalente	mg/l	0,5
Cromo Total	mg/l	5,0
Surfactantes (MBAS)	mg/l	5,0
Estanho Total	mg/l	4,0
Fenol	mg/l	5,0
Ferro Solúvel (Fe^{+2})	mg/l	15,0
Fluoreto	mg/l	10,0
Mercúrio Total	mg/l	0,01
Níquel Total	mg/l	2,0
Prata Total	mg/l	1,5
Selênio Total	mg/l	1,5
Sulfato	mg/l	1000
Sulfeto	mg/l	1
Zinco Total	mg/l	5,0

Fonte: ABNT Parâmetros Básicos NBR 9800/1987

Nota: mg/l: miligrama/litro

L/s: litros/segundo

ml/l: mililitro/litro

Observar que a temperatura dos esgotos industriais não pode ser maior que 40°C e que a vazão máxima que pode ser lançada é de 1,5 vezes a vazão média horária.

O lançamento dos efluentes líquidos industriais nos sistema público de esgoto sanitário deve ser sempre feito por gravidade e se houver necessidade de recalque, estes devem ser lançados em caixa de quebra-pressão.

As águas pluviais e de refrigeração não devem ser lançadas no sistema coletor público. A incorporação de águas pluviais poluídas e águas de refrigeração poluídas, pode ser feita mediante autorização expressa dos órgãos controlador e operador.

15.2 Efluentes não domésticos para lançamento no sistema público de esgotos conforme SABESP

A Sabesp (Companhia de Saneamento de São Paulo) elaborou em 1993 um *Manual de Autocaracterização de Efluentes Não Domésticos*, tendo em vista a necessidade de avaliar os valores dos parâmetros estabelecidos pelo Artigo 19A do Regulamento da Lei 997 de 31/05/76, com redação dada pelo Decreto 15245 de 23/07/80.

Conforme a SABESP, os efluentes de origem não domésticos, freqüentemente, apresentam poluentes que podem comprometer o sistema coletor e as Estações de Tratamento de Esgotos, podendo acarretar graves problemas, como:

- a- corrosão;
- b- incrustação;
- c- obstrução;
- d- explosão e inflamabilidade;
- e- riscos para a saúde dos operadores do sistema de esgotos;
- f- inibição dos processos biológicos de tratamento;
- g- efluente das Estações de Tratamento de Esgotos com características em desacordo com o destino final.

Para evitar a ocorrência dos problemas citados, a SABESP, antes de ser feito o coletor predial de esgotos, exigirá avaliação dos efluentes através de autocaracterização conforme *Manual de Autocaracterização dos Efluentes Não Domésticos*.

Foi estabelecido pela SABESP no Comunicado nº 06/93 a cobrança da tarifa mensal de esgotos onde deveria ser usada a seguinte fórmula:

$$CM = P.V. K1$$

Sendo:

CM= conta mensal;

P= preços estabelecido pela SABESP obedecida as faixas de consumo;

V= Volume do efluente em metros cúbicos, igual ao volume de água fornecida pela SABESP ou ao volume total de efluente lançado na rede da SABESP, o maior deles.

K1= fator de carga poluidora para lançamento na rede pública.

O Fator de Carga Poluidora K1 pode ser obtido entrando na Tabela 26.4 com as faixas de concentrações em mg/l de DQO e RNF em que o estabelecimento estiver situado, devendo ser providenciado as análises comprobatórias.

Caso não sejam feitas as análises, poderá ser usado a Tabela 26.4.

DQO = *Demanda Química de Oxigênio*, obtida através de análise do efluente lançado, nunca inferior a 450 mg/L.

RNF= *Resíduos Não Filtráveis*, obtidos através de análise do efluente lançado, nunca inferior a 300 mg/L.

Tabela 26.4-Valores do *Fator de Carga Poluidora K1* conforme DQO e RNF em mg/l

**CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE DQO E RNF, EM MG/L,
POR FAIXAS, PARA ESTABELECER O COEFICIENTE
DE CARGA POLUIDORA, K1**

RNF \ DQO	≤300	301-354	355-425	426-555	556-720	721-1032	1033-1770	1771-4000
≤450	1.00	1.02	1.05	1.11	1.20	1.35	1.66	2.55
451-591	1.03	1.05	1.08	1.14	1.23	1.38	1.69	2.58
592-765	1.10	1.11	1.15	1.21	1.30	1.44	1.76	2.65
766-1040	1.19	1.21	1.25	1.31	1.39	1.54	1.85	2.74
1041-1430	1.33	1.35	1.39	1.45	1.53	1.68	1.99	2.88
1431-2000	1.53	1.55	1.59	1.65	1.74	1.88	2.19	3.09
2001-3360	1.94	1.96	2.00	2.06	2.14	2.29	2.60	3.49
3361-7000	3.00	3.01	3.05	3.11	3.20	3.34	3.66	4.55

Fonte: SABESP, Comunicado nº 06/93

Tabela 27.4-Parâmetros do fator de carga K1 adotado com ramo de atividade.

PARÂMETROS DO FATOR DE CARGA, "K1", ADOTADOS		
CÓDIGO IBGE	RAMOS DE ATIVIDADE	"K1" ADOTADO
10	INDÚSTRIA DE PRODUTOS MINERAIS NÃO METÁLICOS	1.15
11	INDÚSTRIA METALÚRGICA	1.03
12	INDÚSTRIA MECÂNICA	1.10
13	INDÚSTRIA DE MATERIAL ELÉTRICO E COMUNICAÇÃO	1.14
14	INDÚSTRIA DE MATERIAL DE TRANSPORTES	1.21
15	INDÚSTRIA DA MADEIRA	1.02
16	INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO	1.33
17	INDÚSTRIA DE PAPEL E PAPELÃO	1.45
18	INDÚSTRIA DA BORRACHA	1.10
19	INDÚSTRIA DE COURO, PELES E PRODUTOS SIMILARES	2.06
20	INDÚSTRIA QUÍMICA	1.35
21	INDÚSTRIA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS E VETERINÁRIOS	1.19
22	INDÚSTRIA DE PERFUMARIA, SABÕES E VELAS	1.53
23	INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE MATÉRIA PLÁSTICA	1.25
24	INDÚSTRIA TÊXTIL	1.19
25	INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO, CALÇADOS, ARTEFATOS DE TECIDOS	1.19
26	INDÚSTRIA DE PRODUTOS ALIMENTARES	1.55
27	INDÚSTRIA DE BEBIDAS E ÁLCOOL ETÍLICO	1.53
28	INDÚSTRIA DO FUMO	2.29
29	INDÚSTRIA EDITORIAL E GRÁFICA	1.31
30	INDÚSTRIAS DIVERSAS	1.02
34	CONSTRUÇÃO CIVIL	1.68
35	SERVIÇOS INDUSTRIAIS DE UTILIDADE PÚBLICA	1.68
41.5	POSTO DE GASOLINA	1.53
41.8	SUPERMERCADOS	1.65
54	SERVIÇOS DOMICILIÁRIOS	1.74

Fonte: SABESP, Manual de Autocaracterização de Efluentes Não Doméstico

16 Tubo Ventilador

Segundo a NBR 8160/1983 Tubo ventilador é o tubo destinado a possibilitar o escoamento de ar da atmosfera para a instalação de esgoto e vice-versa ou a circulação de ar no interior da instalação com a finalidade de proteger o fecho hídrico dos desconectores de ruptura por aspiração ou compressão e encaminhar os gases emanados do coletor público para a atmosfera.

Os ingleses quando fizeram o sistema de rede coletora de esgotos sanitários na cidade do Rio de Janeiro, tinham uma caixa especial de inspeção, que só podia ser operada por eles. Como a caixa de inspeção tinha um sifonamento, os ingleses, faziam a ventilação da rede pública, instalando tubos ventiladores nos postes públicos.

Hoje não mais é adotado a caixa especial dos ingleses, e sim a caixa de inspeção, já citada, a qual não tem sifão, devendo a ventilação ser feita pelos usuários. Na verdade todas as instalações ligadas à rede pública de esgoto sanitário, deverão ter tubos ventiladores, para evitar os gases, que podem tanto vir da instalação interna como da rede pública. Na prática em todas as instalações de esgotos sanitários que são dimensionadas, existe o tubo ventilador. Muitas vezes os pequenos construtores esquecem de colocar o tubo ventilador e daí surge o mau cheiro, principalmente nos banheiros, devido aos gases.

O sifão do vaso sanitário, nas caixas sifonadas e os ralos sifonados em um banheiro, não garantem a ausência total de gases. Para isto é necessário o emprego correto da caixa sifonada e do tubo de ventilação.

Segundo a NBR 8160/1983 a ventilação de esgoto deve ser projetada da seguinte forma:

- a) em prédios de um só pavimento deve existir pelo menos um tubo ventilador de DN 100, ligado diretamente à caixa de inspeção ou em junção ao coletor predial, subcoletor ou ramal de descarga de um vaso sanitário e prolongado até acima da cobertura desse prédio;
- b) em prédios de dois ou mais pavimentos, os tubos de queda devem ser prolongados até acima da cobertura, sendo todos os desconcentres (vaso sanitários, sifões e caixas sifonadas) providos de ventiladores individuais ligados à coluna de ventilação.

17 Manutenção do coletor predial

A manutenção do coletor predial no trecho entre a caixa de inspeção e a rede pública é privativa dos serviços públicos de água e esgoto sanitário. A manutenção é feita com varas de aço flexíveis com 2,00 metros de comprimento ou usando equipamento de jatos de água com alta pressão (hidrojateamento). Antigamente se usava no Brasil tiras de taquaras ou fitas de aço para o desentupimento de rede de esgoto sanitário e não se usam mais.

É comum os usuários devido a demora no atendimento público, tentarem por conta própria desentupirem usando barras de aço. Acontecerá que provavelmente será

rompida a curva de 90 graus colocada sobre a rede, sendo então necessário que seja feito todo o coletor predial de esgoto sanitário. O usuário será multado e terá que arcar com os custos do novo coletor predial.

18 Sistema Condominial de Esgoto Sanitário

O sistema condominial de esgoto sanitário tem sido muito usado, primeiramente pelo pessoal no nordeste brasileiro.

Tradicionalmente a rede coletora pública de esgoto sanitários fica no leito carroçável, sendo que os coletores prediais, isto é, as ligações de esgoto levadas até a mesma.

No sistema condominial a rede de esgoto passa por onde pode. Pode passar pela frente dos lotes, no recuo das casas, pode passar nos fundos dos lotes, pode passar lateralmente, enfim não há posição definida. Obtém-se assim um menor custo de obras.

De modo geral o sistema condominial de coleta de esgoto sanitário, é bem mais econômico que o sistema tradicional. É feita uma participação dos moradores para sua aceitação com objetivo de manter sempre a rede de esgoto em operação.

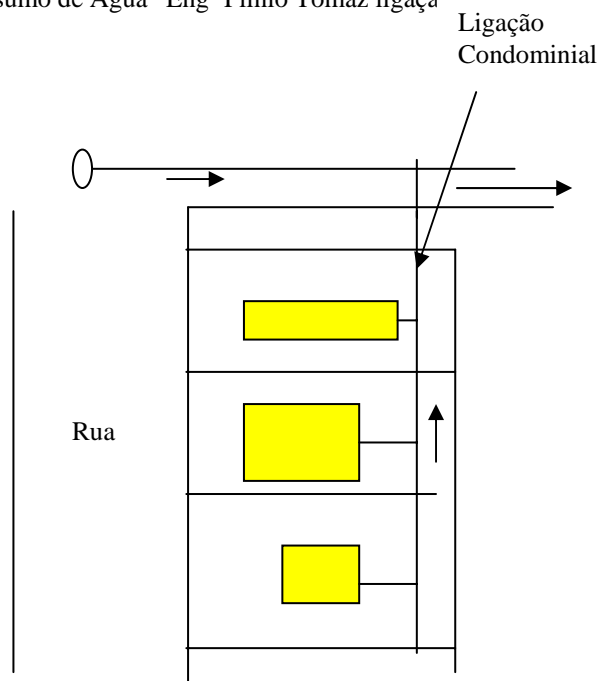


Fig. 14.4–Ligação Condominial

19 Gases em coletores

Um dos problemas que existe normalmente nos sistemas de esgotos é a produção de gases malcheirosos, principalmente o sulfeto de hidrogênio, H_2S , segundo Mendonça, 1975.

O H_2S é um gás encontrada com freqüência na natureza e muito conhecido pelo seu odor. Pode ser produzido pela decomposição de algumas espécies de matéria orgânica, especialmente a albumina.

É muito conhecida a fórmula empírica do Dr. Pomeroy, a qual através de um indicador Z, tem a finalidade de avaliar o risco do aparecimento de odores em coletores sanitários.

É a chamada fórmula Z de Pomeroy.

$$Z = \frac{3 \text{ (EDBO)} \cdot p}{I^{1/2} Q^{1/3} \cdot b}$$

Sendo:

P= perímetro molhado da seção transversal em m;

b= corda correspondente à altura molhada em m;

Q = vazão máxima horária em litros/segundo;

I = declividade do coletor em m/m;

T = temperatura média do esgoto no mês mais quente em °C;

$EDBO$ = DBO a 5 dias e 20 °C do esgoto bruto em mg/l multiplicado pelo fator $1,07^{T-20}$

Z = coeficiente Z de Pomeroy. Para valores de Z menores que 5.000 o H_2S está raramente presente ou somente em diminutas concentrações nos coletores.

Para valores de Z iguais ou maiores que 25.000, o H_2S dissolvido estará presente com frequência e tubos de concreto com pequenos diâmetros possivelmente entrarão em colapso dentro de cinco a dez anos.

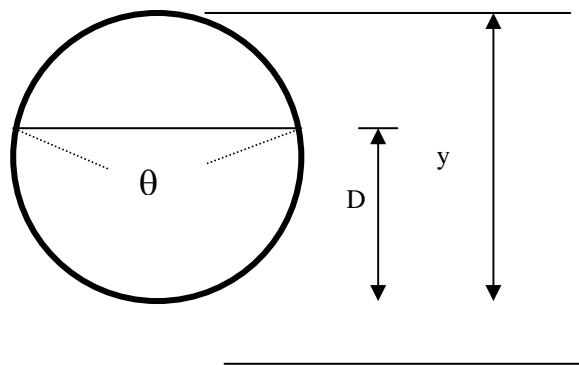


Figura 15.4 Ângulo Central

O ângulo central θ (em radianos) do setor circular, pode ser obtido pela seguinte expressão conforme Chaudhry,1993 p.95:

$$\theta = 2 \arccos (1 - 2 (y/D))$$

ou

$$\theta = 2 \cos^{-1} (1 - 2 (y/D))$$

Conforme Chaudhry,1993 p.10 temos:

A área molhada “A”:

$$A= D^2 (\theta - \text{seno } \theta)/8$$

O perímetro molhado ”P”:

$$P=(\theta D)/2$$

O raio hidráulico “ R_H ”:

$$R_H= (D/4) (1-(\text{seno } \theta)/ \theta)$$

A corda “B” correspondente a altura molhada é dado por:

$$B= D \text{ sen } (\theta/2)$$

Conforme Mendonça,1984 Revista DAE SP temos:

Usando a fórmula de Manning e tirando-se o valor de θ usando as relações acima obtemos para o regime uniforme a fórmula para obter o ângulo central θ .

Observar que o ângulo central θ aparece nos dois lados da equação, não havendo possibilidade de se tornar a equação numa forma explícita.

Daí a necessidade de resolvê-la por processo iterativo, como o Método de Newton-Raphson. O ângulo central θ está entre $1,50 \text{ rad.} \leq \theta \leq 4,43 \text{ rad.}$ que corresponde $0,15 \leq y/D \leq 0,80$.

$$\theta = \text{seno } \theta + 2^{2,6} (n Q/I^{1/2})^{0,6} D^{-1,6} \theta^{0,4}$$

Como se pode ver na equação acima está na formula implícita, sendo impossível de se separar o ângulo central θ . Usam-se para isto alguns métodos de cálculo.

O primeiro seria o método de tentativa e erros, o segundo seria o método da bisseção, o método de Newton-Raphson e o Método das Aproximações Sucessivas.

Chaudhry,1993 p.95 apresenta ainda outras relações bastantes interessantes:

$$Q_p / Q_f = (\theta - \frac{1}{2} \text{sen}(2\theta))^{5/3} / \pi \theta^{2/3}$$

Sendo:

Q_p = vazão a tubos parcialmente cheios;

Q_f = vazão a tubos cheios (full).

Chaudhry,1993 apresenta ainda equação obtido por Christensen em 1984 para tubos parcialmente cheios, apresentados no Journal of Hydraulic Engineering da American Society of Civil Engineers.

$$Q_p/Q_f = 0,46 - 0,5 \cos(\pi y/D) + 0,04 \cos(2\pi y/D)$$

A equação acima fornece o valor de y/d dependendo somente das vazões para tubos cheios e parcialmente cheios.

Conforme Munen e Foulis, 1982 p.36 vol. 1, o valor de:

$$\cos 2t = 2 \cos^2 t - 1$$

Ainda segundo Chaudhry vários autores afirmam que a diferença de resultados entre a fórmula aproximada citada por Christensen em 1984, é devido a variação do coeficiente de rugosidade “n” com a profundidade.

O Dr. Sérgio Rolim Mendonça, fez uma tabela de declividades mínimas que se deve ter para não haver gases, usando Z=5.000, que deve ser usado principalmente para grandes coletores de esgotos. O coletor é calculado a meia seção e o coeficiente de rugosidade é n=0,013.

$$I_{\min} = K \times 10^{-6} \times (EDBO)^2 / Q^{2/3}$$

Sendo:

Q= vazão no coletor em litros por segundo;

T= temperatura média do esgoto no mês mais quente em °C;

EDBO= DBO a 5 dias e 20 °C do esgoto bruto em mg/l multiplicado pelo fator $1,07^{T-20}$

$$EDBO = DBO \cdot 1,07^{T-20}$$

EDBO = em mg/l;

K= valor obtido na Tabela 28.4;

I_{\min} = declividade mínima do coletor em m/m.

Tabela 28.4: Valores de K para achar a declividade mínima em coletores de esgotos conforme fórmula Z de Pomeroy.

$\frac{y}{D}$	K	$\frac{y}{D}$	K	$\frac{y}{D}$	K
0,10	0,4141	0,34	0,6217	0,58	1,108
0,11	0,4203	0,35	0,6342	0,59	1,142
0,12	0,4266	0,36	0,6470	0,60	1,178
0,13	0,4331	0,37	0,6603	0,61	1,216
0,14	0,4397	0,38	0,6741	0,62	1,256
0,15	0,4466	0,39	0,6884	0,63	1,298
0,16	0,4536	0,40	0,7033	0,64	1,344
0,17	0,4608	0,41	0,7186	0,65	1,392
0,18	0,4682	0,42	0,7346	0,66	1,443
0,19	0,4758	0,43	0,7512	0,67	1,497
0,20	0,4837	0,44	0,7685	0,68	1,555
0,21	0,4917	0,45	0,7865	0,69	1,617
0,22	0,5000	0,46	0,8052	0,70	1,684
0,23	0,5086	0,47	0,8246	0,71	1,756
0,24	0,5173	0,48	0,8449	0,72	1,833
0,25	0,5264	0,49	0,8661	0,73	1,917
0,26	0,5357	0,50	0,8883	0,74	2,007
0,27	0,5453	0,51	0,9114	0,75	2,106
0,28	0,5552	0,52	0,9356	0,76	2,213
0,29	0,5654	0,53	0,9609	0,77	2,330
0,30	0,5760	0,54	0,9875	0,78	2,459
0,31	0,5869	0,55	1,015	0,79	2,601
0,32	0,5981	0,56	1,045	0,80	2,758
0,33	0,6097	0,57	1,075		

Fonte: Mendonça,1985, Revista DAE.

Exemplo de Aplicação:

Seja o coletor predial com diâmetro nominal 150, a $\frac{3}{4}$ da seção ou seja $y/d=0,75$. Suponhamos ainda que a temperatura média do mês mais quente seja de 25° C que a DBO a 5 dias e 20°C seja 250 mg/litro e que o coeficiente de rugosidade de Manning seja $n=0,013$, como adotado normalmente. A vazão máxima que o coletor pode conduzir com a declividade de 2% (0,02m/m) é de 6,66 litros/segundo.

Para calcular o angulo central em radiano usamos:

$$\theta = 2 \arccos (1 - 2 (y/D))$$

obtendo: $\theta = 2 \arccos (1 - 2 (y/D)) = 2 \arccos (1 - 2 (0,75)) = 2,32 \text{ rd}$

O perímetro molhado $P = (\theta D)/2 = (2,32 \times 0,15)/2 = 0,18\text{m}$

A corda $B = D \sin (\theta/2) = 0,15 \sin (2,32/2) = 0,13\text{m}$

$EDBO = DBO 1,07^{T-20} = 250 \times 1,07^{(25-20)} = 259,63 \text{ mg/l}$

Substituindo na fórmula Z de Pomeroy temos:

$$Z = \frac{3 \text{ (EDBO)}^p}{I^{1/2} Q^{1/3} b} x \text{ -----}$$

$$Z = \frac{3 \times 259,63^{0,18}}{0,02^{1/2} \times 6,66^{1/3} \times 0,13} = 5515$$

Como o número Z de Pomeroy é igual a 5.515 portanto maior que 5.000 poderá haver ou não a produção de sulfetos. Caso fosse menor que 5.000 não haveria possibilidade da formação de sulfetos. Caso fosse superior a 25.000 com certeza teríamos a produção de gases.

Caso queiramos aplicar a fórmula da declividade mínima em que não haverá a produção de gases teremos que usar a fórmula numero:

$$I_{\min} = K \times 10^{-6} \times (\text{EDBO})^2 / Q^{2/3}$$

Sendo que o valor de K=2,106 obtido na Tabela numero, com y/d=0,75

$$I_{\min} = K \times 10^{-6} \times (\text{EDBO})^2 / Q^{2/3} = 2,106 \times 10^{-6} \times (259,63)^2 / 6,66^{2/3} = 0,073 \text{ m/m}$$

$I_{\min} = 0,073 \text{ m/m}$, é a declividade mínima para que não se tenha no coletor a produção de gases.

Na prática se usam para os coletores prediais de esgoto sanitário, tubos de PVC ou tubos de cerâmica, os quais não apresentam nenhum problema estrutural para os gases. Teríamos problemas se usássemos tubos de concreto ou fibrocimento.

Relembremos também que nas redes coletoras públicas não existem tubos ventiladores, não ser em casos especiais, tal como em elevatórias. A ventilação das instalações prediais de esgoto, compete ao prédio.

Revisado em 17 de setembro de 1999

20 Válvula de Retenção de esgotos instalada no Coletor Predial

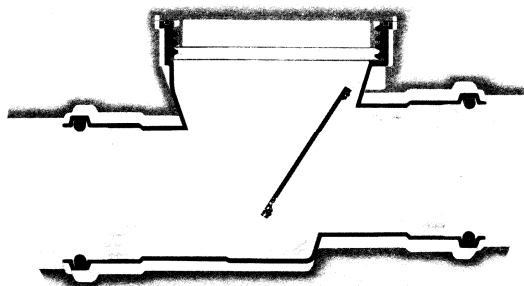
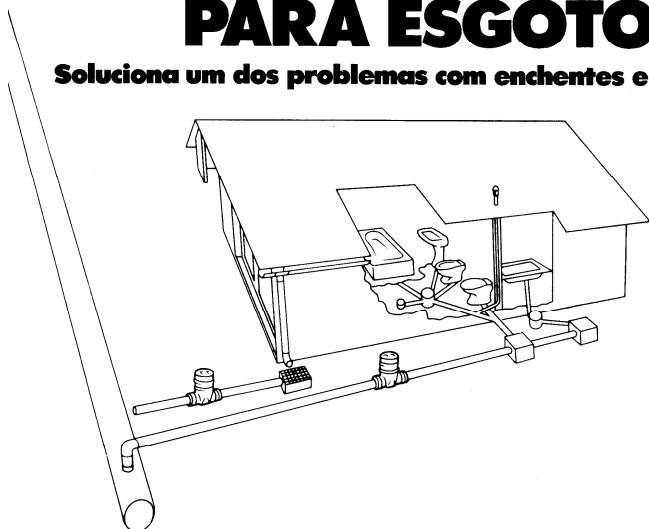
Na prática existem sempre em alguns locais do sistema de coleta de esgoto sanitário, onde são necessárias a instalações de válvulas de retenção de esgotos sanitários. Existem muitos lançamentos clandestinos de águas pluviais que são lançadas na rede coletora de esgotos sanitários, juntamente com o esgoto doméstico. Acontece que vários moradores ligando as águas pluviais nos esgotos, quando chove há um acréscimo violento da vazão, causando sempre um entupimento na rede pública. Então a rede será pressurizada e o esgoto juntamente com as águas de chuvas entrarão nas residências. O problema se agrava quando o coletor predial tem declividade menor que 2%. Mesmo nos Estados Unidos também são usadas válvulas de retenção de esgotos sanitários, principalmente quando as instalações hidráulicas de esgotos sanitários, estão abaixo do nível da rua (Woodson, 1998 p. 159).

Existem muitas redes coletoras de esgoto que não são encaminhadas a um emissário ou interceptor e sim lançadas precariamente nos cursos d'água. Quando chove há uma tendência do retorno do esgoto juntamente com as águas do córrego, para dentro das residências, que estão na região mais baixas, próximas dos cursos d'água.

Para evitar isto a firma Tigre- Tubos e Conexões fábrica válvula de PVC para retenção de esgoto sanitário nos diâmetros de 100mm e 150mm para ser usada nos coletores prediais, conforme Fig. 16.4.

VÁLVULA DE RETENÇÃO PARA ESGOTO.

Soluciona um dos problemas com enchentes e inundações.



**IMPEDE O RETORNO DOS ESGOTOS
E ÁGUAS PLUVIAIS.**

Fig. 16.4-Válvula de retenção para esgoto sanitário

Fonte: Tigre

21 Caixas de Retenção de Óleo, Areia e Gordura

Cardão, 1985 cita que são necessárias três caixas: decantadoras, neutralizadoras e interceptoras e descreve a seguir:

As caixas interceptoras destinam-se a interceptar elementos que irão obstruir ou atacar as tubulações. As caixas neutralizadoras servem, por exemplo, para neutralizar um efluente muito ácido. As caixas decantadoras servem para armazenar areia e barro de garagem de carros, por exemplo.

As caixas separadoras de óleos e graxas seguem o mesmo princípio das caixas de gordura. São constituídas por duas câmaras ligadas pelo fundo, estabelecendo uma espécie de chicana. As águas oleosas penetram por uma das câmaras, onde se dá a separação entre o óleo e a água. O óleo sendo menos denso, sobe logo à superfície, enquanto a água, que fica no fundo, vai passando para o outro compartimento, de onde sairá para o coletor.

Na parte superior da primeira câmara, fica a canalização de saída de óleo, e na parte superior da segunda câmara se situa a canalização de saída de água.

A água estará em nível ligeiramente mais elevado que a saída d'água, detalhe que encontra sua justificativa no fato de que, quando em repouso, o nível do líquido na câmara que contém óleo e água, é necessariamente mais elevado do que no que contém só água, devido às diferenças de densidades.

Tanto o separador de óleo como o próprio depósito devem ser *ventilados*.

De uma maneira geral, o separador de óleo e graxas segue o mesmo princípio das caixas de gorduras.

Freqüentemente para postos de gasolina, hospitais, lava-rápidos, indústrias têxteis, restaurantes, pastelarias e padarias existem modelos especiais de caixa de retenção de óleo, areia e gordura.

Há dois modelos. O modelo I (Fig. 18.4) refere-se às caixas para restaurantes e o modelo II (Fig. 19.4) refere-se às caixas para postos de gasolina e similares. Estas caixas são modelos antigos usados na região da Grande São Paulo há muitos anos.

Não existe nenhuma regra prática para dimensionar as caixas interceptoras, neutralizadoras e decantadoras, conforme Woodson, 1998. Recomenda-se que o projeto das caixas interceptoras, neutralizadoras e decantadoras, conforme a sua importância, sejam projetadas por especialistas.

Não devemos esquecer que as caixas interceptoras, neutralizadoras e decantadoras, além da ventilação necessária, devem ter fácil acesso para manutenção, limpeza e reparos.

Caixa de Gordura:

Cardão, 1985 cita um exemplo, de como calcular uma caixa de gordura.

Exemplo: seja calcular a caixa de gordura para servir 200 pessoas numa mesma cozinha.

O volume será $V = 20 \text{ litros} + N \times 2 \text{ litros}$

Sendo N o número de indivíduos, no caso $N = 200$.

O volume será $V = 20 + 200 \times 2 = 420 \text{ litros}$

Chamando:

A volume da primeira câmara (entrada)

B volume da Segunda câmara (saída)

K volume total

A relação entre os volume das câmaras deverá ser 2:1 ou seja a câmara de entrada deverá ter volume duplo da câmara de saída e poderemos escrever:

$$A + B = K$$

$$B = A/2 \text{ donde } A = 2K/3$$

Da mesma maneira:

$$A + B = K$$

$$A = 2B \text{ donde } B = K/3$$

Fixando-se em 0,50m a largura e 0,70 a profundidade, teremos:

Primeiro compartimento: $0,80 \times 0,50 \times 0,70 = 280$ litros

Segundo compartimento: $0,40 \times 0,50 \times 0,70 = 140$ litros

Total = 420 litros

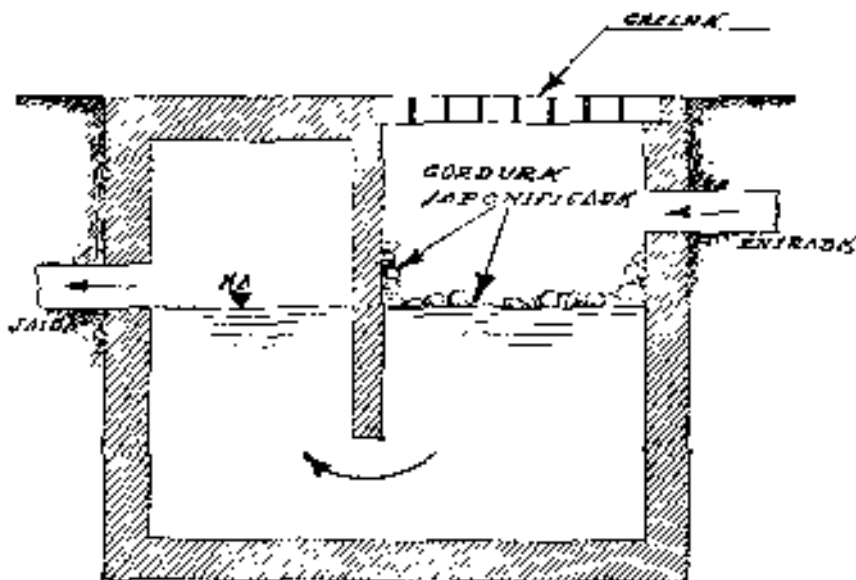


Figura 17.4 Caixa de Gordura

Fonte: Cardão, 1985 p. 289.

Ainda segundo Cardão, 1985, a função das caixas de gordura é, dupla, porque ao mesmo tempo que veda a passagem dos gases que se encontram no ramal primário, evita que a gordura vá para o coletor, diminuindo em pouco tempo o diâmetro da canalização, em virtude do acúmulo da gordura saponificada.

A primeira câmara se destina a provocar a saponificação das gorduras trazidas pelas águas de lavagem que, ficando aderidas às paredes, são periodicamente retiradas nas limpezas que terão que ser feitas.

Fig. 18.4-Caixas para restaurantes, pastelarias e padarias (Modelo I).

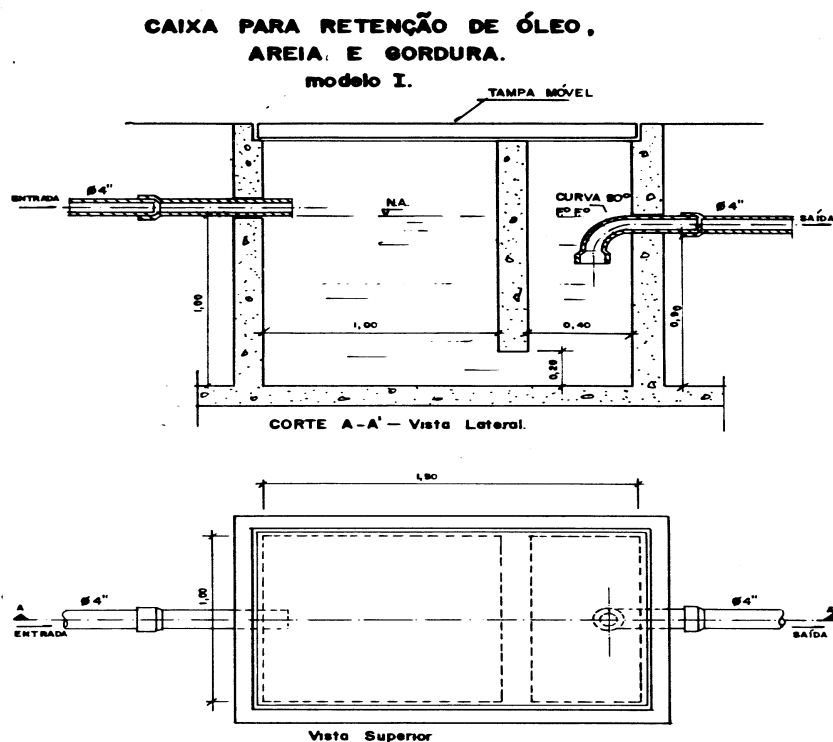


Figura 19.4 Caixa de Retenção para óleo, areia, gordura e estopas (Modelo II).

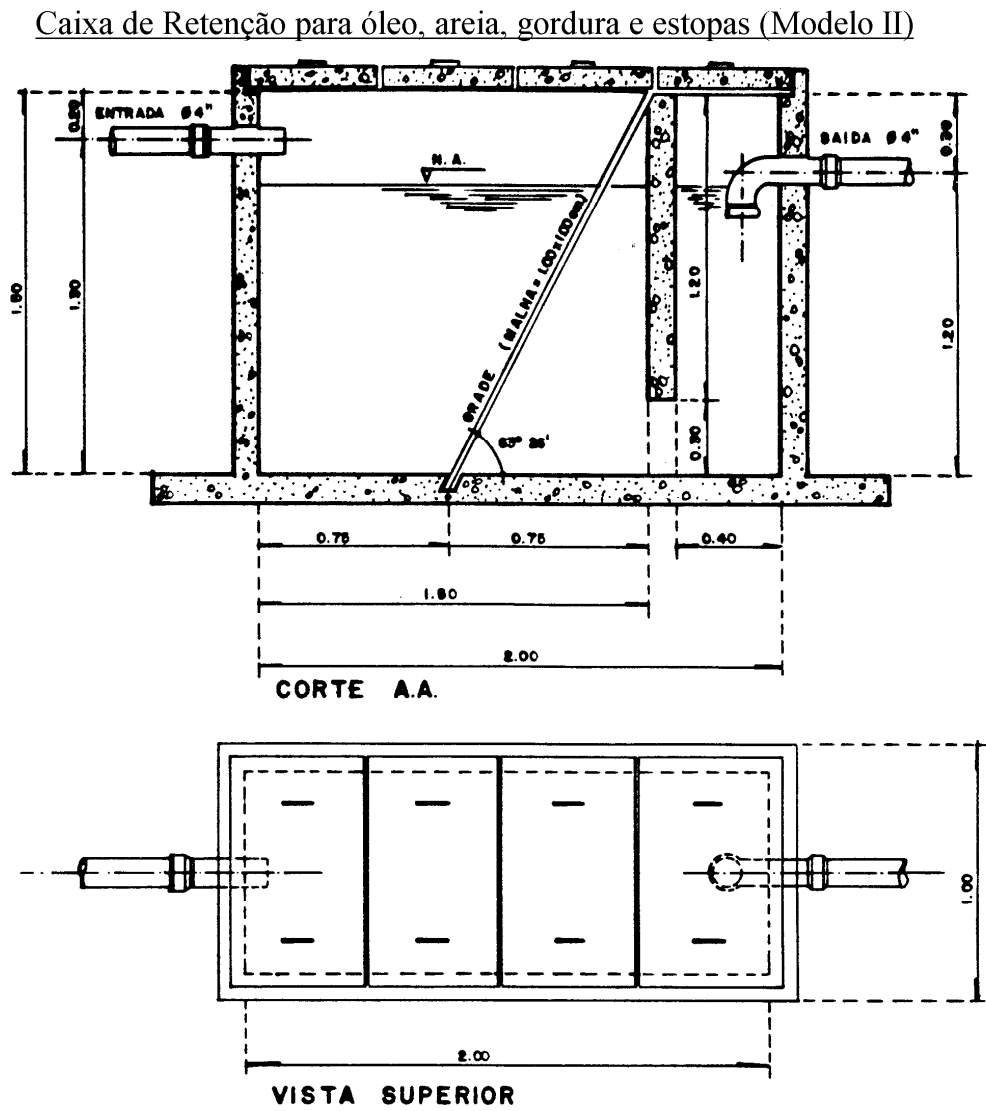
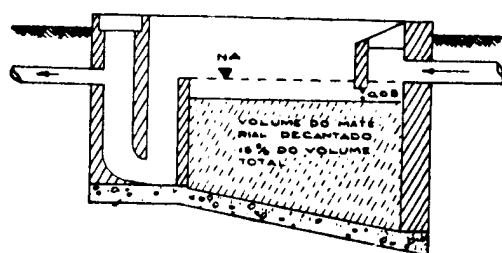
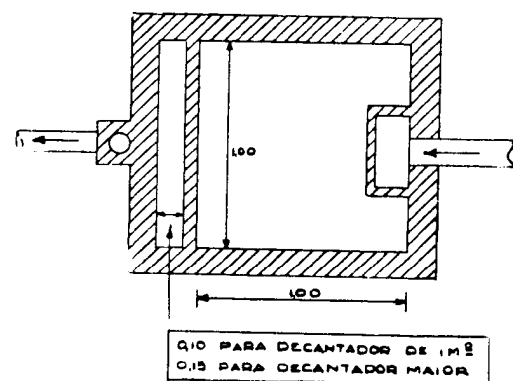


Figura 20.4 Caixa Decantadora de Sólidos (Cardão,1985)



DECANTADOR
PARA SÓLIDOS

22 Norma CETESB 01.020

Tabela 29.4 Tabela da norma da CETESB 01.020 in Tsutiya e Sobrinho, 1999

Tubos de DN 100			Tubos DN 150		
Declividade	Declividade	Vazão	Declividade	Declividade	Vazão
%	m/m	L/s	%	m/m	L/s
2,0	0,020	3,8	0,7	0,007	6,8
2,1	0,021	3,9	0,8	0,008	7,3
2,3	0,023	4,0	0,9	0,009	7,7
2,3	0,023	4,1	1,0	0,010	8,2
2,4	0,024	4,2	1,5	0,015	10,0
2,5	0,025	4,3	2,0	0,020	11,6
3,0	0,030	4,6	2,5	0,025	12,9
3,5	0,035	5,0	3,0	0,030	14,2

23 Conclusão

O coletor predial de esgoto sanitário deve ser calculado em regime permanente e uniforme, como se fosse parte da rede coletora.

A vazão máxima no coletor deve ser calculada com a fórmula do Macedo $Q_{\max}=0,002 \text{ UHC} + 2$ usando o número total de unidades Hunter de Contribuição. A vazão mínima deverá ser de 2 litros/segundo conforme se pode ver na fórmula do Macedo.

O coletor deverá ser calculado a $\frac{3}{4}$ da seção com $n=0,013$ para manilhas cerâmicas ou $n=0,010$ para tubos de PVC.

A velocidade máxima deverá ser de 5m/s. Caso a velocidade no coletor seja maior que a velocidade crítica, o coletor deverá ser calculado a $\frac{1}{2}$ seção.

24 Referencias bibliográficas e livros consultados

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR9649/novembro 1986 refere a normas brasileiras de *Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, novembro de 1986.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 7362 de novembro de 1984 referente a *Tubo de PVC rígido com junta elástica, coletor de esgotos- especificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 7367 de dezembro de 1988 referente a *Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 8160/83 refere a normas brasileiras de *Instalações Prediais de Esgoto Sanitário*. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9800/87. *Critérios para Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, abril de 1987.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9814/87 refere a normas brasileiras de *Execução de Rede Coletora de Esgoto Sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, maio de 1987.
- AWWA (American Water Works Association). *Pipe Design and Installation*. Manual M23; Denver: AWWA.
- BORGES, RUTH SILVEIRA; BORGES, WELLINGTON LUIZ. *Manual de Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias e de Gás*. São Paulo: Pini, 1992.
- BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS; RIBEIRO, GERALDO DE ANDRADE JR. *Instalações Hidráulicas Prediais feitas para Durar*. 1ª ed. São Paulo: Pro, maio de 1998, 238 p.
- BRATER, ERNEST F.; KING, HORACE WILLIAMS. *Handbook of Hydraulics*. 6ª ed. New York: McGraw-Hill, 1976, cap. 7.64.
- CARDÃO, CELSO. *Intalações Domiciliares*. 7ª ed. Belo Horizonte: Edição Arquitetura e Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 1985, 446 p.
- CHAUDHRY, M. HANIF. *Open-Channel Flow*. New Jersey: Prentice Hall, 1993, ISBN 0-13-637141-8, 483 p.
- CHOW, VEN TE. *Open Channel Hydraulics*. 21ª ed. Auchkland: McGraw-Hill, 1985, 680 p. ISBN 0-07-Y85906-X.
- SÃO PAULO. *Código Sanitário do Estado de São Paulo*, Decreto nº 12.342 de 27/09/78.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). *Drenagem Urbana*. 2ª ed. corrigida. São Paulo: DAEE/CETESB, julho de 1980. p. 365.
- DAVIS, CALVIN VICTOR. *Handbook of Applied Hydraulics*. New York: McGraw-Hill, 1952.
- SÃO PAULO. Decreto do Governo do Estado de São Paulo nº 15.425 de 23/07/80 que regulamentou a Lei Estadual nº 997 de 31/05/76.

FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). *Estudos Para determinação de novos parâmetros e critérios de projetos de redes de esgotos utilizando o modelo de otimização*. Coordenador do projeto: Maurício Cleinman. Rio de Janeiro: FEEMA, outubro 1984.

FERNANDES, CARLOS. *Esgotos Sanitários*. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 1997, 435 p.

GASI, TÂNIA MARA TAVARES; PROTA, MARIZA GUIMARÃES; MANCUSO, PEDRO CAETANO; SANTOS, CARLOS LOPES DOS; ROSSIN, ANTONIO CARLOS. *Controle de odores em sistemas de esgotos*. REVISTA DAE. Vol. 44 nº 137 junho de 1984. São Paulo: SABESP, 1984, p. 122-143.

GITELMAN, ABRAHÃO. *Dimensionamento de Ligações Prediais de Esgoto-Considerações*. Revista DAE Ano XXXII nº 88 Dezembro de 1972. São Paulo: SAEC, 1972, p. 52-53.

GONÇALVES, ORESTES MARRACINI. *Influência do uso simultâneo de aparelhos sanitários no dimensionamento de instalações prediais de água fria*. Dissertação de Mestrado apresentado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: EPUSP, 1978, 164 p.

GONÇALVES, ORESTES MARRACINI. *Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria*. Tese de Doutorado apresentado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1986. São Paulo: EPUSP, 1986, 369 p.

GONÇALVES, ORESTES MARRACINI; ILHA, MARINA SANGOI DE OLIVEIRA; SANTOS, DANIEL COSTA DOS. *Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. PCC-465 Sistemas Prediais I. São Paulo: EPUSP, 1998, 105 p.

HÉLIO CREDER. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*, São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

INFORMATIGRE. *Informativo da Tubos e Conexões Tigre S*. Joinville: Tigre, agosto/86.

LAPPONI, JUAN CARLOS. *Estatística usando Excel versão 4 e 5*. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 1995, 292 p. ISBN 85-85624-04-3

LEME, FRANCÍLIO PAES. *Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 1977, p. 39-51, 213 p.

LINSLEY AND FRANZINI, *Water-Resources Engeneering*, New York: McGraw-Hill, 1964.

LUDWIG, RUSSEL G. *Medidor de Vazão de Esgotos Palmer-Bowlus*. Revista DAE Ano XXXII n 88 dezembro de 1972. São Paulo: SAEC, 1972, p. 34-51

MACEDO, EUGÊNIO SILVEIRA DE. *Reajustamento dos Parâmetros de cálculo do escoamento sanitário predial*. Manaus 21-26 janeiro/1979. 10 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Manaus: ABES, 1979, 40 p.

MACINTYRE, ARCHIBALD JOSEPH. *Instalações Hidráulicas*. 1982, Editora Guanabara Dois.

MENDONÇA, SÉRGIO ROLIM. *Critério de projeto para evitar a formação de odores nos coletores de esgotos de grande diâmetro*. Revista DAE Vol.45 nº 142 de setembro de 1985. São Paulo: SABESP, 1985, p 271-274.

MENDONÇA, SÉRGIO ROLIM. *Fórmulas adequadas para aplicação de métodos iterativos nos cálculos analíticos de condutos em sistema de abastecimento de água e esgotos sanitários*. Revista DAE Vol.44 nº 139 de dezembro de 1984. São Paulo: SABESP, 1984, p. 308-312.

METCALF & EDDY. *Wasterwater engineering*. New York: Mcgraw-Hill, 1981, 432 p. ISBN 0-07-041680-X, p28-37.

MUNEM, MUSTAFA A.; FOULIS, DAVID J. *Cálculo*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1982, 2 vol. 1.033 p.

NETO, JOAQUIM GABRIEL OLIVEIRA MACHADO; TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. *Tensão trativa: um critério econômico para o dimensionamento das tubulações de esgoto*. Revista DAE vol. 45 nº 145 março de 1985. São Paulo: SABESP, 1985, p. 73-87.

NETTO, AZEVEDO, FERNANDEZ, MIGUEL FERNANDES Y, ARAUJO, ROBERTO E ITO, ACÁCIO EIJI ITO. 8ª ed. *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Blucher, 1998, 669 p.

MUNSON, BRUCE R.; YOUNG, DONALD F.; OKIISHI, THEODORE H. *Fundamentals of fluid mechanics*. 3ª ed. New York: Wiley&Son,. 1998, 877 p. ISBN 0-41-17024-0

PIMENTA, CARLITO FLÁVIO. *Curso de Hidráulica Geral*. Vol 1 e 2 ed. 4ª . Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. Vol. 1 tem 482 p. Vol. 2 tem 436 p.

SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos). Portaria 5056/84 e Portaria 4428/84.

SABESP (Companhia de Saneamento de São Paulo). *Comunicado nº 06/93* publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 29/05/1993, onde estabelece preço e condições de cobrança.

SABESP (Companhia de Saneamento de São Paulo). *Manual de Autocaracterização de Efluentes Não Domésticos para lançamento no Sistema Público de Esgotos*. São Paulo: SABESP, 1993,18 p. folheto.

SABESP (Companhia de Saneamento de São Paulo). *Programa Efluentes Não Domésticos*. São Paulo:SABESP,1993, 11 p., folheto.

SANTOS, CARLOS ALBERO DOS; GASEN, ADEJALMO FIGUEIREDO. *Estudo Comparativo entre Redes Coletoras de Esgoto do Tipo Convencional e Não Convenciona*. Rio de Janeiro: Asfamas e Abivinila, setembro 1987.

SWAFFFIELD, J.A.; GALOWIN, L.S. *Unsteady flow analysis for building drainage networks*. Seminário Internacional CIB W62- Instalações Hidráulicas e saneamento para regiões em desenvolvimento. São Paulo: EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), setembro 1987.

TIGRE. *Catálogo de tubos*. Joinvile: Tigre.

TIGRE. *Informativo Técnico 03*. Joinvile: Tigre.

TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI E SOBRINHO, PEDRO ALEM. *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário*. 1ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999, 547 p. e com disquete.

TOMAZ, PLINIO. Texto apresentado na palestra de *Dimensionamento de Coletores Prediais de Esgoto Sanitário* apresentada na Associação dos Engenheiros Arquitetos e Agrônomos de Guarulhos em junho de 1987.

YEN, BEN CHIE. *Hydraulics for excess water management*. in Mays, Larry, W., *Water Resources Handbook*. Cap. 25. New York: Mcgraw-Hill, 1996, ISBN 0-07-114517-6.

WOODSON, R. DODGE. *National Plumbing Codes Handbook*. New York: McGraw-Hill, 2ª ed., 1998, ISBN 0-07-071854-7, 414p.

Arquivo esgoto1.doc 13 páginas A4

Arquivo esgoto2.doc 14 páginas A4

Arquivo esgoto3.doc 12 páginas A4

Arquivo esgoto4.doc 11 páginas A4

Arquivo esgoto5.doc 17 páginas A4

Arquivo esgoto6.doc 11 páginas A4

Total 78 páginas A4 (equivalente a 107 páginas 15,5 cm x 21,5cm)

Capítulo 1 - PREVISÃO DE CONSUMO
17/setembro/99

Índice

1. Introdução.....	
2. Objetivo.....	
3 Desagregação da água.....	4
4. Coeficientes médios de uso da água em (kg) e (litro) para indústrias (Melo e Netto, 1988).....	
5 Estimativa por empregado do uso da água nas categorias comercial e institucional (Dziegielewski et all,1993).....	
6 Coeficientes de uso da água em litros por dia e por empregado (Army Institute for Water Resources,1987).....	
7. Uso da água por dia e por metro quadrado de área comercial (Denver Water Departament, 1981).....	
8. Coeficientes médio de utilização da água por trabalhador em cada atividade(Santos, 1984, LNEC).....	
9. Coeficiente médio de utilização da água por trabalhador do LNEC comparado com CESL(1981) e Thackray and Archibald (1981).....	
10. Consumos específicos da SABESP Camboriú, 1983.....	
11 Consumos Específicos da SABESP (Camboriú, novembro de 1983 mas não adotado pela mesma.....	
12. Softwares existente nos EstadosUnidos- IWR-MAIN e WATFORE.....	
13 Estimativas da Demanda Residencial	

Índice

Índice

de Água Potável.....	27
14 Estimativa do consumo residencial por área e renda familiar.....	35
15. Tabelas citadas por Metcalf & Eddy.....	37
16. Código de Instalações Prediais de Água e Esgoto de Porto Alegre.....	39
17. Coeficientes citados por Syed R. Qasim,1994.....	40
18. Média de uso de água para consumo não residencial conforme Planning (1994) in Dziegielewski et all in Mays,1996.....	42
19. Estimativa de consumo diário de água segundo Macintyre,1982.....	44
20. Vazões conforme Planning and Management Consultants, Ltd (1996).....	46
21. Picos de consumo.....	48
22. Tabelas de Previsão de Consumo de Água.....	49
23. Referências Bibliográficas.....	61

1 Introdução

As categorias de consumo de água em instalações prediais, pode ser residencial, comercial, industrial e pública.

O ***Consumo Residencial*** é relativo as residências unifamiliares e edifícios multi-familiares.

O ***Consumo Comercial*** é de Restaurantes, Hospitais e Serviços de Saúde, Hotéis, Lavanderias, Auto-Posto e Lava-rápidos, Clubes Esportivos, Bares, Lanchonetes e Lojas.

O ***Consumo Industrial*** são: Indústrias Químicas e produtos afins, Indústrias Metalúrgica Básica, Indústria de papeis, Indústria de Alimentação, Equipamentos elétricos e eletrônicos, Equipamentos de Transportes e Indústrias Têxteis. As indústrias consomem muita água e se utilizam de água subterrânea (poços artesianos), córregos, águas de chuvas, reciclagem dos esgotos e água transportada por caminhões tanque.

Segundo Cheremisinoff, 1993, o uso da água em projetos industriais, pode ser dividido resumidamente em quatro grupos: água para alimentação de caldeiras, água para resfriamento, água para processo e água para diversos fins. Dependendo da pressão das caldeiras temos uma qualidade de água apropriada.

A água para resfriamento, quando após o uso a mesma é descartada, é diferente de uma água para resfriamento, quando há o reaproveitamento da mesma. A água para diversos fins, pode ser usada em lavatórios, chuveiros, banheiros, cozinha, etc. É o que se chama de consumo doméstico em uma indústria.

Na categoria de ***Consumo Público***, estão os Edifícios Públicos, Escolas, Parque Infantil, Prédios de Unidades de Saúde Pública, Paço Municipal, Cadeia Pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

Os uso da água em consumo urbano, segundo Maddaus, 1987 dividem-se em usos internos e externos, conforme Tabela 1.1. O uso externo deve-se a rega de jardins, passeios, lavagem de carros, etc. O uso interno trata-se de consumo doméstico e outros tipos de consumo.

Tabela 1.1-Categorias de Consumo e Uso Interno e Externo da Água

Uso urbano da água	Uso da água
<i>Residencial</i>	
Unifamiliar	Uso interno
	Uso externo: rega de jardins, lavagem de carros, etc
Multifamiliar	Uso interno
	Uso externo
<i>Comercial</i>	Uso interno
	Uso externo
<i>Industrial</i>	Uso Interno: Água de Processo, Água para resfriamento e Água para fins domésticos
	Uso externo
<i>Público</i>	Uso interno
	Uso externo

Fonte: Maddaus, 1987, AWWA.

2 Objetivo

Obter elementos para estimativa dos volumes diários e mensais, que são necessários para os projetistas de instalações prediais de água fria e para os engenheiros e técnicos que trabalham em serviço de abastecimento de água potável.

Os volumes diários ou mensais podem ser usados para:

- a) dimensionamento dos **ramais prediais** de ligações de água;
- b) dimensionamento dos **hidrômetros e dos cavaletes**;
- c) dimensionamento do **volume mínimo de reservatórios** domiciliares de água potável;
- d) **lançamento de tarifa de esgotos sanitários**, quando os mesmos usarem outra fonte de abastecimento de água, tais como poços freáticos, poços artesianos, água de chuva e caminhões pipa;
- e) lançamento de tarifa de água e esgotos sanitários, quando for constatada **ligação clandestina** de água potável ou hidrômetro quebrado;
- f) **monitoramento do consumo médio mensal**, comparando o volume médio mensal estimado de uma residência, por exemplo, com o volume médio dos últimos seis meses e

- g) apoio técnico em demandas judiciais** para justificar lançamento de tarifa de água e esgoto sanitário em ligações clandestinas.

3 Desagregação da água

É muito importante que se conheça a desagregação da água, isto é, de que maneira a água é consumida em uma residência, em indústrias, em vários tipos de comércios, etc.

Em 1986 Brown e Caldwell dos Estados Unidos, fizeram a seguinte estimativa de consumo, apresentada por Dziegielewski, 1993 conforme Tabela 2.1.

A bacia sanitária consome 35% da água do consumo interno de uma residência. O segundo consumo de água em uma residência é na lavagem de roupas, que é 22% do consumo residencial.

Tabela 2.1-Consumo Residencial

Consumo Interno em uma residência	Porcentagem de consumo em uma residência
Bacia Sanitária	35%
Lavagem de Roupa	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banhos	10%
Lavagem de pratos	2%
Total	100%

Fonte: Brown e Caldwell, 1986 in Dziegielewski, 1993.

Conforme Tabela 3.1, o consumo doméstico médio na Dinamarca é de 200 litros/dia/habitante. Gasta-se 20% do consumo interno e externo de uma residência, nas bacias sanitárias.

Tabela 3.1-Distribuição do Consumo de Água por Habitante na Dinamarca

Desagregação do consumo	Consumo em litros/dia/habitante	Porcentagem
Alimentação	10	5
Banhos	40	20
Higiene Pessoal	20	10
Descarga na bacia sanitária	40	20
Lavagem de roupas	30	15
Lavagem de pratos	40	20
Lavagem de carros, jardins, lixo, etc	20	10
Total =	200	100

Fonte: Jensen, 1991, IWSA

Em 1995 a AWWA apresentou pesquisa feita em Denver em 1991, Colorado, Estados Unidos onde foram verificados os consumos de água de seis indústrias da região, 4 engarrafadoras, 5 fábricas de comida, 4 serviços de saúde, 4 lavanderias, 3 edifícios comerciais, 2 hotéis, 3 restaurantes e 5 escolas e universidades, conforme Tabelas 4.1 a 12.1

Tabela 4.1- Uso da água em seis indústrias em Denver, Colorado

Uso da água em seis indústrias	Uso da água em porcentagem
Água para resfriamento e aquecimento	48,1
Consumo doméstico	17,1
Perdas d'água	8,8
Água de processo industrial	7,6
Resfriamento sem reaproveitamento	6,6
Água para rega de jardim	4,6
Outros	3,0
Vazamentos	2,7
Lavagem e limpeza	0,9
Água gasta na cozinha	0,6
Gasto total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Observar que o consumo de água em uma indústria em Denver, 48,1% devido a água para resfriamento e 17,1% de água para consumo doméstico.

Tabela 5.1- Uso da água em 4 engarrafadoras em Denver, Colorado

Uso da água em 4 engarrafadoras	Uso da água em porcentagem
Água de processo	56,0
Água para resfriamento e aquecimento	11,3
Água para lavagem e limpeza	11,1
Perdas de água	9,5
Outros usos	3,9
Consumo doméstico	3,3
Água para resfriamento s/reaproveitamento	2,6
Água para rega de jardins	1,4
Vazamentos de água	0,9
Total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 6.1- Uso da água em 5 fábricas de comida em Denver, Colorado

Uso da água em 5 fábrica de comida	Uso da água em porcentagem
Água para lavagem e sanitária	41,9
Água para resfriamento e aquecimento	19,1
Água para resfriamento s/ reaproveitamento.	14,4
Água de processo	12,7
Perdas de água	6,0
Consumo doméstico	3,3
Vazamentos de água	1,6
Outros usos da água	0,9
Água para lavanderia	0,1
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 7.1-Uso da água em 4 serviços de saúde em Denver, Colorado

Uso da água em 4 serviços de saúde	Uso da água em porcentagem
Consumo doméstico	39,6
Água para lavanderias	12,4
Água para resfriamento e aquecimento	10,8
Resfriamento da água s/ reaprov.	8,8
Água de processos	7,5
Perdas de água	5,4
Água para Lavagem e sanitária	4,8
Água para cozinhas	4,5
Água para regas de jardim	3,8
Outros usos da água	2,4
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 8.1-Uso da água em 4 lavanderias em Denver, Colorado

Uso da água em 4 lavanderias	Uso da água em porcentagem
Água para lavanderia	89,8
Consumo doméstico da água	3,5
Perdas de água	3,3
Água para resfriamento e aquecimento	1,6
Outros usos da água	0,7
Limpeza e sanitária	0,5
Água para resfriamento s/ reaprov.	0,3
Vazamentos de água	0,3
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 9.1-Uso da água em 3 edifícios comerciais em Denver, Colorado

Uso da água em três edifícios comerciais	Uso da água em porcentagem
Consumo doméstico	40,4
Água para resfriamento e aquecimento	26,2
Água para rega de jardins	21,6
Perdas de água	8,7
Água para resfriamento s/ reaprov.	1,6
Água para cozinha	1,0
Vazamentos de água	0,5
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 10.1-Uso da água em 2 hotéis em Denver, Colorado

Uso da água em dois hotéis	Uso da água em porcentagem
Consumo doméstico	30,6
Água para resfriamento sem reaproveitamento	18,4
Água para lavanderias	17,2
Perdas de água	13,6
Água para resfriamento e aquecimento	10,1
Água para lavagem e sanitária	6,4
Água para cozinha	3,1
Vazamentos de água	0,6
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 11.1- Uso da água em 3 restaurantes em Denver, Colorado

Uso da água em três restaurantes	Uso da água em porcentagem
Água para cozinhas	48,5
Consumo doméstico	27,8
Perdas de água	8,7
Água para limpeza e sanitária	4,4
Água para rega de Jardins	4,3
Água para resfriamento s/ reaproveitamento.	3,2
Outros usos da água	2,3
Água para Lavanderia	0,7
Água para resfriamento e aquecimento	0,1
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

Tabela 12.1-Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado

Uso da água em cinco escolas e universidades	Uso da água em porcentagem
Consumo doméstico	47,8
Água para rega de jardins	29,5
Água para resfriamento e aquecimento	5,4
Água para resfriamento s/ reaproveitamento	5,2
Água para cozinhas	3,9
Perdas de água	3,8
Água para lavanderias	2,9
Outros uso da água	0,8
Vazamentos de água	0,7
Uso total da água =	100,0

Fonte: AWWA, 1995

As Tabela 13.1 a 18.1 abaixo conforme Santos,1984, apresentam em porcentagem a desagregação da água de doze categorias de indústrias. Desde a alimentação de caldeiras, água para resfriamento, água para lavagem do produto e água para uso doméstico, estão tabelados.

Deverá ser usada com bastante critério, devendo-se considerar que inovações tecnológicas, podem aumentar ou até diminuir o consumo de água.

Tabela 13.1–Desagregação da água na Indústria Alimentar

Tipo de Utilização da água	Indústria Alimentar				
	Abate de animais	Conserv. de peixe	Refinação de óleo	Confeitaria	Chocolates
Alimentação de caldeiras	10	36	14	1	70
Arrefecimento por submersão	-	-	-	-	-
Arrefecimento por recirculação	-	-	48	46	-
Arrefecimento direto	-	-	-	-	-
Agente em reações químicas	-	-	-	-	20
Transporte	-	-	-	-	-
Integrante do produto	-	-	-	11	2
Esterilização	-	5	-	-	3
Suypressão de poeiras	-	-	-	-	-
Humidificação	-	-	-	-	-
Lavagem de material produzido	15	37	-	1	2
Lavagem de equipamento	25	6	25	35	-
Lavagem de exteriores	47	4	5	3	1
Testes	-	-	-	-	-
Uso doméstico	3	2	3	3	2
Outros (inclui inturaria e indústria têxtil)	-	10	5	-	-

Santos, 1984

Tabela 14.1- Desagregação da água nas Indústrias de Bebidas

Tipos de Utilizações da água	Indústria de Bebidas		
	Destilaria	Refrigerantes	Engarrafamento
Alimentação de caldeiras	6	10	-
Arrefecimento por submersão	23	-	-
Arrefecimento por recirculação	17-	-	-
Arrefecimento direto	25	-	-
Agente em reações químicas	-	-	-
Transporte	-	-	-
Integrante do produto	40	80	-
Esterilização	-	-	-
Supressão de poeiras	-	-	-
Humidificação	-	-	-
Lavagem de material produzido	2	-	-
Lavagem de equipamento	19	10	95
Lavagem de exteriores	2	-	-
Testes	-	-	-
Uso doméstico	2	-	5

Santos, 1984

Tabela 15.1- Desagregação da água nas Indústrias Têxtil

Tipos de Utilizações da água	Tecelagem e tinturaria	Fábrica de telas impermeáveis
Alimentação de caldeiras	13	9
Arrefecimento por submersão	-	-
Arrefecimento por recirculação	2	-
Arrefecimento direto	4	85
Agente em reações químicas	-	-
Transporte	-	-
Integrante do produto	-	-
Esterilização	-	-
Supressão de poeiras	-	-
Humidificação	2	-
Lavagem de material produzido	11	-
Lavagem de equipamento	2	5
Lavagem de exteriores	2	-
Testes	-	-
Uso doméstico	4	1
Outros	60	-

Santos, 1984

Tabela 16.1–Desagregação da água em diferentes indústrias

Tipo de Utilização da água	Indústria de curtume	Indústria de papel	Indústria Química de Tintas e Resinas	Indústria Química de sabões
Alimentação de caldeiras	1	25	-	4
Arrefecimento por submersão	-	-	10	80
Arrefecimento por recirculação	-	-	7	-
Arrefecimento direto	-	-	13	-
Agente em reações químicas	-	-	27	-
Transporte	-	-	-	-
Integrante do produto	-	63	18	3
Esterilização	-	-	-	-
Suypressão de poeiras	-	-	-	-
Humidificação	-	-	-	-
Lavagem de material produzido	90	-	2	-
Lavagem de equipamento	6	2	17	-
Lavagem de exteriores	2	-	2	1
Testes	-	-	1	-
Uso doméstico	1	3	3	2
Outros	-	7	-	-

Santos, 1984

Tabela 17.1–Desagregação da água em diferentes indústrias

Tipo de Utilização da água	Indústria da borracha	Indústria de cimento	Indústria Metalúrgica Básica	Indústria de maquinário e equipamentos
Alimentação de caldeiras	25	-	-	1
Arrefecimento por submersão	8	-	-	-
Arrefecimento por recirculação	15	-	7	-
Arrefecimento direto	51	-	13	2
Agente em reações químicas	-	-	10	-
Transporte	-	-	-	-
Integrante do produto	-	51	4	-
Esterilização	-	-	-	-
Supressão de poeiras	-	-	2	-
Humidificação	-	3	-	-
Lavagem de material produzido	-	3	29	4
Lavagem de equipamento	-	31	3	3
Lavagem de exteriores	-	2	2	2
Testes	-	-	-	-
Uso doméstico	1	10	30	88
Outros	-	-	-	-

Santos, 1984

Tabela 18.1–Desagregação da água em diferentes indústrias

Tipo de Utilização da água	Indústria de transformação diversa	Estações e serviço de reparações	Porcentagem global na Indústria de Transformação	Porcentagem global
Alimentação de caldeiras	-	-	9,0	7,5
Arrefecimento por submersão	-	-	6,0	5,0
Arrefecimento por recirculação	25	-	7,5	6,2
Arrefecimento direto	-	-	9,1	7,6
Agente em reações químicas	-	-	1,0	0,8
Transporte	-	-	-	-
Integrante do produto	-	-	5,5	4,6
Esterilização	-	-	0,1	0,1
Supressão de poeiras	-	-	0,1	0,1
Humidificação	-	-	1,0	0,8
Lavagem de material produzido	25	27	9,6	12,7
Lavagem de equipamento	5	55	8,6	16,8
Lavagem de exteriores	-	11	2,0	3,0
Testes	-	-	-	-
Uso doméstico	40	7	12,1	11,3
Outros	5	-	28,5	23,5

Santos, 1984

4 Coeficientes médios de uso da água em (kg) e (litro) para indústrias (Melo e Netto, 1988)

Os coeficientes de uso da água são muito usados na previsão do consumo de água. São baseados em peso (kg), em volume (litro), em área (m²), por pessoa (habitante, empregado, per capita) e por utilidade (leito, quarto, assento).

O que veremos são os diversos coeficientes de uso da água coletados em diversos livros, sendo geralmente resultantes de pesquisas feitos em outros países, com costumes, climas e hábitos diferentes, motivo pelo qual, devemos ter os cuidados necessários para poder adotar o coeficiente mais próximo da realidade brasileira.

Um grande problema em adotar os coeficientes de uso da água, é verificar as futuras **tendências de consumo**, isto é, se irá aumentar ou diminuir e quais serão as tendências de economia da água face aos preços atuais e futuros.

Para a previsão do consumo industrial são usadas tabelas como por exemplo a Tabela 19.1, que fornecem o consumo de água necessário por kg do produto ou por litro:

Tabela 19.1-Consumo médios em indústrias

<i>Indústrias</i>	<i>Consumos/unidade de produção Litros/unid.</i>
Açúcar, usinas, kg	100
Aciarias, kg	250 a 450
Alcool, destilarias, litro	20 a 30
Cerveja, litro	15 a 25
Conservas, kg	10 a 50
Curtumes, kg	50 a 60
Laticínios, kg	15 a 20
Papel fino, kg	1500 a 3000
Papel de Imprensa, kg	400 a 600
Polpa para papel, kg	300 a 800
Têxteis, alvejamento, kg	275 a 365
Têxteis, Tinturaria, kg	35 a 70

Fonte: Melo e Netto, 1988

Precisamos de 100 litros de água para produzir um quilograma de açúcar. Para alvejamento de tecidos em uma indústria Têxtil, precisamos de 275 a 365 litros de água/kg de tecido.

Uma indústria de fabricação de cerveja gasta 15 as 25 litros de água para produzir um litro de cerveja. Os coeficientes médios são bastante utilizados no dimensionamento de uma instalação industrial, mas pouco usado quando se quer avaliar o consumo de água através dos produtos fabricados.

Revisado em 17 de setembro de 1999

5 Estimativa por empregado do uso da água nas categorias comercial, industrial e institucional (Dziegielewski et all, 1993)

Outro grande problema que existe na previsão do consumo industrial, é a variedade de técnicas, com conseqüente variação de consumo cujo coeficiente de variação (relação entre desvio padrão e a média) pode variar de até 3 vezes.

Os americanos, depois de muitas pesquisas chegaram a conclusão que a melhor correlação é o número de pessoas empregadas, cujo dado é mais fácil de se conseguir. Dziegielewski em 1990 conseguiu correlações lineares de 0,5 e correlações logarítmicas de 0,7.

Os estudos feitos por Dziegielewski foram baseados no grupamento do imposto de renda dos Estados Unidos, que estabelece as classes SIC (Standard Industrial Classification), as quais foram reproduzidas nas Tabelas 20.1 e 21.1 onde são mostradas as estimativas de uso da água nas categorias comercial e institucional, baseado no número de empregados.

A Tabela 19.1 dos consumos médios em indústrias citado acima (Melo e Netto, 1988) é útil para se usar num projeto de Instalações Hidráulicas Domiciliares de Água Fria, mas não em previsões, onde não dispomos das informações com confiança.

Tabela 20.1-Estimativa por empregado do uso da água nas categorias comercial e institucional

SIC	Categoria Comercial e Institucional	Faixa Litros/empregado./dia	
90	Administração Pública	313	525
61	Agencias de crédito	394	440
739	Agencias de negócios	401	463
70	Autos e Motos	703	1083
60	Bancos	170	222
801	Consultoria em geral	897	1346
821	Escolas	740	905
829	Escolas e Serv. educacionais	615	682
806	Hospitais	249	269
653	Imobiliária	450	631
54	Loja de comida	418	496
53	Lojas de produtos gerais	134	136
508	Maquinários	68	244
514	Mercadinho	507	564
79	Recreação e diversão	1707	1843
58	Restaurante, bar, lanchonete	457	772
805	Serviços de Enfermaria	674	1439
421	Transporte e armazenamento	228	248
822	Universidades	477	519

Fonte: Dziegielewski et all, 1993

Tabela 21.1-Estimativa do uso da água por empregado na categoria industrial

SIC	Categoria Industrial	Faixa	
		Litros/empregado/dia	
372	Aeronaves e peças	184	204
362	Aparelhos Elétricos	102	114
30	Borracha e produtos plásticos	212	347
265	Caixa de papelão	290	507
382	Dispositivos de medidas e controle	125	172
283	Drogas	346	720
366	Equipamentos de comunicação	151	211
346	Estamparia de metais	437	790
262	Fábrica de papel	5157	5820
399	Fabricantes diversos	130	133
336	Fundição de prod. Não ferrosos	186	369
275	Gráfica	130	178
271	Jornal	178	188
335	Laminado de prod.não ferrosos	297	406
202	Laticínios	1447	1946
355	Máq especiais para indústria	105	125
356	Máq p/indústria em geral	158	191
359	Máq. Em geral exceto elétricas	125	157
357	Máq.p/escritório e comp.	116	147
345	Máquinas de parafusos etc	373	448
354	Máquinas par metalurgia	196	206
243	Marcenaria	64	69
376	Mísseis teleguiados e veículos espaciais	278	284
232	Mobília para homens e crianças	61	129
251	Móveis para casa	97	126
252	Móveis para escritório	95	105
205	Padaria	271	393
264	Papel reciclado	343	722
344	Produtos estrut. Metálicos	239	29
349	Produtos metais variados	198	209
289	Produtos químicos	431	683
239	Produtos têxteis	94	155
233	Roupas para senhoras	48	51
347	Serviços de metais	831	1203
285	Tintas e produtos afins	130	194
209	Vários tipos de comidas	475	917

Fonte: Dziegielewski et al,1993.

Uma indústria de Aparelhos Elétricos gasta de 102 a 114 litros por empregado por dia e tem o código americano de imposto de renda SIC=362.

6 Coeficientes de uso da água em litros por dia e por empregado (Army Institute for Water Resources,1987)

Os hospitais segundo a Tabela 22.1, gastam em média 311 litros/dia/empregado, segundo Army Institute for Water Resources, que consta do livro de Billings e Jones,1996.

Tabela 22.1-Coeficientes de uso da água em litros por dia e por empregado.

Categoria	Litros/dia/empregado
Barbearias	1437
Comércios em geral	178
Escolas e Universidades	210
Hospitais	311
Hotéis e Restaurantes	705
Instalações de Gás e Eletricidade	25
Instalações Recreacionais	852
Venda de comida no varejo	118

Fonte: Army Institute for Water Resources,1987 in Billings e Jones,1996, p.16.

7 Uso da água por dia e por metro quadrado de área comercial (Denver Water Departament, 1981)

O Departamento de Água de Denver adota os seguintes coeficientes, conforme Tabela 23.1.

Tabela 23.1: Uso da água por dia e por metro quadrado de área comercial.

Tipos de Comércio	Litros/dia/m²
Depósitos	2
Edifícios de Escritórios	4
Edifícios Financeiros	4
Edifícios Médicos	7
Fábricas	3
Hotéis e Motéis	1
Lojas	5
Restaurantes	2
Shopping Centers	4
Teatros	7

Fonte: Hoddinot, M.,1981 in Billings & Jones, 1996, p.16.

Consumos Médios Diários em litros (Melo e Netto, 1988)

Tabela 24.1-Consumos Médios Diários em litros.

Usos e Usuários	Consumo
Aeroportos, por passageiros	12
Alojamentos provisórios, por pessoa	80
Bares, por m ²	40
Camping, por freqüentador	70 a 100
Canteiros de Obras, por operário	60 a 100
Centro de Convenções, por assento	8
Cinemas, por lugar	2 a 10
Comércio, áreas de, por m ²	1 a 3
Creches, por criança	60 a 80
Distritos Industriais, por m ²	4 a 8
Escolas, por aluno (de um turno)	10 a 30
Escritórios, por ocupante efetivo	30 a 50
Escritórios, por m ²	10
Estabelecimentos comerciais, por m ²	6 a 10
Estação ferroviária e rodoviária, por passageiro	15 a 40
Hospital, por leito	300 a 600
Hotéis, por hóspede	250 a 500
Igrejas e templos, por freqüentador	2
Indústrias, para fins higiênicos, por operário	50 a 70
Irrigação de áreas, por hectare(litros/segundo)	1,0 a 2,0
Irrigação de áreas, por sprinkler(litros/hora)	300
Jardins, rega com mangueira(litros/hora)	300 a 600
Lavagem de pátios e calçadas, por m ²	1 a 2
Lava rápidos automáticos, de carros, por veículo	250
Lavanderias, por kg de roupa	1 a 2
Lojas, por m ²	6 a 10
Lanchonete, por assento	4 a 8
Matadouros, por cabeça grande abatida	300
Matadouros, por cabeça pequena abatida	150
Mercados, por m ²	5 a 10

Fonte: Melo e Netto, 1988

Tabela 25.1-(Continuação) Consumos Médios Diários em litros.

Usos e Usuários	Consumo
Motéis, por apartamento	300 a 600
Parques e áreas verdes, por m ²	2
Piscinas públicas, por usuário	30 a 50
Piscinas públicas, por m ²	500
Quartéis, por soldado	100 a 200
Residência, por dormitório	200 a 400
Restaurantes nas rodovias por assento	75 a 250
Restaurantes urbanos por refeiçõeservida	20 a 30
Restaurantes urbanos por assento	80 a 120
Teatros, por assento	5 a 10
Templos religiosos, por freqüentador	2

Fonte: Melo e Netto, 1988.

8 Coeficientes médio de utilização da água por trabalhador em cada atividade (Santos, 1984, LNEC)

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC), publicou em 1984 pesquisa de campo de 1.512 indústrias, realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Ave em Portugal, cujo título é: “Utilização da Água na Indústria” escrito pela Dr.a Maria Alzira Santos.

As conclusões das pesquisas são apresentadas na Tabela 26.1 para cada atividade com unidades em metros cúbicos/trabalhador/ano, ou metros cúbicos/trabalhador/mês ou em litros/trabalhador/dia.

Tabela 26.1-Coefficientes médio de utilização da água por trabalhador em cada atividade

Atividade	LNEC m³/trab/ano	LNEC Coef. m³/ trab/mês/	LNEC Coef. litros/ trab/dia
Abate de animais	656,0	54,7	2733
Chocolates	22,2	1,9	93
Confeitaria	166,6	13,9	694
Conservação de peixes	285,0	23,8	1188
Destilação de Aguardente	68,5	5,7	285
Estações de Serviços e Reparações	49,1	4,1	205
Fab. De telas impermeáveis	2785,0	232,1	1160 4
Indústria de Borracha	1192,0	99,3	4967
Indústria de Cimento	5472,6	456,1	2280 3
Indústria de Curtumes	1824,0	152,0	7600
Indústria de Papel	173,3	14,4	722
Indústria Metalúrgica Básica	92,4	7,7	385
Indústria Transformadora Diversa	117,2	9,8	488
Maquinária e Equipamento	20,7	1,7	86
Média da Indústria Alimentar	1644,6	137,1	6853
Média da Indústria de bebida	80,8	6,7	337
Média da Indústria Química	352,5	29,4	1469
Média da Indústria Têxtil	736,5	61,4	3069
Reengarrafamento	390,0	32,5	1625
Refinação de óleos	45283,0	3773,6	1886 79
Refrigerantes	831,5	69,3	3465
Sabões	493,5	41,1	2056
Tecelagem e Tinturaria	725,6	60,5	3023
Tintas e Resinas	176,2	14,7	734
Valor médios das indústrias	700,8	58,4	2920

Fonte: Santos, 1984, LNEC.

9 Coeficiente médio de utilização da água por trabalhador do LNEC comparado com CESL (1981) e Thackray and Archibald (1981)

O LNEC fez comparações baseada nos Estudos das Condições de Utilização de Água nas Indústria, feito em Lisboa em 1981, conhecido como CESL,1981 e *The Severn-Trent Studies of Industrial Water Use* feito por Thackray e Archibald em 1981, conhecido como Thackray and Archibald (1981).

A Tabela 27.1 apresenta as comparações dos coeficientes médios de utilização de água em indústria, tendo como unidade o metro cúbico por trabalhador por ano. Observar a grande variação de resultados obtidos, havendo grande influência da maquinaria e tecnologia das

indústrias pesquisadas, como mostra os coeficientes médios da Indústria de Papel, que varia de 173,3 m³/trabalhador/ano até 115.440 m³/trabalhador/ano.

Tabela 27.1-Coeficiente médio de utilização da água por trabalhador do LNEC comparado com CESL (1981) e Thackray and Archibald (1981).

Atividade	LNEC (1984) m³/trab/ano	CESL (1981) m³/trab/ano	Archibald (1981) m³/trab/ano
Indústria de Borracha	1192	1260	(1)
Indústria de Cimento	5472,6	1260	(1)
Indústria de Curtumes	1824	192	(1)
Indústria de Papel	173,3	115440	529,3
Indústria Metalúrgica Básica	92,4	10176	(1)
Maquinaria e Equipamento	20,7	400	(1)
Média da Indústria Alimentar	1644,6	1378	529,3
Média da Indústria Química	352,5	14352	2845
Média da Indústria Textil	736,5	691,2	2070,5
Valor médios das indústrias	700,8	(1)	516,3

Fonte: Santos, 1984, LNEC.

(1) : dado não disponível.

10 Consumos Específicos da SABESP (Camboriú, novembro de 1983)

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) tem vários modelos de *Análise de Regressão Linear Múltipla* que foram elaborados pela firma de consultoria IESA (Internacional de Engenharia S.A.) e apresentados no Congresso da ABES de Camboriú em Santa Catarina de 20 a 25 de novembro de 1983 (Berenhauser e Pulici,1983), os quais foram adotados pelo SAAE de Guarulhos desde 1984.

A Tabela 28.1 apresenta os consumos médios mensais para diversos tipos de consumidores. As variáveis são quantidade de chuveiros, números de funcionários, área construída, número de leitos, número de bacias sanitárias e outras.

Tabela 28.1-Determinação de Consumos Específicos da SABESP

Tipo de Consumidor	Consumo m³/mês
Clubes Esportivos(1)	(26 x n.º de chuveiros)
Creches	(3,8 x n.º de funcionários) + 10
Edifícios Comerciais(2)	(0,08 x área construída)
Escolas de Nível Superior	(0,03 x área construída) + (0,7 x n.º de funcionários) + (0,8 x n.º de bacias)+50
Escolas Pré, 1º e 2º Graus	(0,05 x área construída)+ (0,1 x n.º de vagas)+ (0,7 x n.º de funcionários)+20
Hospitais	(2,9 x n.º de funcionários) + (11,8 x n.º de bacias) + (2,5 x n.º de leitos) +280
Hotéis de 1ª Categoria (4)	(6,4 x n.º de banheiros) + (2,6 x n.º de leitos) + 400
Hotéis de 2ª Categoria(5)	(3,1 x n.º de banheiros) +(3,1 x n.º de leitos) – 40
Lavanderias Industriais	(0,02 x kg de roupa/mês)
Motéis	(0,35 x área construída)
Prédios de Apartamentos	(6 x n.º de banheiros) + (3 x n.º de dormitórios) + (0,01 x área construída)+ 30
Prontos-socorros (3)	(10 x n.º de funcionários) - 70
Restaurantes	(7,5 x n.º de funcionários)+ (8,4 x n.º de bacias)

Fonte: Berenhauser e Pulici,1983, SABESP.

- (1) Estabelecimentos com quadra esportiva e/ou piscina e pelo menos 5 chuveiros.
- (2) Estabelecimentos sem instalações de restaurantes e/ou lanchonetes.
- (3) Estabelecimentos com mais de 20 funcionários.
- (4) Estabelecimentos de categoria média e acima (5, 4 e 3 estrelas).
- (5) Estabelecimentos de categoria abaixo média.

Para termos uma média do consumo mensal de uma creche, devemos conforme a Tabela 28.1, multiplicar o número de funcionários por 3,8 e somar mais 10 m³. Para um prédio de apartamento, teremos a estimativa do consumo médio mensal conhecendo-se o número de banheiros, o número de dormitórios e a área construída.

11 Consumos específicos citados pela SABESP em 1983 (Camboriú), mas não adotados pela mesma

A SABESP apresentou a Tabela 29.1 de consumos específicos para comparar com o modelo adotado através de Análise de Regressão Múltipla.

Tabela 29.1-Consumos Específicos citados pela SABESP em 1983 (Camboriú)

Tipo de Consumidor	Consumo (litros/24 horas)
Creches	50/ capita
Escolas-externatos	50/capita
Escritórios	200/WC
Hospitais	250/leito
Hotéis (sem cozinha e s/ lavanderias)	120/ hóspede
Lavanderias	30 kg de roupa
Prédios de Apartamentos	400/dorm. Família + 200/dorm. empregada
Restaurantes	25/refeição

Fonte: Berenhauser e Pulici, 1983, Sabesp.

Para avaliar a Tabela 29.1 comparando com os modelos propostos pela mesma na Tabela 28.1, foi adotado o seguinte critério:

A somatória dos quadrados dos desvios SR é fornecida pela expressão:

$$SR = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Sendo:

Y_i = consumo medido de cada elemento, isto é, o consumo observado;

\hat{Y}_i = consumo estimado pelo modelo, aplicado a cada elemento;

SR = somatória dos desvios, ou valores residuais, ao quadrado.

O valor SR pode ser chamado pela somatória das variações não explicadas, pois como se sabe o total das variações em uma análise de regressão é a soma de duas parcelas, a soma das variações explicadas e a soma das variações não explicadas. A SABESP através da relação da variações não explicadas do modelo dos coeficientes e do modelo proposto, obtido por análise de regressão linear múltipla. Para maiores esclarecimentos, ver página 16 de Dick R. Wittink, 1988.

O confronto entre as duas estimativas pode ser dado pela relação:

$$S = \sqrt{\frac{SR \text{ (modelo existente)}}{SR \text{ (modelo proposto)}}$$

Utilizando a fórmula acima e aplicando a mesma a cada tipo de consumidor e comparando com os modelos propostos pela SABESP (Tabela 28.1), foram achados os seguintes valores na Tabela 30.1:

Tabela 30.1-Tipo de consumidor com os valores de “S” obtido

Tipo e Consumidor	N º de Elem entos	Valor de S
Creches	16	7,7
Edifícios Comerciais	34	1,9
Escolas pré, 1º e 2º graus	31	53,8
Hospitais	45	2,8
Hotéis de 2ª categoria	22	36,4
Lavanderias Industriais	7	3,7
Prédios de apartamentos	47	3,6
Restaurantes	38	90,0

Fonte: Berenhauser e Pulici, 1983, Sabesp.

Como exemplo, a SABESP cita que um prédio de apartamento calculado com os coeficientes específicos citados, apresenta um S=3,6 maior que o modelo proposto. Observar que para restaurantes, o valor de S=90,0 o que mostra que a adoção do coeficiente 25 litros por refeição na Tabela 29.1, é totalmente inadequada.

Revisado em 17 de setembro de 1999
12 Softwares existente nos Estados Unidos: IWR-MAIN e
WATFORE

Lembremos somente que o software *IWR-MAIN* (Institute for Water Resources- Municipal And Industrial Needs) Versão 6 (mais recente), existe desde 1970, para prever o consumo de água.

O *IWR-MAIN* pode ser adquirido através do U.S. Army Corps of Engineers. O consumo não residencial no IWR é calculado pelo coeficiente que fornece o volume de água por pessoa empregada. As previsões são feitas para os Estados Unidos nos meses de verão em maio a outubro e para o mês de inverno de novembro a abril.

Outro software denominado usado nos Estados Unidos é o WATFORE (Water Forecasting) , o qual é destinado a **previsões** diárias nas cidades nos períodos de poucos dias até poucos meses.

13 Estimativas da Demanda Residencial de Água Potável

Existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial usado nos Estados Unidos, semelhante ao usado pelas companhias americanas de eletricidade.

A grande dificuldade de se aplicar os parâmetros de engenharia, é o grande volume de informações necessários e nem sempre disponíveis.

Tais parâmetros de engenharia servem para verificar o consumo de uma residência para caso especial.

Nas Tabelas 31.1 e 32.1 estão os parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água. Infelizmente não temos pesquisas sobre os mesmos em nosso país. Para o Brasil os dados apresentados são estimados por nós.

Tabela 31.1-Parâmetros de Engenharia Estimativas da Demanda Residencial de Água Potável.

Uso Interno	Unidades	Faixa	
Dados dos Estados Unidos			
Núm. Pessoas na casa	m³/pessoa/mês	2	3
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6
Volume de descarga	Litros/descarga	6,048	30,24
Vazamento. nas toilets	Porcentagem	0	30
Frequência de Banho	Banho/pessoa/dia	0	1
Duração do banho	Minutos	5	15
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,0945	0,315
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2
Volume de água	Litros/banho	113,4	189
Máquina de Lavar Pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3
Volume de água	Litro/ciclo	37,8	56,7
Máquina de Lavar Roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,3
Volume de água	Litro/ciclo	170,1	189
Torneira da Cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	3
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189
Torneira de Banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	3
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189
Dados do Brasil			
Vazão chuveiro elétrico	Litros/segundo	(1)	0,08
Torneira de banheiro	Litros/segundo	(1)	0,1
Torneira de cozinha	Litros/segundo	(1)	0,1
Descarga na bacia	Litros/descarga	6	12
Lavadora de pratos	Litros/ciclo	18	70

Fonte: Brown and Caldwell 1984, Boland et al., 1990 in Dziegielewski et all ,1993.

(1) não há dados disponíveis

Tabela 32.1-Parâmetros de Engenharia Estimativas da Demanda Residencial de Água Potável Para Uso Externo.

Uso externo	Unidades	Faixa	
Casas com piscina(Brasil)	Porcentagem	(1)	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m²	(1)	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	(1)	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	1	2
Mang. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	(1)	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m²	(1)	3
Perdas p/ evap. em piscina	Litros/dia/m²	2,5	5,75
Reench. de piscinas	Cinco anos	1	2
Tamanho da casa	m²	30	450
Tamanho do lote	m²	125	750

Fonte: Brown and Caldwell(1984), Boland et al. (1990) in Dziegielewski et all 1993

(1): não há dados disponíveis.

Dados da Holanda

Em dezembro de 1993 o Journal of Water Supply Research and Technology AQUA da IWSA, apresentou artigo sobre consumo de água na Holanda feito por G.E. Achttienribbe, cujas conclusões apresentaremos resumidamente na Tabela 33.1.

Os estudos foram feitos no ano de 1992 em 1.000 famílias na Holanda para conhecer o consumo real e tomar as providências para economia de água no futuro.

Tabela 33.1-Componentes do consumo de água na Holanda em 1992

Componentes da demanda	Litros/uso	Freqüência/dia	Uso litros/dia/ pessoa
Banheira	120	0,17	8,0
Chuveiro	63,5	0,63	39,5
Lavagem de mão	4	0,97	3,7
Bacia sanitária	7,16	5,94	42,7
Máquina de lavar roupas	100	0,25	23,2
Lavagem de roupas com as mãos	40	0,06	2,4
Máquina de lavar pratos	25	0,22	0,7
Lavagem de pratos com as mãos	11,2	0,78	8,8
Preparação de comida			2,6
Outros			3,3
Total			134,9

Fonte: Achttienribbe, 1993, IWSA.

Na Holanda 39% das casas têm banheira e a freqüência de banho em banheiras, tem diminuído substancialmente. A tendência é de se usar mais chuveiros.

Na Holanda 60% da pessoas fecham a torneira quando escovam os dentes. As pessoas escovam os dentes duas vezes por dia. O barbear-se usando água é mais usual nos jovens (59%) do que nos idosos (40%). Trinta por cento deixam a torneira aberta enquanto se barbeiam.

Na Holanda a capacidade do reservatório da bacias sanitária é de 9 litros, sendo que quando se dá a descarga, fica sempre de reserva 25%. As pessoas idosas usam mais a bacia sanitária que as mais novas, enquanto que as mulheres usam mais a bacia sanitária que os homens. As pessoas usam a bacia sanitária fora de casa somente uma vez por dia. Os homens usam a bacia sanitária 6,8 vezes ao dia, enquanto que a mulher usa 7,6 vezes ao dia.

Noventa por cento das famílias têm máquinas de lavar roupas. As máquinas usam 100 litros de água cada vez e as mais modernas 70 litros. O uso por pessoa por dia é 0,25.

Treze por cento das famílias na Holanda têm máquinas de lavar pratos. A freqüência de uso é de 0,22 vezes por pessoa/dia com um consumo baixo de 0,7 litros/pessoa/dia. As máquinas de lavar pratos gastam 68% mais água do que lavar pratos com as mãos. Em 35% da amostra pesquisada, as pessoas enxáguam os pratos, principalmente em água quente (85%), antes de introduzir na máquina de lavar pratos.

Qasim, Syed R.,1994 cita na Tabela 34.1, a desagregação da água em uma residência. As descargas na bacia sanitária continua sendo o maior consumo em uma casa, atingindo 41% do consumo total.

Tabela 34.1-Desagregação da água em uma residência

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descargas na bacia sanitária	41%
Banho e lavagem de roupa	37%
Cozinha- água para beber e cozinhar	2 a 6%
Cozinha-lavagem de pratos	3 a 5%
Cozinha-Disposição de lixos	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza e arrumação geral na casa	3%
Rega de Jardim com sprinkler	3%
Lavagem de Carros	1%
Total=	100%

Fonte: Qasim, Syed R.,1994.

Qasim, Syed R.,1994 cita na Tabela 35.1, alguns valores usuais do uso da água em vários dispositivos existentes em uma residência.

Tabela 35.1-Valores típicos dos dispositivos residenciais

Dispositivos	Faixa de vazão
Torneira residencial	10 a 20 litros/minuto
Lavagem de mãos	4 a 8 litros/uso
Chuveiro- uso	90 a 110 litros/uso
Chuveiro- vazão	19 a 40 litros/minuto
Banheira	60 a 190 litros/ uso
Bebedouro de vazão constante	4 a 5 litros/minuto
Lavagem de Pratos	15 a 30 litros/carga
Irrigação com sprinkler	6 a 8 litros/minuto
Disposição de lixo	6000 a 7500 litros/semana
Disposição de lixo	4 a 8 litros/pessoa/dia
Máquina de lavar roupa	100 a 200 litros/carga
Vazamentos em torneiras	10 a 1000 litros/dia
Descarga na bacia sanitária	19 a 27 litros/uso
Vazão da descarga da bacia sanitária c/válvula	90 a 110 litros/minuto
Descarga da bacia com caixa	19 a 27 litros/uso

Fonte: Qasim, Syed R.,1994.

Vamos dar um exemplo de aplicação dos parâmetros de engenharia, para previsão de consumo de uma residência, aplicando o método usado pelos americanos em eletricidade e adaptado para o consumo d'água.

EXEMPLO:

Residência com 5 (cinco) pessoas com área construída de 450 m², em terreno com área de 1.200 m². A piscina tem 5 m x 8 m x 1,6 m. O número total de automóveis é 4. A área de jardim é de aproximadamente 500 m². Vamos calcular o uso interno e o uso externo da água na referida residência.

USO INTERNO

Bacia Sanitária

Consideremos que cada pessoa ocupe a bacia sanitária 4 (quatro) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 12 litros. Consideremos ainda um vazamento de 5% em cada descarga. Teremos então:

$5 \text{ pessoas} \times 4 \text{ descargas/pessoa/dia} \times 12 \text{ litros/descarga} \times 1,05 \text{ (vazamentos)} \times 30 \text{ dias} = 7.560 \text{ litros/mês.}$

Banho no Chuveiro

Comumente no Brasil é uso do chuveiro elétrico, sendo o normal 1 banho/ pessoa/dia. A duração do banho depende do hábito das pessoas, mas o usual é que o banho de chuveiro demore em média 5 (cinco) minutos. A vazão do chuveiro elétrico de uma residência é cerca de 0,08 litros/segundo. Teremos então:

$5 \text{ pessoas} \times 1 \text{ banho/pessoa/dia} \times 0,08 \text{ litros/segundo} \times 60 \text{ segundos} \times 5 \text{ minutos} \times 30 \text{ dias} = 3.600 \text{ litros/mês.}$

Banho na Banheira

Como a casa tem banheira e o uso da banheira de modo geral é bem pequeno, adotemos 0,1 banho/pessoa/dia e o volume gasto na banheira seja de aproximadamente de 113 litros de água.

Então:

$5 \text{ pessoas na casa} \times 0,1 \text{ banho/pessoa/dia} \times 113 \text{ litros/banho} \times 30 \text{ dias} = 1.695 \text{ litros/mês.}$

Torneira na Cozinha

Supomos que cada pessoa na casa gaste 1 (um) minuto por dia com a torneira da cozinha, cuja vazão da mesma é de 0,1 litros/seg. Então teremos:

$5 \text{ pessoas} \times 0,1 \text{ litros/seg.} \times 60 \text{ segundos} \times 30 \text{ dias} = 900 \text{ litros/mês.}$

Torneira de banheiro

Suponhamos da mesma maneira que a torneira da cozinha que cada pessoa gaste 1 (um) minuto por dia com a torneira do banheiro, sendo a vazão a mesma, isto é, 0,1 litros por segundo. Então:

$5 \text{ pessoas} \times 0,1 \text{ litros/seg.} \times 60 \text{ segundos} \times 30 \text{ dias} = 900 \text{ litros/mês.}$

Lavagem de roupa

Como existe máquina de lavar roupa, suponhamos que a carga seja de 0,2 carga/pessoa/dia, com 170 litros por ciclo. Teremos:

$5 \text{ pessoas} \times 0,2 \text{ carga/pessoa/dia} \times 170 \text{ litros/ciclo} \times 30 \text{ dias} = 5.100 \text{ litros/mês.}$

Máquina de Lavar Pratos

Como existe máquina de lavar pratos, consideremos que a mesma tenha carga de 0,2 carga/pessoa/dia , gastando 37 litros por carga. Para orientação, uma máquina de lavar pratos Enxuta gasta na lavagem completa 18 (dezoito) litros de água, para pressões variando de 0,2 a 8,0 kgf/cm². Para caso termos 5 (cinco) pessoas:

$5 \text{ pessoas} \times 0,2 \text{ carga/pessoa/dia} \times 37 \text{ litros/carga} \times 30 \text{ dias} = 1110 \text{ litros/mês.}$

Em resumo o consumo interno da casa será:

Tabela 36.1-Exemplo de aplicação – Uso interno

Uso Interno	Consumo em litros/mês
Bacia Sanitária	7560
Banho no Chuveiro Elétrico	3600
Banho na banheira	1695
Torneira da cozinha	900
Torneira do banheiro	900
Lavagem de roupa	5100
Lavagem de pratos	1110
Soma total do uso interno =	20865

USO EXTERNO

O uso externo da casa, são a rega de jardins, passeios, lavagem de carros etc.

Gramado ou Jardim

Como a área de jardim de 500 m² e como gasta-se 2 litros/dia/m² e ainda sendo a frequência de lavagem de 8 vezes por mês ou seja 0,26 vezes/mês teremos:

$500 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times 0,26 \text{ vezes/mês} \times 30 \text{ dias} = 7.800 \text{ litros/mês.}$

Lavagem de carro

Considerando a frequência de lavagem de carros de uma vez por mês e que o gasto seja de 150 litros por lavagem teremos:

$4 \text{ carros} \times 150 \text{ litros/lavagem} \times 1 = 600 \text{ litros/mês.}$

Piscina

A piscina tem área de 5 metros por 8 metros ou seja 40 metros quadrados. Sendo a manutenção da mesma feita 8 (oito) vezes por mês, isto é, frequência de 0,26 vezes/mês e como o consumo de água de manutenção da piscina é de 3 litros/dia/m² teremos:

$3 \text{ litros/dia/m}^2 \times 40 \text{ m}^2 \times 0,26 \times 30 \text{ dias} = 936 \text{ litros/mês}$

Mangueira de Jardim

Supondo que a mangueira de jardim seja usada em 20 dias por mês teremos:

$50 \text{ litros/dia} \times 20 \text{ dias} = 1.000 \text{ litros/mês}$

Tabela 37.1-Exemplo de aplicação – Uso externo

Uso externo	Consumo mensal em litros
Gramado ou Jardim	7800
Lavagem de carro	600
Manutenção da Piscina	936
Mangueira de Jardim	1000
Soma total do uso externo=	10336 litros/mês

Em resumo, teremos para uso interno o consumo de 20.865 litros/mês e para uso externo o consumo de 10.336 litros/mês, dando um total de 31.201 litros por mês. Arredondando, teremos um consumo mensal estimado de 31 m³.

Como a média é de 5 pessoas, o consumo médio será de 6,2 m³/pessoa/mês. Observar que o consumo interno é aproximadamente 21 m³/mês (70%) enquanto que o externo é de 10 m³/mês (30%).

14 Estimativa do consumo residencial por área e renda familiar

Baseado em estudos realizados pelo Dr. Nelson Nucci e apresentados na Revista DAE, estabelecemos coeficientes residencial em litros por metro quadrado por dia para as classes de níveis de renda: A,B,C e D, conforme Tabela 38.1.

Tabela 38.1-Coefficientes Residenciais em litros por metro quadrado de área e níveis de renda do usuário.

Coeficiente Residencial litros/m ² x dia	Níveis de renda
5,3 a 6,2	Classe A
4,1 a 7,7	Classe B
10 a 18	Classe C e D
6,77 a 7,5	Valor Médio

Fonte: Nucci, Nelson.

Observar que quanto mais baixa é a renda maior é o valor do coeficiente residencial e quando mais alta é a renda menor é o coeficiente residencial do uso da água.

O valor médio do consumo residencial é 6,77 a 7,5 litros/m² x dia.

Exemplo de aplicação: apartamento de classe média baixa, localizado no Parque CECAP em Guarulhos com área de 50 m² de construção.

Tomando-se a média de 10 a 18 litros/m²/dia, temos 14 litros/m²/dia e multiplicando por 50 m² de área de construção teremos 700 litros/dia. Em 30 dias ou seja um mês, teremos: 21.000 litros ou seja 21 m³/mês.

Revisado em 17 de setembro de 1999
15 Tabelas citadas por Metcalf & Eddy

O livro Wasterwater Engineering de 1991, feito pelo escritório Metcalf& Eddy nos Estados Unidos, trás as Tabelas 39.1, 40.1, 41.1, onde são apresentados a faixa de variação dos consumos e as vazões típicas nas Instalações Comerciais, Recreativas e Industriais.

Tabela 39.1-Use típico da água em Instalações Comerciais

Usuário	Unidade	Faixa de Vazão Litros/unidade/dia		Vazão Típica Litros/un/dia
Aeroporto	Passageiro	15	19	11
Apartamento	Pessoa	378	756	378
Asilo	Residente	19	454	340
Asilo	Empregado	19	57	38
Auditórios	Assento	8	15	11
Banheiro público	Usuário	11	23	19
Cinemas	Assento	8	15	11
Escolas	Aluno	38	76	57
Escritório	Funcionário	30	76	57
Hospedaria	Hóspede	113	189	151
Hospício	Leito	302	567	454
Hospício	Funcionário	19	57	38
Hospitais	Leito	491	983	567
Hospitais	Funcionário	19	57	38
Hotel	Hóspede	151	227	189
Hotel	Empregado	30	49	38
Hotel com cozinha	Hospede	95	227	151
Lavanderia	Máquina	1512	2457	2079
Lavanderia	Lavagem	170	208	189
Lojas de Departamento	Banheiro	1512	2268	2079
Lojas de Departamento	Funcionário	30	49	38
Posto de Gasolina	Empregado	30	57	49
Posto de Gasolina	Veículos servidos	30	57	38
Prisão	Funcionário	19	57	34
Prisão	Presidiário	302	567	454
República de estudantes	Pessoa	95	189	151
Restaurante com bar e balcão	Cliente	8	15	11
Restaurante com bar e balcão	Assento	57	95	76
Restaurante convencional	Cliente	30	38	34
Restaurante rápido	Cliente	11	30	23
Shopping Center	Estacionamento	4	11	8
Shopping Center	Funcionário	30	49	38

Fonte: Metcalf & Eddy,1991.

Tabela 40.1-Típico uso da água para instalações Recreativas

Usuário	Unidade	Faixa de Vazão Litros/unidade/dia		Vazão Típica Litros/unidade/dia
Acampamento comum	Pessoa	76	151	113
Acampamento de Trailer	Trailer	284	567	473
Apartamento de férias	Pessoa	189	265	227
Área de Boliche	Pista	567	945	756
Dormitório com beliches	Pessoa	76	170	132
Parque com banheiros	Visitantes	19	38	30
Parque de Exposição	Visitantes	4	11	8

Fonte: Metcalf & Eddy,1991.

Tabela 41.1-Coefficientes típicos do uso da água em Indústrias

Indústria	Faixa Litros/toneladas do produto	
Carne Industrializada	13608	18144
Cerveja	9072	14515
Enlatados de grãos verdes	45360	64260
Enlatados de outras frutas e vegetais	3629	31752
Enlatados de pêssegos e pêras	13608	18144
Panificadora	1814	3629
Papel	109620	143640
Polpa	226800	718200
Produtos Lácteos	9072	18144
Química-Amonêa	90720	272160
Química-Dióxido de Carbono	54432	81648
Química-Lactose	544320	725760
Química-sulfetos	7258	9072
Têxteis alvejamento de algodão	181440	272160
Têxteis com tingimento de algodão	27216	54432
Whisky	54432	72576

Fonte: Metcalf & Eddy,1991.

16 Código de Instalações Prediais de Água e Esgoto de Porto Alegre.

O Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre (DMAE) através do Decreto 9369/88 adota a Tabela 42.1, com os seguintes valores mínimos em litros por dia:

Tabela 42.1-Valores mínimos adotados pelo DMAE de Porto Alegre em 1988

Prédios	Unidade	Consumo em litros/dia
Apartamentos e residências	Per capita	200
Cinemas, teatros e templos	Lugar	2
Escolas-externatos	Per capita	50
Escolas-internatos	Per capita	200
Escolas-internatos e creches	Per capita	100
Escritório e lojas	Per capita	50
Estabelecimento de banhos ou saunas	Pessoa/banho	300
Fábricas(excluído o processo industrial)	Per capita	50
Garagens para Estacionamento de veículos	Veículo	25
Hotéis e motéis	Hóspede	200
Hospitais	Leito	250
Lavanderias	Kg de roupa seca	30
Mercado	m ²	5
Posto de serviço para automóveis	Veículo	150
Restaurantes e similares	Refeição	25

Fonte: DMAE, 1988

O DMAE adota ainda a Tabela 43.1, onde estão os valores mínimos para o cálculo da população, a serem estimados da seguinte maneira:

Tabela 43.1-DMAE ,1988 valores mínimos adotados

Prédios	Número de Pessoas
Apartamentos e residências com dormitórios até 12 m²	2 pessoa
Apartamentos e residências com dormitórios mais de 12 m²	3 pessoas
Banco para cada 5 m²	1 pessoa
Cinemas, teatros e templos, para cada 0,7 m² de área	1 lugar
Escritório para cada 7 m²	1 pessoa
Museus e Bibliotecas para cada 5,5 m²	1 pessoa
Restaurante para cada 1,5 m²	1 pessoa
Sala de Hotéis para cada 5,5 m²	1 pessoa

Fonte: DMAE, 1988

17 Coeficientes citados por Syed R. Qasim,1994

Em Qasim,1994, p.27 temos a média de demanda de água nas categorias residencial, comercial e Industrial, que estão nas Tabelas 44.1, 45.1, 46.1 e 47.1.

Tabela 44.1-Média de demanda de água da Categoria Residencial.

Fonte	Unidade	Vazão em litros/unidade/dia
Acampamento	Pessoa	133
Acampamento de férias	Pessoa	190
Alojamentos de verão	Pessoa	190
Apartamento	Pessoa	230
Estacionamentos de Trailers	Pessoa	150
Hotel, motel	Quarto	380
Residência Unifamiliar de Alta Renda	Pessoa	380
Residência Unifamiliar de média renda	Pessoa	310
Residência Unifamiliar, baixa renda	Pessoa	270

Fonte: Qasim, Syed R., 1994

Tabela 45.1-Média de demanda de água da Categoria Institucional.

Fonte	Unidade	Vazão em litros/unidade/dia
Casa de descanso	Leito	380
Escolas-externatos	Estudante	76
Escolas-internato	Estudante	300
Hospital	Leito	950
Prisão	Preso	450

Fonte: Qasim, Syed R., 1994

Tabela 46.1-Média de demanda de água da Categoria Comercial.

Fonte	Unidade	Vazão em litros/unidade/dia
Bar	cliente	8
Bar	Empregado	50
Cafeterias	cliente	6
Cafeterias	Empregado	40
Country clubs-não residentes	Membros	95
Country clubs-residentes	Membro	380
Loja de café	Cliente	20
Loja de café	Empregado	40
Lojas	Por banheiros	1520
Restaurantes	Cliente	30
Salão de bailes	Pessoa	8
Aeroporto	Passageiro	10
Barbearia	Cadeira	210
Cinema	Assento	8
Drive-in	Por espaço de carro	19
Edifício de Escritório	Empregado	65
Edifício Industrial	Empregado	55
Fábrica com chuveiros	Empregados	133
Fábrica sem chuveiros	Empregados	95
Lavagem de Carro	Carro Lavado	209
Lavanderia-comercial	Máquina	3.000
Lavanderia-Laundromat	Máquina	2.200
Lojas	Empregado	40
Lojas de Departamento	Por m² de área de piso	8
Lojas de Departamento	Empregado	40
Posto de Gasolina	Primeiro lavador	3.800
Posto de Gasolina	Lavador Adicional	1900
Posto de Gasolina	Empregado	190
Shopping Center	Por m² de área de piso	6
Shopping Center	Empregado	40

Fonte: Qasim, Syed R., 1994

Para o consumo industrial, Qasim,1994 cita as seguintes demandas:

Tabela 47.1-Demanda de água da Categoria Industrial.

Uso Industrial	Quantidade
Abatedouro de gado	40 a 50 litros/cabeça/dia
Aço	260 a 300 m³/toneladas
Curtume	60 a 70 m³/toneladas de carne processada
Enlatamento de conservas	30 a 60 m³/toneladas
Fábrica de empacotamento de carnes	15 a 25 m³/toneladas
Fábrica de laticínios	2 a 3 m³/toneladas
Galinhas	30 a 40 litros/ 100 galinhas/ dia
Leiteria	70 a 80 litros/cabeça/dia
Polpa e papel	200 a 800 m³/toneladas

Fonte: Qasim, Syed R. 1994

18 Média de uso de água para consumo não residencial conforme Planning and Management Consultants,1994 in Dziegielewski et all in Mays,1996)

Na Tabela 48.1 abaixo, encontra-se pesquisa realizada por Dziegielewski et all,1996, contida no capítulo 23 do livro de Mays,1996 “Water Resources Handbook”.

Os dados apresentados são para a categoria de consumo não residencial, sendo consumo médio em litros/empregado/dia (adaptado por nós) e usando também o código SIC

(Standard Industrial Classification) do Imposto de Renda nos Estados Unidos, onde se pode ver as indústrias semelhantes.

Tabela 48.1- Uso da água para consumo não residencial

Uso da água	Código SIC	Uso da água em litros/emp regado/dia
Construções em geral	15	117
Construções pesadas	16	446
Construções especiais de comércio	17	95
Indústria de comida e produtos similares	20	1773
Indústria de fabricação de produtos Têxteis.	22	2964
Industria de Vestíários e outros produtos têxteis	23	98
Industria de madeira serrada e outros produtos de madeira	24	185
Indústria de móveis e acessórios	25	136
Indústria de Papel e produtos associados	26	9881
Indústria de Impressão de Papel e Editoração	27	140
Indústria Química e produtos semelhantes	28	1009
Indústria de Petróleo e produtos de carvão	29	3950
Indústria de Borracha e miscelânea de produtos Plásticos	30	450
Indústria de Couro e outros produtos de couro	31	559
Indústria de Pedra Trabalhada, argila e produtos de vidro	32	764
Indústria Primária de Metais	33	673
Indústria de Fabricação de Produtos de Metais	34	733
Indústria de Maquinaria e Equipamentos	35	257
Indústria Eletrônica e de outros equipamentos eletrônicos	36	359
Indústria de Transporte de Equipamentos	37	318
Indústria de Instrumentos e produtos correlatos	38	249
Indústria de Fabricação de Miscelânea de Produtos	39	136
Transporte por Estrada de Ferro	40	257
Transporte local e Interurbano de passageiros	41	98
Transporte por caminhões e armazenamento em depósito	42	321
Transportes em serviços postais	43	19
Transporte de Água	44	1334
Transporte pelo Ar	45	646
Transportes, serviços em geral	47	151
Serviços de Comunicações	48	208
Serviços elétricos, gás e sanitários	49	193
Comércio Atacadista de bens duráveis	50	174
Comércio Atacadista de bens não duráveis	51	329
Comércio no varejo de mat. de construção e suprimentos para jardins	52	132
Comércio no varejo, lojas de mercadorias	53	170
Comércio no varejo de lojas de comida	54	378
Comércio no varejo de loja de vendas de automóveis e postos de gasolina	55	185
Comércio no varejo de Vestuários e lojas de acessórios	56	257
Comércio no varejo de Móveis e lojas de moveis para residenciais	57	159
Comércio de Comida e lugares para beber	58	590
Comércio no varejo- miscelânea	59	499
Instituições Financeiras com depósitos	60	234
Instituições Financeiras sem depósitos	61	1365
Lojas de seguros e de penhora	62	4687
Lojas de seguros de entregadores	63	514
Lojas de seguros, penhora e serviços	64	336
Lojas de bens imóveis	65	2302
Lojas de escritórios de Investimentos e Seguros	67	1096

Tabela 49.1-(Continuação) Uso da água para consumo não residencial

Categoria	Código SIC	Uso da água em litros/empregado/dia
Hotéis e aposentos temporários	70	869
Serviços Pessoais	72	1746
Serviços de Negócios	73	276
Oficina de reparos de autos, serviços e estacionamento	75	820
Serviços miscelâneas de reparos	76	261
Cinema	78	416
Serviços de divertimento e recreação	79	1622
Serviços de Saúde	80	344
Serviços de Advocacia	81	3103
Serviços Educacionais	82	442
Serviços Sociais	83	401
Museus, botânica e jardins zoológicos	84	786
Associações de pessoas	86	801
Serviços de Engenharia e administração	87	219
Serviços NEC (National Executive Committee)	89	219
Administração pública do executivo, legislativo e geral	91	586
Administração da Justiça, Ordem Pública e Segurança	92	68
Administração de Recursos Humanos	94	329
Administração da Qualidade do Meio Ambiente e Moradia	95	382
Administração de Programas Econômicos	96	1036
Administração de Segurança Nacional e Assuntos Internacionais	97	45

Fonte: Planning and Management Consultants, 1994 in Diziegilewski et al in Mays,1996.

19 Estimativa de consumo diário de água segundo Macintyre,1982

Macintyre no livro de Instalações Hidráulicas, cita estimativa de três tipos de consumo: doméstico, público e industrial, conforme Tabelas 50.1, 51.1 e 52.1.

Tabela 50.1-Estimativa de consumo diário de água para Serviços Domésticos

Tipo de Prédio	Unidade	Consumo litro/dia
Apartamento	Per capita	200
Apartamentos de luxo	Por dormitório	300 a 400
Apartamento de luxo	Por quarto de empregada	200
Residência de luxo	Per capita	300 a 400
Residência de médio valor	Per capita	150
Residências Populares	Per capita	120 a 150
Alojamento provisório de obra	Per capita	80
Apartamento de zelador	Per capita	600 a 1.000

Fonte: Macintyre, 1982.

Tabela 51.1-Estimativa de consumo diário de água para Serviço Público

Tipo de Prédio	Unidade	Consumo litro/dia
Edifício de Escritórios	Por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	Per capita	150
Escolas, externatos	Por aluno	50
Escolas, semi-internatos	Por aluno	100
Hospitais e Casas de Saúde	Por leito	250
Hotéis com cozinha e lavanderia	Por hóspede	250 a 350
Hotéis sem cozinha e lavanderia	Por hóspede	120
Lavanderia	Por kg de roupa seca	30
Quartéis	Por soldado	150
Cavalariças	Por cavalo	100
Restaurantes	Por refeição	25
Mercados	Por m ² de área	5
Garagens e postos de serviços para automóveis	Por automóvel	100
Garagens e postos de serviços para automóveis	Por caminhão	150
Rega de Jardim	Por m ² de área	1,5
Cinemas e teatros	Por lugar	2
Igrejas	Por lugar	2
Ambulatórios	Per capita	25
Creches	Per capita	50

Fonte: Macintyre, 1982.

Tabela 52.1-Estimativa de consumo diário de água para Serviço Industrial

Tipo de Prédio	Unidade	Consumo litro/dia
Fábricas (uso pessoal)	Por operário	70 a 80
Fábricas com restaurante	Por operário	100
Usinas de leite	Por litro de leite	5
Matadouros	Por animal abatido (de grande porte)	300
Matadouros	Por animal abatido (de pequeno porte)	150

Fonte: Macintyre, 1982.

Macintyre também apresenta na Tabela 53.1, as Taxa de Ocupação de acordo com a natureza do local.

Tabela 53.1-Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Natureza do local	Taxa de Ocupação
Prédios de apartamentos	Duas pessoas por dormitório e 200 litros/ pessoa/dia
Prédio de escritório de uma só entidade locadora	Uma pessoa por 7 m ² de área
Prédio de escritório de mais de uma entidade locadora	Uma pessoa por 5 m ² de área
Prédio de escritório segundo o Código de Obras do Rio de Janeiro	6 litros por m ² de área útil
Restaurantes	Uma pessoa por 1,5 m ² de área
Teatros e cinemas	Uma cadeira para cada 0,70 m ² de área
Lojas no pavimento térreo	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Lojas em pavimentos superiores	Uma pessoa por 5 m ² de área
Supermercados	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Shopping Center	Uma pessoa por 5 m ² de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 6 m ² de área
Museus	Uma pessoa por 8 m ² de área

Fonte: Macintyre, 1982.

20 Vazões conforme Planning and Management Consultants, 1996

O livro de Mays,1996, Water Resources Handbook, no capítulo 19 trás tabelas interessantes de água servida de esgotos sanitários, as quais também podem ser entendidas como água potável necessária para determinado uso. As Tabelas 54.1,55.1,56.1 e 57.1 as vazões médias de utilização da água. As vazões fornecidas com ou sem a conservação da água.

Tabela 54.1-Consumo de água per capita por dia em peças

Peças	Vazões em litros/ per capita / dia	
	Vazões sem conservação	Vazões com conservação
Torneira de banheiro	26	23 a 26
Máquina de lavar pratos	8	8
Máquina de lavar roupas	60	49 a 53
Torneiras	26 a 34	26 a 30
Chuveiros	45 a 60	30 a 45
Bacia Sanitária	83	53 a 72
Vazamentos na bacia sanitária	15	15

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy 1975 e U.S. HUD(1984) in Mays, 1996.

Tabela 55.1-Vazões típicas de consumo de água na Categoria Comercial

Categoria Comercial	Unidade	Vazão típica em litros/dia/unidade
Aeroporto	Passageiro	11
Posto de Gasolina	Por veículo servido	38
Posto de Gasolina	Por empregado	45
Bar	Cliente	11
Bar	Empregado	49
Lojas de Departamento	Por banheiro	1890
Lojas de Departamento	Por empregado	38
Hotel	Por cliente	181
Hotel	Por empregado	38
Prédio Industrial somente uso sanitário	Por empregado	49
Lavanderia com self-service	Por máquina	2079
Lavanderia com self-service	Por lavagem	189
Escritório	Por empregado	49
Restaurante	Por refeições	11
Shopping Center	Por empregado	38
Shopping Center	Por estacionamento de veículos	8

Fonte: Adaptado de Geyer e Lentz, 1962 in Mays,1996.

Tabela 56.1-Vazões típicas de consumo de água na Categoria Institucional.

Categoria Institucional	Unidade	Vazão em litros/dia/unidade
Hospital médico	Leito	624
Hospital médico	Empregado	38
Hospital de doenças mentais	Leito	378
Hospital de doenças mentais	Empregado	38
Prisão	Preso	435
Prisão	Empregado	38
Casa de descanso	Residente	321
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Estudante	95
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Estudante	57
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Estudante	42
Escola-internato	Estudante	284

Fonte: Adaptado de Geyer e Lentz(1962) in Mays,1996.

Tabela 57.1-Vazões típicas de consumo de água na Categoria Recreacional.

Categoria Recreacional	Unidades	Vazão típica em litros/unidade/dia
Apartamento de férias	Pessoa	227
Cabine de férias	Pessoa	151
Cafeteria	Cliente	8
Cafeteria	Empregado	38
Acampamento	Pessoa	113
Local para coquetéis	Assento	113
Loja de café	Cliente	23
Loja de café	Empregado	38
Country Club	Membros presentes	378
Country Club	Empregados	49
Acampamento sem comida	Pessoa	49
Sala de refeições	Refeição servida	26
Alojamentos de Operários	Pessoa	151
Hotel de férias	Pessoa	189
Loja em região de férias	Cliente	11
Loja em região de férias	Empregado	38
Piscina	Usuário	38
Piscina	Empregado	38
Teatro	Assento	11
Centro de Convenções	Visitantes	19

Fonte: Adaptado de Salvato, 1982 in Mays,1996.

Para áreas **industriais comuns** o consumo de água varia entre **9(nove) a 14(catorze) m³/hectare/dia** e para **áreas industriais bem desenvolvidas** as vazões chegam até **14(catorze) a 28(vinte e oito) m³/hectare/dia**.

O consumo **doméstico** que as indústrias usam na sua atividade é de **30(trinta) a 95(noventa e cinco) litros/capita/dia**.

Em áreas **comerciais** a média de consumo de água é de **7,5 (sete virgula cinco) a 14(catorze) m³/hectare/dia**.

21 Picos de consumo

No Brasil o sistema das instalações prediais é indireto, isto é, pressupõe o uso de reservatório domiciliar de água, que regularizará o consumo. Nos Estados Unidos e na Europa, o abastecimento é feito diretamente da rede pública e nesse caso é interessante prever como variam os picos de consumo de água, para dimensionamento dos medidores e dos ramais prediais de ligação de água.

Na Alemanha Hirner,1991 cita que através de extensiva pesquisa, foram estabelecidos os picos de demanda de prédios de apartamentos, hotéis, hospitais, prédios de escritórios, etc. Na Alemanha o pico da demanda para o dia de maior consumo é usualmente baseado na ocorrência de uma vez em 10 ou 30 anos.

A vazão instantânea no caso foi definida como um minuto, podendo também ser considerado cinco minutos. O critério dos cinco minutos da vazão instantânea é usado para dimensionar os hidrômetros domésticos na Alemanha.

Na Tabela 58.1 estão os picos para o dia e hora de maior consumo bem como o pico de demanda para a vazão máxima instantânea considerando o tempo de um minuto, observando-se que trata-se de abastecimento direto.

Tabela 58.1-Picos de demanda referente ao dia, hora e vazão instantânea na Alemanha.

Tipo de prédio	Pico		
	dia de maior consumo	hora de maior consumo	demandamaximainstantânea (um minuto)
Prédio de apartamentos até 50 pessoas	3,5 a 3,0	12 a 10	43
Escolas	1,7	7, 5	39
Hotéis	1,4	4, 4	11
Hospitais	1,3	3, 2	8
Prédios de Escritórios	1,8	5, 6	24

Fonte: Hirner,1991, IWSA

Revisado em 17 de setembro de 1999

22 Tabelas de Previsão de Consumo de Água

Para facilitar às varias tabelas, apresentamos tabelas que são resumo das tabelas anteriores e colocadas em ordem alfabética. Na Tabela 59.1 estão em ordem alfabética, os valores médios de consumo de água por atividade nas diversas categorias de consumo.

Os dados brasileiros principais são do Azevedo Netto e Mello,1988 e do Macintyre,1982 e Nelson Nucci e DMAE de Porto Alegre. Os dados americanos mais modernos são do Dziegielewski,1993 e Dziegielewski,1996. Portugal apresenta as pesquisas feitas na Bacia do Rio Ave e apresentadas pelo LNEC em 1984.

As análises de regressões feitas pela SABESP e SAAE de Guarulhos constam da Tabela 60.1.

Tabela 59.1-Valores médios de consumo de água por atividades nas diversas categorias de consumo, por ordem alfabética, com as unidades e origem da pesquisa

Discriminação	Unidades	Valores	Origem
Abate de animais	Litros/dia/empregado	2733	PORTUGAL,LNEC,1984
Abatedouro de gado	Litros/dia/cabeça	40 a 50	Syed R.Qasim,1994
Acampamento	Litros/dia/Pessoa	113	Salvato,1982
Acampamento	Litros/dia/Pessoa	133	Syed R.Qasim,1994
Acampamento comum	Litros/dia/Pessoa	113	Metcalf & Eddy,1991
Acampamento de férias	Litros/dia/Pessoa	190	Syed R.Qasim,1994
Acampamento de Trailer	Litros/dia/Trailer	473	Metcalf & Eddy,1991
Acampamento sem comida	Litros/dia/Pessoa	49	Salvato,1982
Aciarias	Litros/kg	250 a 450	Melo e Netto,1988
Aço	M³/toneladas	260 a 300	Syed R.Qasim,1994
Açúcar, usinas	Litros/kg	100	Melo e Netto,1988
Administração da Justiça, Ordem Pública e Segurança	Litros/dia/empregado	68	Dziegielewski,1996 in Mays
Administração da Qualidade do Meio Ambiente e Moradia	Litros/dia/empregado	382	Dziegielewski,1996 in Mays
Administração de Programas Econômicos	Litros/dia/empregado	1036	Dziegielewski,1996 in Mays
Administração de Recursos Humanos	Litros/dia/empregado	329	Dziegielewski,1996 in Mays
Administração Pública	Litros/dia/empregado	313	Dziegielewski et all,1993
Administração pública do executivo, legislativo e geral	Litros/dia/empregado	586	Dziegielewski,1996 in Mays
Administração de Segurança Nacional e Assuntos Internacionais	Litros/dia/empregado	45	Dziegielewski,1996 in Mays
Aeronaves e peças	Litros/dia/empregado	184	Dziegielewski et all,1993
Aeroporto	Litros/dia/Passageiro	11	Geyer e Lentz,1962
Aeroporto	Litros/dia/Passageiro	11	Metcalf & Eddy,1991
Aeroporto	Litros/dia/Passageiro	10	Syed R.Qasim,1994
Aeroportos, por passageiros	Litros/dia/Passageiro	12	Melo e Netto,1988
Agencias de crédito	Litros/dia/empregado	394	Dziegielewski et all,1993
Agencias de negócios	Litros/dia/empregado	401	Dziegielewski et all,1993
Alcool, destilarias, litro	Litros/litro	20 a 30	Melo e Netto,1988
Alojamento provisório de obra	Litros/dia/per capita	80	Macintyre,1982

Alojamentos de Operários	Litros/dia/Pessoa	151	Salvato,1982
Alojamentos de verão	Litros/dia/Pessoa	190	Syed R.Qasim,1994
Alojamentos provisórios	Litros/dia/pessoa	80	Melo e Netto,1988
Ambulatórios	Litros/dia/per capita	25	Macintyre,1982
Aparelhos Elétricos	Litros/dia/empregado	102	Dziegielewski et all,1993
Apartamento	Litros/dia/per capita	200	Macintyre,1982
Apartamento	Litros/dia/Pessoa	378	Metcalf & Eddy,1991
Apartamento	Litros/dia/Pessoa	230	Syed R.Qasim,1994
Apartamento de férias	Litros/dia/Pessoa	227	Metcalf & Eddy,1991
Apartamento de férias	Litros/dia/Pessoa	227	Salvato,1982
Apartamento de luxo	Litros/dia/quarto de empregada	200	Macintyre,1982
Apartamento de zelador	Litros/dia/per capita	600 a 1.000	Macintyre,1982
Apartamentos de luxo	Litros/dia/dormitório	300 a 400	Macintyre,1982
Apartamentos e residências	Litros/dia/Per capita	200	DMAE P.Alegre 1988
Área de Boliche	Litros/dia/Pista	756	Metcalf & Eddy,1991
Asilo	Litros/dia/Residente	340	Metcalf & Eddy,1991
Asilo	Litros/dia/empregado	38	Metcalf & Eddy,1991
Associações de pessoas	Litros/dia/empregado	801	Dziegielewski,1996 in Mays
Auditórios	Litros/dia/Assento	11	Metcalf & Eddy,1991
Autos e Motos	Litros/dia/empregado	703	Dziegielewski et all,1993
Bancos	Litros/dia/empregado	170	Dziegielewski et all,1993
Banheiro público	Litros/dia/Usuário	19	Metcalf & Eddy,1991
Bar	Litros/dia/Cliente	11	Geyer e Lentz,1962
Bar	Litros/dia/empregado	49	Geyer e Lentz,1962
Bar	Litros/dia/Cliente	8	Syed R.Qasim,1994
Bar	Litros/dia/empregado	50	Syed R.Qasim,1994
Barbearia	Litros/dia/Cadeira	210	Syed R.Qasim,1994
Barbearias	Litros/dia/empregado	1437	Army Institute for Water Resources,1987
Bares	Litros/dia/m²	40	Melo e Netto,1988
Borracha (Indústria)	Litros/dia/empregado	5250	CESL,1981 in LNEC
Borracha (Indústria)	Litros/dia/empregado	4967	Portugal, LNEC,1984
Borracha e miscelânea de produtos Plásticos (Indústria)	Litros/dia/empregado	450	Dziegielewski,1996 in Mays
Borracha e produtos plásticos	Litros/dia/empregado	212	Dziegielewski et all,1993
Cabine de ferias	Litros/dia/Pessoa	151	Salvato,1982
Cafeteria	Litros/dia/Cliente	8	Salvato,1982
Cafeteria	Litros/dia/empregado	38	Salvato,1982
Cafeteria	Litros/dia/Cliente	6	Syed R.Qasim,1994
Cafeteria	Litros/dia/empregado	40	Syed R.Qasim,1994
Caixa de papelão	Litros/dia/empregado	290	Dziegielewski et all,1993
Camping	Litros/freqüentador/dia	70 a 100	Melo e Netto,1988
Canteiros de Obras	Litros/operário/dia	60 a 100	Melo e Netto,1988
Carne Industrializada	M³/ton. do produto	13,6	Metcalf & Eddy,1991
Casa de descanso	Litros/dia/Residente	321	Geyer e Lentz,1962
Casa de descanso	Litros/dia/Leito	380	Syed R.Qasim,1994
Cavalariças	Litros/dia/cavalo	100	Macintyre,1982
Centro de Convenções	Litros/assento	8	Melo e Netto,1988
Centro de Convenções	Litros/dia/Visitantes	19	Salvato,1982
Cerveja	Litros/litro	15 a 25	Melo e Netto,1988
Cerveja	M³/ton. do produto	9	Metcalf & Eddy,1991
Chocolates	Litros/dia/empregado	93	Portugal, LNEC,1984

Cimento (Indústria)	Litros/dia/empregado	5250	CESL,1981 in LNEC
Cimento (Indústria)	Litros/dia/empregado	22803	Portugal, LNEC,1984
Cinema	Litros/dia/empregado	416	Dziegielewski,1996 in Mays
Cinema	Litros/dia/Assento	11	Metcalf & Eddy,1991
Cinema	Litros/dia/Assento	8	Syed R.Qasim,1994
Cinemas	Litros/dia/lugar	2 a 10	Melo e Netto,1988
Cinemas e teatros	Litros/dia/lugar	2	Macintyre,1982
Cinemas, teatros e templos	Litros/dia/Lugar	2	DMAE P.Alegre 1988
Comércio de Comida e lugares para beber	Litros/dia/empregado	590	Dziegielewski,1996 in Mays
Comércio no varejo de loja de vendas de automóveis e postos de gasolina	Litros/dia/empregado	185	Dziegielewski,1996 in Mays
Comércio no varejo de Móveis e lojas de móveis para residências	Litros/dia/empregado	159	Dziegielewski,1996 in Mays
Comércio no varejo de Vestuários e lojas de acessórios	Litros/dia/empregado	257	Dziegielewski,1996 in Mays
Comércio no varejo- miscelânea	Litros/dia/empregado	499	Dziegielewski,1996 in Mays
Comércio, áreas	Litros/dia/m²	1 a 3	Melo e Netto,1988
Comércios em geral	Litros/dia/empregado	178	Army Institute for Water Resoruces,1987
Comida e produtos similares (Indústria)	Litros/dia/empregado	1773	Dziegielewski,1996 in Mays
Confeitaria	Litros/dia/empregado	694	Portugal, LNEC,1984
Conservação de peixes	Litros/dia/empregado	1188	Portugal, LNEC,1984
Conservas	Litros/kg	10 a 50	Melo e Netto,1988
Construções em geral	Litros/dia/empregado	117	Dziegielewski,1996 in Mays
Construções especiais de comércio	Litros/dia/empregado	95	Dziegielewski,1996 in Mays
Construções pesadas	Litros/dia/empregado	446	Dziegielewski,1996 in Mays
Consultoria em geral	Litros/dia/empregado	897	Dziegielewski et all,1993
Country Club	Litros/dia/Membros presentes	378	Salvato,1982
Country Club	Litros/dia/empregado	49	Salvato,1982
Country clubs-não residentes	Litros/dia/Membros	95	Syed R.Qasim,1994
Country clubs-residentes	Litros/dia/Membros	380	Syed R.Qasim,1994
Couro e outros produtos de couro (Indústria)	Litros/dia/empregado	559	Dziegielewski,1996 in Mays
Creches	Litros/dia/criança	60 a 80	Melo e Netto,1988
Creches	Litros/dia/per capita	50	Macintyre,1982
Creches	Litros/dia/per capita	50	SABESP,1983
Curtume	Litros/kg	50 a 60	Melo e Netto,1988
Curtume	M³/tonelada de carne	60 a 70	Syed R.Qasim,1994
Curtumes (Indústria)	Litros/dia/empregado	800	CESL,1981 in LNEC
Curtumes (Indústria)	Litros/dia/empregado	7600	Portugal, LNEC,1984
Depósitos	Litros/dia/m²	2	Hoddinot, M., 1981
Destilação de Aguardente	Litros/dia/empregado	285	Portugal, LNEC,1984
Dispositivos de medidas e controle	Litros/dia/empregado	125	Dziegielewski et all,1993
Distritos Industriais	Litros/dia/m²	4 a 8	Melo e Netto,1988
Dormitório com beliches	Litros/dia/Pessoa	132	Metcalf & Eddy,1991
Drive-in	Litros/dia/espaco de carro	19	Syed R.Qasim,1994
Drogas	Litros/dia/empregado	346	Dziegielewski et all,1993
Edifício de Escritório	Litros/dia/empregado	65	Syed R.Qasim,1994

Edifício de Escritórios	Litros/dia/ocupante efetivo	50 a 80	Macintyre,1982
Edifício Industrial	Litros/dia/empregado	55	Syed R.Qasim,1994
Edifícios de Escritórios	Litros/dia/m²	4	Hoddinot, M., 1981
Edifícios Financeiros	Litros/dia/m²	4	Hoddinot, M., 1981
Edifícios Médicos	Litros/dia/m²	7	Hoddinot, M., 1981
Enlatados de grãos verdes	M³/tonelada do produto	4,5	Metcalf & Eddy,1991
Enlatados de outras frutas e vegetais	M³/tonelada do produto	3,6	Metcalf & Eddy,1991
Enlatados de pêssegos e pêras	M³/tonelada do produto	13,6	Metcalf & Eddy,1991
Enlatamento de conservas	M³/toneladas	30 a 60	Syed R.Qasim,1994
Equipamentos de comunicação	Litros/dia/empregado	151	Dziegielewski et all,1993
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Litros/dia/Estudante	95	Geyer e Lentz,1962
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Litros/dia/Estudante	57	Geyer e Lentz,1962
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Litros/dia/Estudante	42	Geyer e Lentz,1962
Escola-internato	Litros/dia/Estudante	284	Geyer e Lentz,1962
Escolas	Litros/dia/empregado	740	Dziegielewski et all,1993
Escolas	Litros/dia/Aluno	57	Metcalf & Eddy,1991
Escolas (de um turno)	Litros/dia/aluno	10 a 30	Melo e Netto,1988
Escolas e serv.educacionais	Litros/dia/empregado	615	Dziegielewski et all,1993
Escolas e Universidades	Litros/dia/empregado	210	Army Institute for Water Resources,1987
Escolas, externatos	Litros/dia/ aluno	50	Macintyre,1982
Escolas, internatos	Litros/dia/per capita	150	Macintyre,1982
Escolas, semi-internatos	Litros/dia/aluno	100	Macintyre,1982
Escolas-externatos	Litros/dia/Per capita	50	DMAE P.Alegre 1988
Escolas-externatos	Litros/dia/per capita	50	SABESP,1983
Escolas-externatos	Litros/dia/Estudante	76	Syed R.Qasim,1994
Escolas-internato	Litros/dia/Estudante	300	Syed R.Qasim,1994
Escolas-internatos	Litros/dia/Per capita	200	DMAE P.Alegre 1988
Escolas-internatos e creches	Litros/dia/Per capita	100	DMAE P.Alegre 1988
Escritório	Litros/dia/empregado	49	Geyer e Lentz,1962
Escritório	Litros/dia/Funcionário	57	Metcalf & Eddy,1991
Escritório e lojas	Litros/dia/Per capita	50	DMAE P.Alegre 1988
Escritórios	Litros/dia/m²/	10	Melo e Netto,1988
Escritórios	Litros/dia/ocupante efetivo	30 a 50	Melo e Netto,1988
Escritórios	Litros/dia/banheiro	200	SABESP,1983
Estabelecimento de banhos ou saunas	Litros/dia/Pessoa/banho	300	DMAE P.Alegre 1988
Estabelecimentos comerciais	Litros/dia/m²	6 a 10	Melo e Netto,1988
Estação ferroviária e rodoviária	Litros/dia/passageiro	15 a 40	Melo e Netto,1988
Estacionamentos de Trailers	Litros/dia/Pessoa	150	Syed R.Qasim,1994
Estações de Serviços e Reparações	Litros/dia/empregado	205	Portugal, LNEC,1984
Estamparia de metais	Litros/dia/empregado	437	Dziegielewski et all,1993
Fábrica com chuveiros	Litros/dia/empregado	133	Syed R.Qasim,1994
Fábrica de empacotamento de carnes	M³/toneladas	15 a 25	Syed R.Qasim,1994
Fábrica de laticínios	M³/toneladas	2 a 3	Syed R.Qasim,1994
Fábrica de papel	Litros/dia/empregado	5157	Dziegielewski et all,1993
Fabrica de telas impermeáveis	M³/dia/empregado	11,6	Portugal, LNEC,1984
Fábrica sem chuveiros	Litros/dia/empregado	95	Syed R.Qasim,1994
Fabricação de Miscelânea de Produtos	Litros/dia/empregado	136	Dziegielewski,1996 in Mays
Fabricação de Produtos de Metais	Litros/dia/empregado	733	Dziegielewski,1996 in Mays
Fabricantes diversos	Litros/dia/empregado	130	Dziegielewski et all,1993
Fábricas	Litros/dia/ m²	3	Hoddinot, M., 1981

Fábricas (uso pessoal)	Litros/dia/operário	70 a 80	Macintyre,1982
Fábricas com restaurante	Litros/dia/operário	100	Macintyre,1982
Fábricas(excluído o processo industrial)	Litros/dia/empregado	50	DMAE P.Alegre 1988
Fundição de prod. Não ferrosos	Litros/dia/empregado	186	Dziegielewski et all,1993
Galinhas, Granjas	Litros/ dia/100 galinhas	30 a 40	Syed R.Qasim,1994
Garagens e postos de serviços para automóveis	Litros/dia/automóvel	100	Macintyre,1982
Garagens e postos de serviços para automóveis	Litros/dia/caminhão	150	Macintyre,1982
Garagens para Estacionamento de veículos	Litros/dia/Veículo	25	DMAE P.Alegre 1988
Gráfica	Litros/dia/empregado	130	Dziegielewski et all,1993
Hospedaria	Litros/dia/Hóspede	151	Metcalf & Eddy,1991
Hospício	Litros/dia/Leito	454	Metcalf & Eddy,1991
Hospitais	Litros/dia/empregado	311	Army Institute for Water Resources,1987
Hospitais	Litros/dia/Leito	250	DMAE P.Alegre 1988
Hospitais	Litros/dia/empregado	249	Dziegielewski et all,1993
Hospitais	Litros/dia/Leito	567	Metcalf & Eddy,1991
Hospitais	Litros/dia/Funcionário	38	Metcalf & Eddy,1991
Hospitais	Litros/dia/leito	250	SABESP,1983
Hospitais e Casas de Saúde	Litros/dia/leito	250	Macintyre,1982
Hospital	Litros/dia/leito	300 a 600	Melo e Netto,1988
Hospital	Litros/dia/Leito	950	Syed R.Qasim,1994
Hospital de doenças mentais	Litros/dia/Leito	378	Geyer e Lentz,1962
Hospital de doenças mentais	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Hospital médico	Litros/dia/Leito	624	Geyer e Lentz,1962
Hospital médico	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Hotéis	Litros/dia/hóspede	250 a 500	Melo e Netto,1988
Hotéis (sem cozinha e s/ lavanderias)	Litros/dia/hóspede	120	SABESP,1983
Hotéis com cozinha e lavanderia	Litros/dia/hóspede	250 a 350	Macintyre,1982
Hotéis e aposentos temporários	Litros/dia/empregado	869	Dziegielewski,1996 in Mays
Hotéis e Motéis	Litros/dia/ m²	11	Hoddinot, M., 1981
Hotéis e motéis	Litros/dia/Hóspede	200	DMAE P.Alegre 1988
Hotéis e Restaurantes	Litros/dia/empregado	705	Army Institute for Water Resoutces,1987
Hotéis sem cozinha e lavanderia	Litros/dia/hóspede	120	Macintyre,1982
Hotel	Litros/dia/Cliente	181	Geyer e Lentz,1962
Hotel	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Hotel	Litros]/dia/Hóspede	189	Metcalf & Eddy,1991
Hotel	Litros/dia/Funcionário	38	Metcalf & Eddy,1991
Hotel com cozinha	Litros/dia/Hóspede	151	Metcalf & Eddy,1991
Hotel de férias	Litros/dia/Pessoa	189	Salvato,1982
Hotel, motel	Litros/dia/Quarto	380	Syed R.Qasim,1994
Igrejas	Litros/dia/lugar	2	Macintyre,1982
Igrejas e templos	Litros/dia/freqüentador	2	Melo e Netto,1988
Imobiliária	Litros/dia/empregado	450	Dziegielewski et all,1993
Impressão de Papel e Editoração (Indústria(Litros/dia/empregado	140	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de Instrumentos e produtos correlatos	Litros/dia/empregado	249	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de madeira serrada e outros produtos de madeira	Litros/dia/empregado	185	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de Maquinaria e Equipamentos	Litros/dia/empregado	257	Dziegielewski,1996 in Mays

Indústria de móveis e acessórios	Litros/dia/empregado	136	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de Pedra Trabalhada, argila e produtos de vidro	Litros/dia/empregado	764	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de Petróleo e produtos de carvão	Litros/dia/empregado	3950	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria de Transporte de Equipamentos	Litros/dia/empregado	318	Dziegielewski,1996 in Mays
Industria de Vestiários e outros produtos têxteis	Litros/dia/empregado	98	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria Eletrônica e de outros equipamentos eletrônicos	Litros/dia/empregado	359	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria Metalúrgica Básica	Litros/dia/empregado	42400	CESL,1981 in LNEC
Indústria Metalúrgica Básica	Litros/dia/empregado	385	Portugal, LNEC,1984
Indústria Primária de Metais	Litros/dia/empregado	673	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria Química e produtos semelhantes	Litros/dia/empregado	1009	Dziegielewski,1996 in Mays
Indústria Transformadora Diversa	Litros/dia/empregado	488	Portugal, LNEC,1984
Indústrias de materiais para fins higiênicos	Litros/dia/operário	50 a 70	Melo e Netto,1988
Instalações de Gás e Eletricidade	Litros/dia/empregado	25	Army Institute for Water Resources,1987
Instalações Recreacionais	Litros/dia/empregado	852	Army Institute for Water Resoruces,1987
Instituições Financeiras com depósitos	Litros/dia/empregado	234	Dziegielewski,1996 in Mays
Instituições Financeiras sem depósitos	Litros/dia/empregado	1365	Dziegielewski,1996 in Mays
Irrigação de áreas	Litros/segundo/hectare	1,0 a 2,0	Melo e Netto,1988
Irrigação de áreas, por sprinkler	Litros/dia/hora	300	Melo e Netto,1988
Jardins, rega com mangueira	Litros/dia/hora	300 a 600	Melo e Netto,1988
Jornal	Litros/dia/empregado	178	Dziegielewski et all,1993
Laminado de prod. não ferrosos	Litros/dia/empregado	297	Dziegielewski et all,1993
Lanchonete	Litros/dia/assento	4 a 8	Melo e Netto,1988
Laticínios	Litros/kg	15 a 20	Melo e Netto,1988
Laticínios	Litros/dia/empregado	1447	Dziegielewski et all,1993
Lava rápidos automáticos de carros	Litros/dia/veiculo	250	Melo e Netto,1988
Lavagem de Carro	Litros/dia/Carro lavado	209	Syed R.Qasim,1994
Lavagem de pátios e calçadas	Litros/dia/m²	1 a 2	Melo e Netto,1988
Lavanderia	Litros/kg de roupa seca	30	Macintyre,1982
Lavanderia	Litros/dia/Lavagem	189	Metcalf & Eddy,1991
Lavanderia	Litros/dia/Máquina	2079	Metcalf & Eddy,1991
Lavanderia com self-service	Litros/dia/máquina	2079	Geyer e Lentz,1962
Lavanderia com self-service	Litros/dia/lavagem	189	Geyer e Lentz,1962
Lavanderia-comercial	Litros/dia/Máquina	3.000	Syed R.Qasim,1994
Lavanderia-Laundromat	Litros/dia/Máquina	2.200	Syed R.Qasim,1994
Lavanderias	Litros/kg de roupa	1 a 2	Melo e Netto,1988
Lavanderias	Litros/dia/Kg de roupa	30	DMAE P.Alegre 1988
Lavanderias	Litros por kg de roupa	30	SABESP,1983
Leiteria	Litros/dia/cabeça	70 a 80	Syed R.Qasim,1994
Local para coquetéis	Litros/dia/Assento	113	Salvato,1982
Loja de café	Litros/dia/Cliente	23	Salvato,1982
Loja de café	Litros/dia/empregado	38	Salvato,1982
Loja de café	Litros/dia/Cliente	20	Syed R.Qasim,1994
Loja de café	Litros/dia/empregado	40	Syed R.Qasim,1994
Loja de comida	Litros/dia/empregado	418	Dziegielewski et all,1993

Loja em região de férias	Litros/dia/Cliente	11	Salvato,1982
Loja em região de férias	Litros/dia/empregado	38	Salvato,1982
Lojas	Litros/dia/m²	5	Hoddinot, M., 1981
Lojas	Litros/dia/m²	6 a 10	Melo e Netto,1988
Lojas	Litros/dia/banheiros	1520	Syed R.Qasim,1994
Lojas	Litros/dia/empregado	40	Syed R.Qasim,1994
Lojas de bens imóveis	Litros/dia/empregado	2302	Dziegielewski,1996 in Mays
Lojas de Departamento	Litros/dia/banheiro	1890	Geyer e Lentz,1962
Lojas de Departamento	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Lojas de Departamento	Litros/dia/Banheiro	2079	Metcalf & Eddy,1991
Lojas de Departamento	Litros/dia/Funcionário	38	Metcalf & Eddy,1991
Lojas de Departamento	Litros/dia/m²	8	Syed R.Qasim,1994
Lojas de Departamento	Litros/dia/empregado	40	Syed R.Qasim,1994
Lojas de escritórios de Investimentos e Seguros	Litros/dia/empregado	1096	Dziegielewski,1996 in Mays
Lojas de produtos gerais	Litros/dia/empregado	134	Dziegielewski et all,1993
Lojas de seguros de entregadores	Litros/dia/empregado	514	Dziegielewski,1996 in Mays
Lojas de seguros e de penhora	Litros/dia/empregado	4687	Dziegielewski,1996 in Mays
Lojas de seguros, penhora e serviços	Litros/dia/empregado	336	Dziegielewski,1996 in Mays
Máq especiais para indústria	Litros/dia/empregado	105	Dziegielewski et all,1993
Máq p/indústria em geral	Litros/dia/empregado	158	Dziegielewski et all,1993
Máq. Em geral exceto elétricas	Litros/dia/empregado	125	Dziegielewski et all,1993
Maquinaria e Equipamento	Litros/dia/empregado	1667	CESL,1981 in LNEC
Maquinaria e Equipamento	Litros/dia/empregado	86	Portugal, LNEC,1984
Maquinária e Equipamento	Litros/dia/empregado	86	Portugal, LNEC,1984
Maquinários	Litros/dia/empregado	68	Dziegielewski et all,1993
Máquinas de parafusos etc	Litros/dia/empregado	373	Dziegielewski et all,1993
Máquinas p/escritório e comp.	Litros/dia/empregado	116	Dziegielewski et all,1993
Máquinas para metalurgia	Litros/dia/empregado	196	Dziegielewski et all,1993
Marcenaria	Litros/dia/empregado	64	Dziegielewski et all,1993
Matadouros para animais de grande porte	Litros/dia/animal abatido	300	Macintyre,1982
Matadouros para animais de pequeno porte	Litros/dia/animal abatido	150	Macintyre,1982
Matadouros, por cabeça grande abatida	Litros/dia/cabeça abatida	300	Melo e Netto,1988
Matadouros, por cabeça pequena abatida	Litros/dia/cabeça abatida	150	Melo e Netto,1988
Média da Indústria Alimentar	Litros/dia/empregado	2205	Archibald,1981
Média da Indústria Alimentar	Litros/dia/empregado	5742	CESL,1981 in LNEC
Média da Indústria Alimentar	Litros/dia/empregado	6853	Portugal, LNEC,1984
Média da Indústria de bebida	Litros/dia/empregado	337	Portugal, LNEC,1984
Média da Indústria Química	Litros/dia/empregado	11854	Archibald,1981
Média da Indústria Química	Litros/dia/empregado	59800	CESL,1981 in LNEC
Média da Indústria Química	Litros/dia/empregado	1469	Portugal, LNEC,1984
Média da Indústria Têxtil	Litros/dia/empregado	8627	Archibald,1981
Média da Indústria Têxtil	Litros/dia/empregado	2880	CESL,1981 in LNEC
Média da Indústria Têxtil	Litros/dia/empregado	3069	Portugal, LNEC,1984
Mercadinho	Litros/dia/empregado	507	Dziegielewski et all,1993
Mercado	Litros/dia/m²	5	DMAE P.Alegre 1988
Mercados	Litros/dia/m²	5 a 10	Melo e Netto,1988
Mercados	Litros/dia/ m² de área	5	Macintyre,1982
Mísseis teleguiados e veículos espaciais	Litros/dia/empregado	278	Dziegielewski et all,1993
Mobília para homens e crianças	Litros/dia/empregado	61	Dziegielewski et all,1993
Motéis	Litros/dia/quarto	300 a 600	Melo e Netto,1988

Móveis para casa	Litros/dia/empregado	97	Dziegielewski et all,1993
Móveis para escritório	Litros/dia/empregado	95	Dziegielewski et all,1993
Museus, botânica e jardins zoológicos	Litros/dia/empregado	786	Dziegielewski,1996 in Mays
Oficina de reparos de autos, serviços e estacionamento	Litros/dia/empregado	820	Dziegielewski,1996 in Mays
Padaria	Litros/dia/empregado	271	Dziegielewski et all,1993
Panificadora	Litros/tonelada do produto	1814	Metcalf & Eddy,1991
Papel	Litros/tonelada do produto	109620	Metcalf & Eddy,1991
Papel (Indústria)	Litros/dia/empregado	2205	Archibald,1981
Papel (Indústria)	Litros/dia/empregado	481000	CESL,1981 in LNEC
Papel (Indústria)	Litros/dia/empregado	722	Portugal, LNEC,1984
Papel de Imprensa	Litros/kg	400 a 600	Melo e Netto,1988
Papel e produtos associados (Indústria)	Litros/dia/empregado	9881	Dziegielewski,1996 in Mays
Papel fino, kg	Litros/kg	1500 a 3000	Melo e Netto,1988
Papel reciclado	Litros/dia/empregado	343	Dziegielewski et all,1993
Parque com banheiros	Litros/dia/Visitantes	30	Metcalf & Eddy,1991
Parque de Exposição	Litros/dia/Visitantes	8	Metcalf & Eddy,1991
Parques e áreas verdes	Litros/dia/m²	2	Melo e Netto,1988
Piscina	Litro/dia/Usuário	38	Salvato,1982
Piscina	Litros/dia/empregado	38	Salvato,1982
Piscinas públicas	Litros/dia/m²	500	Melo e Netto,1988
Piscinas públicas	Litros/dia/usuário	30 a 50	Melo e Netto,1988
Polpa	Litros/ton. do produto	226800	Metcalf & Eddy,1991
Polpa e papel	M³/toneladas	200 a 800	Syed R.Qasim,1994
Polpa para papel	Litros/kg	300 a 800	Melo e Netto,1988
Posto de Gasolina	Litros/dia/empregado	45	Geyer e Lentz,1962
Posto de Gasolina	Litros/dia/Funcionário	49	Metcalf & Eddy,1991
Posto de Gasolina	Litros/dia/Veículos servidos	38	Metcalf & Eddy,1991
Posto de Gasolina	Litros/dia/Primeiro lavador	3.800	Syed R.Qasim,1994
Posto de Gasolina	Litros/dia/Lavador Adicional	1900	Syed R.Qasim,1994
Posto de Gasolina	Litros/dia/empregado	190	Syed R.Qasim,1994
Posto de Gasolina	Litros/dia/ veiculo servido	38	Geyer e Lentz,1962
Posto de serviço para automóveis	Litros/dia/Veículo	150	DMAE P.Alegre 1988
Prédio Industrial somente uso sanitário	Litros/dia/empregado	49	Geyer e Lentz,1962
Prédios de Apartamentos	Litros/dia/dormitório	400	SABESP,1983
Prisão	Litros/dia/Preso	435	Geyer e Lentz,1962
Prisão	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Prisão	Litro/dia/Funcionário	34	Metcalf & Eddy,1991
Prisão	Litros/dia/Presidiário	454	Metcalf & Eddy,1991
Prisão	Litros/dia/Preso	450	Syed R.Qasim,1994
Produtos estruturas Metálicos	Litros/dia/empregado	239	Dziegielewski et all,1993
Produtos Lácteos	Litros/ton. Do produto	9072	Metcalf & Eddy,1991
Produtos metais variados	Litros/dia/empregado	198	Dziegielewski et all,1993
Produtos químicos	Litros/dia/empregado	431	Dziegielewski et all,1993
Produtos têxteis	Litros/dia/empregado	94	Dziegielewski et all,1993
Quartéis	Litros/dia/soldado]	100 a 200	Melo e Netto,1988
Quartéis	Litros/dia/soldado	150	Macintyre,1982

Química-Amonêa	Litros/tonelada do produto	90720	Metcalf & Eddy,1991
Química-Dióxido de Carbono	Litros/tonelada do produto	54432	Metcalf & Eddy,1991
Química-Lactose	Litros/tonelada do produto	544320	Metcalf & Eddy,1991
Química-sulfetos	Litros/tonelada do produto	7258	Metcalf & Eddy,1991
Recreação e diversão	Litros/dia/empregado	1707	Dziegielewski et all,1993
Reengarraçamento	Litros/dia/empregado	1625	Portugal, LNEC,1984
Refinação de óleos	Litros/dia/empregado	188679	Portugal, LNEC,1984
Refrigerantes	Litros/dia/empregado	3465	Portugal, LNEC,1984
Rega de Jardim	Litros/dia/ m² de área	1,5	Macintyre,1982
República de estudantes	Litros/dia/Pessoa	151	Metcalf & Eddy,1991
Residência	Litros/dia/dormitório	200 a 400	Melo e Netto,1988
Residência classe Alta	Litros/dia/m²	5,3 a 6,2	Nucci, Nelson
Residência classe Baixa	Litros/dia/m²	10 a 18	Nucci, Nelson
Residência classe Media	Litros/dia/m²	4,1 a 7,7	Nucci, Nelson
Residência de luxo	Litros/dia/per capita	300 a 400	Macintyre,1982
Residência de médio valor	Litros/dia/per capita	150	Macintyre,1982
Residência Unifamiliar de Alta Renda	Litros/dia/Pessoa	380	Syed R.Qasim,1994
Residência Unifamiliar de média renda	Litros/dia/Pessoa	310	Syed R.Qasim,1994
Residência Unifamiliar, baixa renda	Litros/dia/Pessoa	270	Syed R.Qasim,1994
Residência valor médio	Litros/dia/m²	6,77 a 7,5	Nucci, Nelson
Residências Populares	Litros/dia/per capita	120 a 150	Macintyre,1982
Restaurante	Litros/dia/refeições	11	Geyer e Lentz,1962
Restaurante com bar e balcão	Litros/dia/Cliente	11	Metcalf & Eddy,1991
Restaurante com bar e balcão	Litros/dia/Assento	76	Metcalf & Eddy,1991
Restaurante convencional	Litros/dia/Cliente	34	Metcalf & Eddy,1991
Restaurante rápido	Litros/dia/Cliente	23	Metcalf & Eddy,1991
Restaurante, bar, lanchonete	Litros/dia/empregado	457	Dziegielewski et all,1993
Restaurantes	Litros/dia/m²	23	Hoddinot, M., 1981
Restaurantes	Litros/dia/refeição	25	Macintyre,1982
Restaurantes	Litros/dia/refeição	25	SABESP,1983
Restaurantes	Litros/dia/Cliente	30	Syed R.Qasim,1994
Restaurantes e similares	Litros/dia/Refeição	25	DMAE P.Alegre 1988
Restaurantes nas rodovias	Litros/dia/assento	75 a 250	Melo e Netto,1988
Restaurantes urbanos	Litros/dia/refeição	20 a 30	Melo e Netto,1988
Restaurantes urbanos por assento	Litros/dia/assento	80 a 120	Melo e Netto,1988
Roupas para senhoras	Litros/dia/empregado	48	Dziegielewski et all,1993
Sabões	Litros/dia/empregado	2056	Portugal, LNEC,1984
Sala de refeições	Litros/dia/Refeição servida	26	Salvato,1982
Salão de bailes	Litros/dia/Pessoa	8	Syed R.Qasim,1994
Serviços de Advocacia	Litros/dia/empregado	3103	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços de divertimento e recreação	Litros/dia/empregado	1622	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços de Enfermaria	Litros/dia/empregado	674	Dziegielewski et all,1993
Serviços de Engenharia e administração	Litros/dia/empregado	219	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços de metais	Litros/dia/empregado	831	Dziegielewski et all,1993
Serviços de Negócios	Litros/dia/empregado	276	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços de Saúde	Litros/dia/empregado	344	Dziegielewski,1996 in Mays

Serviços Educacionais	Litros/dia/empregado	442	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços miscelâneas de reparos	Litros/dia/empregado	261	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços Pessoais	Litros/dia/empregado	1746	Dziegielewski,1996 in Mays
Serviços Sociais	Litros/dia/empregado	401	Dziegielewski,1996 in Mays
Shopping Center	Litros/dia/ m²	4	Hoddinot, M., 1981
Shopping Center	Litros/dia/empregado	38	Geyer e Lentz,1962
Shopping Center	Litros/estacionamento de veículos	8	Geyer e Lentz,1962
Shopping Center	Litros/dia/Estacion.	8	Metcalf & Eddy,1991
Shopping Center	Litros/dia/Funcionário	38	Metcalf & Eddy,1991
Shopping Center	Litros/dia/ m²	6	Syed R.Qasim,1994
Shopping Center	Litros/dia/empregado	40	Syed R.Qasim,1994
Teatro	Litro/dia/Assento	11	Salvato,1982
Teatros	Litros/dia/ m²	7	Hoddinot, M., 1981
Teatros, por assento	Litros/dia/assento	5 a 10	Melo e Netto,1988
Tecelagem e Tinturaria	Litros/dia/empregado	3023	Portugal, LNEC,1984
Templos religiosos	Litros/dia/freqüentador	2	Melo e Netto,1988
Têxteis (Fabricação de produtos)	Litros/dia/empregado	2964	Dziegielewski,1996 in Mays
Têxteis alveijamento de algodão	Litros/tonelada do produto	181440	Metcalf & Eddy,1991
Têxteis com tingimento de algodão	Litros/tonelada do produto	27216	Metcalf & Eddy,1991
Têxteis, alveijamento	Litros/kg	275 a 365	Melo e Netto,1988
Têxteis, Tinturaria	Litros/kg	35 a 70	Melo e Netto,1988
Tintas e produtos afins	Litros/dia/empregado	130	Dziegielewski et all,1993
Tintas e Resinas	Litros/dia/empregado	734	Portugal, LNEC,1984
Transporte e armazenamento	Litros/dia/empregado	228	Dziegielewski et all,1993
Transporte local e Interurbano de passageiros	Litros/dia/empregado	98	Dziegielewski,1996 in Mays
Transporte por Estrada de Ferro	Litros/dia/empregado	257	Dziegielewski,1996 in Mays
Universidades	Litros/dia/empregado	477	Dziegielewski et all,1993
Usinas de leite	Litros/litro de leite	5	Macintyre,1982
Valor médio das indústrias	Litros/dia/empregado	2151	Archibald,1981
Valor médio das indústrias	Litros/dia/empregado	2920	Portugal, LNEC,1984
Vários tipos de comidas	Litros/dia/empregado	475	Dziegielewski et all,1993
Venda de comida no varejo	Litros/dia/empregado	118	Dziegielewski,1996 in Mays
Whisky	Litros/tonelada do produto	54432	Metcalf & Eddy,1991

Tabela 60.1-Análise de Regressão Linear Múltipla da SABESP, 1983 e do SAAE de Guarulhos, 1998

Tipo de Consumidor	Consumo m³/mês	Origem
Clubes Esportivos(1)	$(26 \times \text{n.º de chuveiros})$	SABESP
Creches	$(3,8 \times \text{n.º de funcionários}) + 10$	SABESP
Edifícios Comerciais(2)	$(0,08 \times \text{área construída})$	SABESP
Escolas de Nível Superior	$(0,03 \times \text{área construída}) + (0,7 \times \text{n.º de funcionários}) + (0,8 \times \text{n.º de bacias}) + 50$	SABESP
Escolas Pré, 1º e 2º Graus	$(0,05 \times \text{área construída}) + (0,1 \times \text{n.º de vagas}) + (0,7 \times \text{n.º de funcionários}) + 20$	SABESP
Hospitais	$(2,9 \times \text{n.º de funcionários}) + (11,8 \times \text{n.º de bacias}) + (2,5 \times \text{n.º de leitos}) + 280$	SABESP
Hotéis de 1ª Categoria (4)	$(6,4 \times \text{n.º de banheiros}) + (2,6 \times \text{n.º de leitos}) + 400$	SABESP
Hotéis de 2ª Categoria(5)	$(3,1 \times \text{n.º de banheiros}) + (3,1 \times \text{n.º de leitos}) - 40$	SABESP
Lavanderias Industriais	$(0,02 \times \text{kg de roupa/mês})$	SABESP
Lava-Rápidos	$9,85 \times (\text{n.º de funcionários})$	PLINIO
Motéis	$(0,35 \times \text{área construída})$	SABESP
Postos de Gasolina	$60 \times (\text{n.º de lavadores}) + 8 \times (\text{n.º de funcionários})$	TOMAZ
Prédios de Apartamentos	$(6 \times \text{n.º de banheiros}) + (3 \times \text{n.º de dormitórios}) + (0,01 \times \text{área construída}) + 30$	SABESP
Prontos-socorros (3)	$(10 \times \text{n.º de funcionários}) - 70$	SABESP
Residência Unifamiliar	$3,7 \times (\text{n.º de habitantes})$	TOMAZ
Restaurantes	$(7,5 \times \text{n.º de funcionários}) + (8,4 \times \text{n.º de bacias})$	SABESP

Fonte: Tomaz, 1998

1. Estabelecimentos com quadra esportiva e/ou piscina e pelo menos 5 (cinco) chuveiros.
2. Estabelecimentos sem instalações de restaurantes e/ou lanchonetes.
3. Estabelecimentos com mais de 20 funcionários.
4. Estabelecimentos de categoria média e acima (5 , 4 e 3 estrelas).
5. Estabelecimentos de categoria abaixo média

23 Referências Bibliográficas

- ACHTTIENRIBBE, G.E. *Household water consumption in the Netherlands*, 1993, Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua, International Water Supply Association (IWSA), volume 42, number 6, december 1993 ISSN 0003-7214, Londres:IWSA,1993.

- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). *Helping Businesses Manage Water Use-A Guide for Water Utilities*. Denver: AWWA, 1995.

- BERENHAUSER, Carlos José Botelho e PULICI, Clovis 20 a 25 de novembro de 1983, *Previsão de Consumo de Água por Tipo de Ocupação do Imóvel*, 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Balneário de Camboriú, Santa Catarina:ABES,1983.

- BILLINGS, Bruce R., JONES, C. Vaughan. *Forecasting Urban Water Demand*, Denver: AWWA,1996.179p.ISBN 0-89867-827-7.

- BORGES, Ruth Silveira e BORGES, Wellington Luiz, *Manual de Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias e de Gás*, São Paulo: Pini, 1992, 4. ed. 546 p.

- CHEREMISINOFF, Paul N. *Water Management and Supply*. New Jersey: Prentice Hall,1993, 266p. ISBN 0-13-501214-7.

- CREDER, Hélio, *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*, Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científico,1990, 4. ed. 438p.

- DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre), 1988, *Decreto 9369/88* que adota os valores mínimos em litros por dia, Porto Alegre: DMAE,1988.

- DZIEGIELEWSKI, Benedykt, OPITZ, Eva M., KIEFER, Jack C., BAUMANN, Duane D. *Evaluation Urban Water Conservation Programs: a Procedure Manual* ,Denver: AWWA, 1993.238p. IBSN 0-89867-676-2.

- DZIEGIELEWSKI, Benedykt, OPITZ, Eva M., KIEFER, Maidment, David. *Water Demand Analysis in Mays*, Larry W. . *Water Resources Handbook*.

- GUARULHOS, SAAE, Portaria 4.456/1984. *Tabela de consumo mensal por tipo de consumidor*.

- HALL, F., *Manual de Redes de Águas e de Esgotos*, Lisboa: Cetop, 1976, 2.ed.354 p.

- HIRNER, W., *Tecnical and Economic Aspects of Water Demand, IR4-20 (International Report 4)*, Alemanha, 18th International Water Supply Congress of Copenhagen, 25 31 de maio de 1991, IWSA (International Water Service Association).

- JENSEN, L., *SS13-10, Possibilities of influencing water demand, 18th International Water Supply Congress of Copenhagen, maio de 1991*, Dinamarca: IWSA (International Water Supply Association). 1991, Londres: IWSA,1991.

 - MACINTYRE, Archibald Joseph, *Instalações Hidráulicas*, Brasil: Guanabara Dois, 1982, 770 p.

 - MADDAUS, Willian. *Water Conservation*. Denver: AWWA, 1987.
 - MAYS, Larry W. *Water Resources Handbook*, New York: MacGraw-Hill, 1996, ISBN 0-07-041150-6.

 - MELO, Vanderley de Oliveira, NETTO, José M. de Azevedo. *Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias*. São Paulo: Edgard Blucher, 1988. 185 p.1. Reimpressão.
 - METCALF&EDDY, *Wastewater Engineering*, Singapura: MacGraw-Hill, 1991, 3. ed. 1334 p. ISBN 0-07-100824-1

 - MONTENEGRO, Marcos Helano Fernandes e LOURENÇO ROCHA, Adilson. *Conservação de água no uso doméstico: esforço brasileiro*, Anais do Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público, 28 a 30 de outubro de 1986, São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo: EPUSP,1986.

 - NAGATA, M., *IR4-22, Technical and Economic Aspects of Water Demand, 18th International Water Supply Congress of Copenhagen, maio de 1991*, City of Nagoya, Japão: -IWSA (International Water Supply Association), Waterworks Bureau, IWSA, 1991, Londres:IWSA,1991.

 - NUCCI, NELSON. *Revista DAE*. São Paulo: SABESP
 - QASIM, Syed R. *Wastewater Treatment Plants*..Estados Unidos: Lancaster: PA: 1994, Technomic Publishing, 726 p.

 - SANTOS, Maria Alzira. *Utilização da água na Indústria- inquérito na Bacia Hidrográfica do Rio Ave..* Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Informação Técnica Hidráulica ITH –14, Lisboa: LNEC, 1984. 76 p.

 - TANAKA ,Takudy, 1986, *Instalações Prediais Hidráulicas e Sanitárias*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986, 208 p.

 - TOMAZ, Plínio, *Construção de modelos para estimativa do consumo mensal médio de água em Postos de Gasolina e Lava-rápidos em Guarulhos*. Guarulhos: SAAE, 1998.
-
- WITTINK, Dick R. *The Application of Regression Analysis*. Boston: Allyn and Bacon, 1988. 324p.

Arquivos	previsão1.doc	16 páginas A4
Arquivos	previsão2.doc	9 páginas A4
Arquivos	previsão3.doc	7 páginas A4
Arquivos	previsão4.doc	11 páginas A4
Arquivos	previsão5.doc	27 páginas A4
Total		70 páginas A4 (corresponde a 105 páginas 15,5x21,5cm)

Capítulo 2

CONSTRUÇÃO DE MODELOS PARA ESTIMATIVA DO CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA EM POSTOS DE GASOLINA E LAVA-RÁPIDOS.

17 de setembro de 1999

Índice

Construção de modelo para estimativa de consumo médio mensal de água em Postos de Gasolina

1. Objetivo.....
2. Utilidade da previsão do consumo médio mensal de um
Posto de Gasolina.....
 - 2.1. Consumos específicos adotados nos livros de Instalações
Hidráulicas Domiciliares.....
 - 2.2. Análise de Regressão Linear Múltipla feita pela
SABESP.....
 - 2.2.1. Coeficientes de Determinação Obtidos pela
SABESP.....
 - 2.2.2. Postos de Lavagem de Veículos na Capital de São Paulo
.....
3. Verificação do tamanho da amostra
necessária.....
4. Amostragem dos Postos de Gasolina em
Guarulhos.....
5. Variáveis que foram consideradas.....

Índice

5.1. Número de funcionários.....	
5.2. Número de lavadores.....	
5.3. Número de horas trabalhadas.....	
5.4. Existência ou não de lavagem rápida....	
5.5. Número de veículos lavados.....	
6. Consumos mensais dos postos..... de gasolina.....	
7. Análise de Regressão Linear com uma variável independente.....	
7.1. Coeficiente de determinação R^2 e Coeficiente de Correlação r	
7.2. Pesquisas de Dziegielewski.....	
8. Análise de Regressão Múltipla.....	
9. Softwares de Estatística para Cálculo da Análise de Regressão Múltipla.....	
10. Verificação do Resíduo.....	
11. Coeficiente de determinação múltiplo R^2	
12. Testes de significância dos coeficientes da equação.....	
13. Teste de que o coeficiente β_1 é igual a zero.....	
14. Teste de que o coeficiente β_2 é igual a zero.....	
15. Intervalo de Confiança do coeficiente β_1 relativo ao n.º de lavadores.....	
16. Intervalo de Confiança do coeficiente β_2 relativo ao n.º de funcionários	
17. Testes de Hipótese com a Distribuição F	

18. Multicolinearidade.....	
19. Intervalo de Confiança de Previsão da Média.....	
20. Intervalo de Confiança de Previsão Individual.....	
21. Cálculo da elasticidade da demanda.....	
21.1. Elasticidade do n.º de funcionários.....	
21.2. Demanda - n.º de lavadores em um Posto de Gasolina.....	
22. Conclusão.....	

Construção de modelo para estimativa de consumo médio mensal de água em Lava-rápidos

Índice

23. Objetivo.....	
24. Consumo de Água em Lava-rápido	
25. Amostragem.....	
26. Verificação do tamanho da amostra necessária.....	
27. Variáveis que foram consideradas.....	
28. Consumos mensais dos Lava-rápidos...	
29. Coeficiente médio de utilização da água de um Lava-rápido por funcionário e por mês.....	
29.1. Intervalo de Confiança para Previsão da Média da variável e valor Individual da variável.....	
29.1.1. Cálculo de F.....	
29.1.2. Teste de hipótese para ver se β_1 é igual a zero.....	

29.2 Intervalo de Confiança para Previsão
da Média da variável e valor Individual
da variável.....

Índice

29.3. Conclusão.....

30. Referências bibliográficas e livros
consultados.....

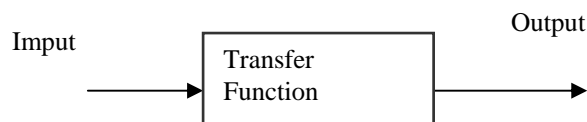
Construção de modelo para estimativa de consumo médio mensal de água em Postos de Gasolina

Revisado em 17 de setembro de 1999

1 Objetivo

O objetivo da pesquisa é elaborar um modelo matemático para estimar o consumo de água em Postos de Gasolina com o mínimo de dados a serem obtidos em campo. As informações de campo foram obtidas no Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Guarulhos, Estado de São Paulo, quando o autor era Diretor de Obras Novas.

No conceito de análise, são fornecidos os Input e os Output e achamos a função de transferência, que será o nosso modelo, conforme McCuen, 1998, segundo o esquema abaixo:



Quando estiver pronta a análise, a função de transferência pode ser usada para previsões e neste caso são conhecidos os Input e é desconhecido o Output. É sempre saber na fase de síntese, como foi feita a análise e os limites do modelo.

2 Coeficientes de Determinação Obtidos pela SABESP

Na Tabela 1.2 estão os coeficientes de determinação (R^2) conforme Berenhauser e Pulici, 1983.

Tabela 1.2- Tipo de Consumidor e Coeficiente de Determinação R^2

Tipo de Consumidor	Coeficiente de Determinação R^2
Prédios de Apartamentos	0,95
Edifícios Comerciais	0,84
Hotéis (primeira categoria)	0,93
Hotéis (Segunda categoria)	0,80
Clubes Esportivos	0,74
Postos de Lavagens de Veículos	0,24 (Não considerado satisfatório)

Fonte: Berenhauser e Pulici, 1983.

A SABESP usou como **critério $R^2 > 0,64$** . O critério por nós adotado é **$R^2 > 0,50$** .

3 Postos de Lavagem de Veículos na Capital de São Paulo

A SABESP não obteve modelo satisfatório que pudesse ser recomendado para a estimativa de consumo de água em Postos de Lavagem de Veículos, usando análise de regressão múltipla, inclusive com uso de logaritmos, usando como variável independente o funcionário x horas trabalhadas por dia. Existiam na capital de São Paulo 2.003 Postos de Lavagem de Veículos com uma média de 108 (cento e oito) m³/mês e que eram abastecidos com água pela SABESP.

A amostra levantada pela SABESP foi de 65 Postos de Lavagem de Veículos, obtendo nesta amostra uma média de 126m³/mês com desvio padrão de 180m³/mês.

4 Amostragem dos Postos de Gasolina em Guarulhos

Será feito um modelo de Análise de Regressão Linear Múltipla com o objetivo de se *prever* o consumo de água em Postos de Gasolina.

A *população* estatística é o conjunto de dados que descreve algum fenômeno de nosso interesse. No caso a *população* dos Postos de Gasolina é de 85 unidades. Foram verificados todos os Postos de Gasolina existentes na época ou seja as 85 unidades.

Dos 85 postos de gasolina, somente 29 (vinte e nove) tinham ligações somente do SAAE e satisfaziam as hipóteses citadas, ou seja, não deveriam ter poços freáticos, reciclagem, aproveitamento de água de chuva ou de mina de água e nem água de caminhão tanque. Também não deveriam ter ligações clandestinas.

Na primeira coleta de dados tivemos que rejeitar os dados obtidos, pois haviam vários hidrômetros quebrados. Por isso todos os medidores foram trocados por hidrômetros taquimétricos da classe metrológica “A” com vazão nominal 1,5m³/hora x ¾”. Dos 29 Postos de Gasolina usando tabela de números aleatórios, foram escolhidos 17.

5 Verificação do tamanho da amostra necessária

Para se achar o tamanho da amostra, vamos admitir o erro relativo de 30% (trinta por cento) ou seja r=0,3 e considerando “t” *estatístico* como coeficiente de probabilidade, teremos t=1,96, pois consideramos a amostra de 85 elementos e Intervalo de Confiança de 95% (noventa e cinco por cento) de probabilidade.

Segundo Dziegielewski, Opitze e Kiefer, 1993, p.147, a amostra para uma população contínua é:

$$n_0 = \frac{t^2 \cdot s^2}{r^2 \cdot Y^2}$$

Sendo:

n_0 =tamanho da amostra na primeira aproximação;

N = a população dos Postos de Gasolina existentes em Guarulhos em 1996, isto é, os 85;

t = 1,96 (coeficiente de probabilidade);

r = 0,3 (erro amostral relativo admitido de 30%);

s = desvio padrão da amostra = 63 m³/mês;

Y = média da amostra, no caso a média de consumo dos 17 Postos de Gasolina de Guarulhos é 111 m³/mês.

Substituindo os dados teremos:

$$n_0 = \frac{(1,96^2 * 63^2)}{(0,3^2 * 111^2)} = 14$$

A amostra n necessária é:

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0/N} = \frac{14}{1 + 14/85} = 12$$

Portanto, a amostra mínima que deveríamos ter é de 12 Postos de Gasolina e como temos 17 Postos de Gasolina, consideramos que a nossa amostra é satisfatória para se obter um modelo para prever o consumo de água dos Postos

6 Variáveis que foram consideradas

As variáveis podem ser contínuas ou discretas. A *variável é contínua* quando pode assumir qualquer valor no intervalo em que ela é admitida, por exemplo, o consumo mensal de um posto de gasolina. A *variável discreta* só pode assumir valores inteiros, como número de funcionários e números de lavadores.

Foram consideradas as variáveis que influenciavam o consumo dos Postos de Gasolina ou seja o *nº de funcionários*, o *nº de lavadores*, o *nº de horas trabalhadas* e a *existência ou não de lavagem rápida*.

Não foi utilizado o *nº de veículos lavados*, devido a grande imprecisão nas informações.

O *preço da água* é uma variável independente muito importante que deveria ser levada em conta, pois a um aumento do custo da água há uma diminuição de consumo, principalmente no comércio e indústria. Para levar em consideração o preço da água deveríamos não somente considerar três meses e sim no mínimo uns dois anos.

Os *períodos sazonais* de chuvas e seca (pouca chuva) também não foram levados em consideração, tendo em vista principalmente que foi usada somente a média do consumo de três meses.

Também não foram levados em consideração a qualidade ou existência de equipamentos automáticos, por exemplo, uma lavagem manual gasta menos água do que uma lavagem com equipamentos móveis automáticos, mostrando que nem sempre os equipamentos economizam água.

7.1 Número de funcionários

O *nº de funcionários* é uma *variável discreta*, facilmente obtida, não havendo informações erradas sobre o mesmo. A média dos funcionários nos 17 postos de gasolina foi de 8,8 funcionários por posto de gasolina.

7.2 Número de lavadores

Entende-se por lavador a unidade física existente em um posto de gasolina dotada de elevadores hidráulicos onde se faz a lavagem de carros e troca de óleo do motor. O *nº de lavadores* é também uma *variável discreta* e pode simplesmente ser obtido pela observação, alertando para os casos em que os lavadores estão desativados. O *nº médio* de lavadores por posto de 0,82.

7.3 Número de horas trabalhadas

O *nº de horas trabalhadas* também é obtido facilmente.

7.4 Existência ou não de lavagem rápida

É facilmente observada. A lavagem rápida, é aquela obtida gratuitamente quando se abastece o veículo com uma quantidade, por exemplo, acima de 20 litros de combustível. A lavagem manual com auxílio de mangueira de alta pressão dura cerca de 10 minutos, enquanto a lavagem totalmente mecanizada, dura cerca de 4 minutos.

Não foi observado aumento substancial de consumo nos postos devido a lavagem rápida, pois tal facilidade aumenta o *nº* de clientes e conseqüentemente o *nº* de pessoas empregadas. Foram usadas as *variáveis dummy*, havendo duas hipóteses, existe lavagem rápida com a *variável dummy* igual a 1(um) e não havendo lavagem rápida a *variável dummy* é igual a 0 (zero). São as variáveis também chamadas de qualitativas e também de *variáveis binárias* (zero e um).

7.5 Número de veículos lavados

O *nº de veículos lavados* é o tipo da informação que é mais sonegada, havendo um disparate total nas informações, motivo pelo qual, não foram levadas em conta.

8 Consumos mensais dos postos de gasolina

A variável dependente, consumo mensal de um posto de gasolina, pode assumir qualquer valor, sendo portanto uma *variável contínua*.

Foram instalados 29 (vinte e nove) hidrômetros novos e foram escolhidos 17 (dezessete) onde foram feitas leituras especiais de modo a não introduzir os erros de intervalos de leitura.

Os consumos mensais são em metros cúbicos. Para cada posto de gasolina foram obtidos três meses consecutivos e obtendo-se a média dos mesmos. A média geral de consumo dos 17 postos de gasolina foi de 111 (cento e onze) metros cúbicos por mês.

A pesquisa durou somente três meses. Foram considerados os consumos dos meses de novembro e dezembro de 1995 e janeiro de 1996 e terminada a apuração de campo em 3 de fevereiro de 1996. A Tabela 2.2 mostra os valores obtidos durante a fase de pesquisa.

Tabela 2.2 - Amostra aleatória dos Postos de Gasolina

OR DEM	CONS. m³/MÊS	QTDE FUNC.	QUANT. LAVADOR
1	128	10	1
2	93	9	1
3	104	8	1
4	100	3	1
5	101	10	1
6	110	12	1
7	152	8	1
8	301	17	1
9	98	7	1
10	208	9	1
11	45	9	0
12	72	5	1
13	34	8	0
14	99	7	1
15	50	11	0
16	107	8	1
17	79	9	1
MÉDIA=	111	8,8	0,8
DESVIO PADRÃO	63,72	2,98	0,39

O parâmetro média do consumo dos Postos de Gasolina é de 111 m³/mês, com desvio padrão de 63,72. A média dos funcionários em um postos de gasolina é 8,8 com desvio padrão de 2,98. A média de lavadores é 0,8 com desvio padrão de 0,39.

9 Análise de Regressão Linear

Vamos analisar o modelo linear usando somente três variáveis, sendo duas variáveis independentes X e uma variável dependente Y. Inicialmente vamos explicar o que é coeficiente de determinação e coeficiente de correlação.

9.1 Coeficiente de determinação R^2 e Coef. de Correlação r

Para sumarizar a eficiência de uma análise de regressão linear Y, é costume calcular as proporções das variações. Assim a variação total é a soma de duas componentes, ou seja as variações explicadas de Y e as variações não explicadas de Y.

Variação total = Variações explicadas de Y + Variações não explicadas de Y

Define-se R^2 , como sendo a razão entre a Variação explicada de Y com a Variação não explicada de Y, assim teremos:

$$R^2 = \frac{\text{Variação explicada de Y}}{\text{Variação não explicada de Y}}$$

Como a Variação explicada de Y = Variação total – Variação não explicada de Y, teremos:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Variação não explicada de Y}}{\text{Variação total de Y}}$$

O valor de R^2 variará de zero para uma péssima regressão e 1 para uma ótima regressão.

Quando o modelo de análise de regressão é linear, isto é, com uma só variável independente, usa-se muitas vezes o coeficiente de correlação r . O valor do coeficiente de correlação r varia de -1 a $+1$. Portanto, $r^2 = R^2$.

Conforme Vittink, 1988, p.16 é mostrado como calcular o coeficiente de correlação r diretamente.

9.2 Pesquisas de Dziegielewski

Um dos grandes pesquisadores sobre consumos industriais e comerciais nos Estados Unidos é Dziegielewski, cujos estudos feitos em 1990 foram apresentados em Dziegielewski, Opitze e Kiefer, 1993.

No livro é mostrado a faixa de variação média diária baseada no nº de empregados. Dziegielewski também salienta no seu trabalho a grande variabilidade de consumo obtido para um determinado estabelecimento, havendo muitos casos em que o coeficiente de variação é em torno de 3 (três).

Foi obtido por Dziegielewski coeficiente de correlação com o nº de pessoas empregadas de $r=0,5$ para análise de regressão linear e $r=0,7$ com o uso linear do logaritmo. Transformando, os coeficientes de correlações citados em coeficientes de determinação, teremos $R^2= 0,25$ para regressão linear e $R^2=0,49$ com o uso de logaritmo. Daí resultou a adoção por nós do critério $R^2 > 0,50$.

10 Análise de Regressão Múltipla

Temos uma regressão linear múltipla quando admitimos que o valor da variável dependente é função linear de duas ou mais variáveis independentes. O modelo estatístico de uma regressão linear múltipla é:

$$Y_{\text{calc}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_k \cdot X_k + \varepsilon$$

Onde Y é a variável dependente e X_1, X_2, \dots, X_k são as variáveis independentes, ε é a componente incontrollável e randômica do erro do modelo adotado e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ são os coeficientes.

Deve-se lembrar que os símbolos X_1, X_2, \dots, X_k podem representar termos de alta ordem. Por exemplo, X_2 pode representar X_1^2 , X_3 pode representar $X_1 \cdot X_2$ e assim por diante. Por anamorfose os vários modelos estatísticos podem se transformar em lineares, inclusive com o uso de logaritmos.

As **variáveis independentes** escolhidas X_1 e X_2 foram respectivamente o nº de lavadores e o nº de funcionários do Posto de Gasolina. A **variável dependente** é o consumo mensal observado e que consta da conta de água.

Segundo Sincich, 1993, a Análise de Regressão Múltipla deve seguir as seguintes **etapas**:

- 1) *Hipótese de que o modelo é linear;*
- 2) *Assumir que os erros são randômicos;*
- 3) *Estimar os coeficientes, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$;*
- 4) *Verificar se o modelo é útil em prever Y;*
- 5) *Verificar se a etapa 2 está satisfeita;*
- 6) *Se decidimos que o modelo é útil e que segue as hipóteses admitidas use o modelo para estimar o valor Y.*

11 Softwares de Estatística para Cálculo da Análise de Regressão Múltipla

Não serão mostradas todas as fórmulas usadas na Análise de Regressão Múltipla, pois para isso existem numerosos softwares e livros de estatística.

Um deles é Statistical Package for Business, Economics, and the Social Sciences. É o *ASP* fornecido pela firma americana DMC Software, Inc. Um outro é o *Minitab* versão 6.1 feito por David D. Krueger e Ruth K. Meyer.

Outro software é o SPSS versão 8 para estudantes para no máximo 50 variáveis e 1500 linhas de dados.

Usamos a *Planilha Excel da Microsoft* com o livro do Lapponi, 1995, bem como cálculo de matrizes no Excel.

Com os dados obtidos fizemos uma série enorme de simulações considerando todos as variáveis cujos dados foram obtidos em campo, tais como: nº de funcionários, nº de lavadores, existência ou não de lavagem rápida e nº de horas trabalhadas por dia.

Usando o Excel da Microsoft foi usada função estatística **PROJ.LIN**.

A melhor solução foi obtida por várias tentativas. Dos vários modelos escolhidos o melhor que se adaptou à solução foi o seguinte:

$$Y_{\text{calc}} = 60 \times (\text{n.º de lavadores}) + 8 \times (\text{n.º de funcionários})$$

Sendo:

Y_{calc} = Consumo médio mensal em m³;

Lavadores: n.º total de lavadores em funcionamento;

Funcionários: n.º médio de funcionários que trabalham no posto de gasolina.

$\varepsilon = 0$ (o erro é randômico o valor é suposto zero).

O modelo é linear, sendo X_1 = n.º de lavadores e X_2 = n.º de funcionários, sendo 60 e 8 os coeficientes respectivos. No modelo escolhido, não há o **termo independente**.

12 Verificação do Resíduo

O resíduo é definido como a diferença entre o valor observado ou seja o valor real e o valor calculado: ***Resíduo*** = $Y_{\text{obs}} - Y_{\text{calc}}$.

É importante se verificar a diferença entre o consumo observado e o consumo calculado pela fórmula adotada, conforme Tabela 3.2.

Constatamos que o modelo está mais ou menos equilibrado, havendo praticamente um balanceamento dos erros positivos e negativos que variam respectivamente de 27% a 35%, verificando que os erros são randômicos, que o modelo é útil em prever Y_{calc} .

Tabela 3.2 - Comparação do Consumo observado($Y_{obs.}$) e Consumo calculado($Y_{calc.}$) com os respectivos desvios(Postos de Gasolina).

Nº de Ordem	Nº de funcion.	Nº de lavadores	Cons. Observado $m^3/mês$ $Y_{obs.}$	Cons. Calculado $m^3/mês$ $Y_{calc.}$	Resíduo $m^3/mês$ $Y_{obs.} - Y_{calc.}$
1	10	1	128	140	-12
2	9	1	93	132	-39
3	8	1	104	124	-20
4	3	1	100	84	16
5	10	1	101	140	-39
6	12	1	110	156	-46
7	8	1	152	124	28
8	17	1	301	196	105
9	7	1	98	116	-18
10	9	1	208	132	76
11	9	0	45	72	-27
12	5	1	72	100	-28
13	8	0	34	64	-30
14	7	1	99	116	-17
15	11	0	50	88	-38
16	8	1	107	124	-17
17	9	1	79	132	-53

13 Coeficiente de determinação múltiplo R^2

O coeficiente de determinação múltiplo $0 \leq R^2 \leq 1$, sendo que o ideal é quando $R^2 = 1$, isto para uma curva perfeita, mas como estamos usando dados reais isto nunca vai ser alcançado, pois sempre haverá variáveis que não foram consideradas e trariam um acréscimo no consumo. Portanto, levando-se em conta as variáveis consideradas, haverá sempre um resíduo.

Foi obtido um coeficiente de determinação R^2 igual a **0,53**, significando que 53% da soma total dos quadrados dos desvios dos 17 postos de gasolina apresentados podem ser explicados usando-se o modelo adotado.

14 Testes de significância dos coeficientes da equação

Como temos duas variáveis independentes, n.º de funcionários e n.º de lavadores, teremos 15 graus de liberdade (n.º da amostra – quantidade de variáveis β , no caso $17 - 2 = 15$, pois não temos o termo independente) e considerando α igual a 0,05 e $\alpha/2 = 0,025$ (dois rabos) e usando a tabela de *t de Student* teremos $t_{crítico} = 2,131$.

Foram achados os t calculados que são a relação entre o coeficiente da fórmula e o desvio padrão do mesmo. O valor do t calculado deverá ser maior que o t crítico.

Assim faremos os testes em cada coeficiente:

15 Teste de que o coeficiente β_1 é igual a zero

β_1 = coeficiente do n.º de lavadores = 59,18

Desvio padrão do coeficiente β_1 = 23,08

$t_{\text{observado}} = \text{coef. } \beta_1 / (\text{desvio padrão do coef. } \beta_1) = 59,18 / 23,08 = 2,56$
e $t_{\text{crítico}} = 2,131$.

Como $t_{\text{observado}} > t_{\text{crítico}}$, então é rejeitada a hipótese de que o coeficiente β_1 seja igual a zero, **portanto β_1 é diferente de zero.**

16 Teste de que o coeficiente β_2 é igual a zero

β_2 = coeficiente do n.º de funcionários = 7,57

Desvio padrão do coeficiente β_2 = 2,25

$t_{\text{obs.}} = \text{coef } \beta_2 / (\text{desvio padrão de } \beta_2) = 7,57 / 2,25 = 3,36 > t_{\text{crítico}} = 2,131$

Portanto como $t_{\text{observado}} > t_{\text{crítico}}$, fica rejeitada a hipótese de que o coeficiente β_2 seja zero. **Portanto, β_2 é diferente de zero.**

17 Intervalo de Confiança do coeficiente β_1 relativo ao n.º de lavadores

Para 95% de probabilidade, 15 graus de liberdade e $\alpha/2 = 0,025$ (dois rabos), teremos $t = 2,131$. O Intervalo de Confiança de β_1 é:

$$\beta_1 \pm t_{\alpha/2} s_{\beta_1}$$

Sendo: s_{β_1} = desvio padrão do coeficiente β_1

$t_{\alpha/2}$ = valor de t para $\alpha/2$

$$= 59,18 \pm 2,131 \times 23,08 = \mathbf{59,18 \pm 49,18}$$

Portanto, o valor de β_1 é 59,18 mas o Intervalo de Confiança do mesmo está entre 10,00 e 108,36. Pode se verificar que β_1 nunca atingirá o valor zero, o que vem mais a confirmar o teste de hipótese verificado onde foi provado que β_1 é diferente de zero.

16 Intervalo de Confiança do coeficiente β_2 relativo ao n.º de funcionários

Para 95% de probabilidade, 15 graus de liberdade e $\alpha/2 = 0,025$ (dois rabos), teremos $t = 2,131$. O Intervalo de Confiança de β_2 é:

$$\beta_2 \pm t_{\alpha/2} s_{\beta_2} = 7,57 \pm 2,131 \times 2,26 = \mathbf{7,57 \pm 4,80}$$

Portanto, o valor de β_2 é 7,57 mas o Intervalo de Confiança do mesmo está entre 2,77 e 12,38. Pode se verificar que β_2 nunca atingirá o valor zero, o que vem mais a confirmar o teste de hipótese verificado onde foi provado que β_2 é diferente de zero.

17 Testes de Hipótese com a Distribuição F

A hipótese feita é de que os coeficientes β_1 , e β_2 , são igual a zero. Vamos verificar se pelo menos um coeficiente é diferente de zero.

A *distribuição F* é usada para realizar testes de significância da fórmula como um todo, de maneira a ver se o modelo é viável para prever o valor de Y.

O n° de graus de liberdade é 14 pois, $n - (k+1) = 17 - (2+1)$, sendo n o n.º de amostras e k o n.º de variáveis independentes e no caso $k=2$.

Para os testes de significância usou-se probabilidade 0,05 e 14 graus de liberdade para o cálculo de *F* e duas variáveis independentes. O valor de $F_{\text{crítico}}=3,73$ obtido para as 17 amostras e o valor do $F_{\text{calculado}}=11,77$. Como $F_{\text{calculado}}$ é bem maior que $F_{\text{crítico}}$ devemos rejeitar a hipótese que os coeficientes sejam nulos e concluímos que pelo menos uma das variáveis não é zero. Como já vimos nos intervalos de confiança dos coeficientes β_1 e β_2 , que nenhum dos dois pode ser zero, pois, não há valores negativos e positivos em um intervalo. Em outras palavras *o modelo adotado parece ser útil para determinar o consumo mensal em Postos de Gasolina em Guarulhos.*

18 Multicolinearidade

A multicolinearidade existe quando duas ou mais variáveis independentes usadas na regressão estão correlatas. No nosso caso achamos que há uma multicolinearidade entre as variáveis independentes n.º de lavadores e n.º de funcionários, mas achamos que a *multicolinearidade é pequena*, não havendo redundância na escolha das variáveis escolhidas.

19 Intervalo de Confiança de Previsão da Média

O modelo achado para estimativa do consumo de água em Postos de Gasolina em Guarulhos, deve ser usado dentre os valores para os quais o mesmo foi calculado.

O pacote dos *Softwares SAS e SPSS* têm maneira de calcular o valor estimado, com probabilidade de 95% para cima e para baixo para cada par de valores que entramos, ou seja a média do n.º de funcionários e a média do n.º de lavadores.

Segundo Mendenhall e Sincich, 1993, o Intervalo de Confiança para Previsão da Média é fornecido por:

$$L \pm t_{\alpha/2} \sqrt{s^2 \cdot a'(X'X)^{-1} a}$$

Sendo:

L: estimativa do consumo mensal usando os valores da amostra;

s^2 = variância da análise de regressão linear. O desvio padrão é 45,27 e portanto a variância é $(45,27)^2$

\mathbf{a} = matriz linear vertical dos valores observados do nº de lavadores e nº de funcionários, sendo o termo independente igual a zero;

\mathbf{a}' = matriz horizontal dos valores observados do nº de lavadores e nº de funcionários sendo o termo independente igual a zero;

$(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ = matriz inversa do produto $\mathbf{X}'\mathbf{X}$;

\mathbf{X} = matriz dos dados fornecidos referente a nº de lavadores e funcionário;

\mathbf{X}' = matriz transposta de \mathbf{X} .

O intervalo

$t_{\alpha/2} = 2,131$ sendo o $n-k-1$ graus de liberdade ou seja: $17-2-1=14$ e probabilidade de 95%.

O Intervalo de Confiança de Previsão da Média só vale para os dados obtidos na amostra.

A análise de regressão é dada pela fórmula:

$$\mathbf{Y}_{\text{calc}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \mathbf{X}_1 + \beta_2 \cdot \mathbf{X}_2 + \dots + \beta_k \cdot \mathbf{X}_k + \epsilon$$

Para um dado valor dos coeficientes $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2$, etc, podemos escrever:

$$\mathbf{L} = \mathbf{a}_0 \cdot \beta_0 + \mathbf{a}_1 \cdot \beta_1 + \mathbf{a}_2 \cdot \beta_2 + \dots + \mathbf{a}_k \cdot \beta_k$$

Onde

$$s_L = \sqrt{s^2 \cdot \mathbf{a}'(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{a}}$$

sendo s = desvio padrão da regressão obtida;

$(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ = matriz inversa obtida no método dos mínimos quadrados;

\mathbf{a} = matriz vertical de $\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_k$

\mathbf{a}' = matriz horizontal de $\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_k$

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}_0 \\ \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \mathbf{a}_k \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{a}' = \begin{pmatrix} \mathbf{a}_0 & \mathbf{a}_1 & \mathbf{a}_2 & \dots & \mathbf{a}_k \end{pmatrix}$$

Como exemplo, para o primeiro Posto de Gasolina da amostra, o número de lavadores é igual a um e o número de funcionários é 10.

Observar que $\mathbf{a}_0 = 1$, embora o termo independente $\beta_0 = 0$.

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

10

$$\mathbf{a}' = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 10 \end{vmatrix}$$

A matriz X é a seguinte:

1	1	10
1	1	9
1	1	8
1	1	3
1	1	10
1	1	12
1	1	8
1	1	17
1	1	7
1	1	9
1	0	9
1	1	5
1	0	8
1	1	7
1	0	11
1	1	8
1	1	9

A **matriz X'** é a matriz X horizontal:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
10	9	8	3	10	12	8	17	7	9	9	5	8	7	11	8	9

Recordando multiplicação de matrizes. Seja uma matriz dada por linhas e colunas. Seja uma matriz qualquer A com r linhas e d colunas e seja B uma matriz com d linhas e c colunas. O produto da matriz A com a matriz B, AB será uma nova matriz denominada C com as dimensões r e c ou seja r o número de linhas de A e c o número de colunas de B.

Primeiramente é feita a multiplicação da **matriz X'X** que será a matriz quadrada com três linhas e três colunas:

$$\begin{vmatrix} 17 & 14 & 150 \\ 14 & 14 & 122 \\ 150 & 122 & 1466 \end{vmatrix}$$

Uma matriz é inversa da outra, quando o produto das mesmas fornece uma matriz identidade, isto é, uma matriz que os elementos da diagonal é o número um e todos os outros números são zero. A matriz inversa terá as mesmas dimensões da matriz a que deu origem. Uma maneira de se conferir é multiplicando-as em qualquer ordem, para obter a matriz identidade. Usa-se o símbolo -1 (menos um) para se indicar a matriz inversa. No caso a matriz inversa é o produto resultante de X' e X /

A matriz inversa do produto $(X'X)$ é $(X'X)^{-1}$ que será:

$$\begin{vmatrix} 0,948856 & -0,4 & -0,06595 \\ -0,374159 & 0,41 & 0,004374 \\ -0,065949 & 0 & 0,007066 \end{vmatrix}$$

Como o desvio padrão s da análise de regressão é 45,27 e como o valor t de **Student** é 2,145, obtemos:

Tabela 4.2 - Intervalo de Confiança de Previsão da Média para Postos de Gasolina

$a'(XX)^{-1}a$	variação	Y_{obs}	Y_{cal}	Intervalo de Confiança	
0,083109017	28	128	140	109	161
0,072005384	26	93	132	101	153
0,075033647	27	104	124	94	146
0,302153432	53	100	84	44	120
0,083109017	28	101	140	108	161
0,147711978	37	110	156	120	180
0,075033647	27	152	124	94	146
0,556527591	72	301	196	140	235
0,092193809	29	98	116	85	139
0,072005384	26	208	132	101	153
0,334118439	56	45	72	25	111
0,168909825	40	72	100	65	128
0,34589502	57	34	64	22	99
0,092193809	29	99	116	85	136
0,352960969	58	50	88	30	136
0,075033647	27	107	124	93	146
0,072005384	26	79	132	101	153

Tabela 5.2 - Intervalo de Confiança de Previsão da Média do número de lavadores e de número de funcionários, para 95% de probabilidade para Postos de Gasolina

Orde m	Qtidade de lavad.	Nº de funcion.	Y _{obs} m³/mês	Y _{cal} m³/mês	Intervalo de Confiança de Previsão da Média m³/mês	
1	1	10	128	140	109	161
2	1	9	93	132	101	153
3	1	8	104	124	94	146
4	1	3	100	84	44	120
5	1	10	101	140	108	161
6	1	12	110	156	120	180
7	1	8	152	124	94	146
8	1	17	301	196	140	235
9	1	7	98	116	85	139
10	1	9	208	132	101	153
11	0	9	45	72	25	111
12	1	5	72	100	65	128
13	0	8	34	64	22	99
14	1	7	99	116	85	136
15	0	11	50	88	30	136
16	1	8	107	124	93	146
17	1	9	79	132	101	153

20 Intervalo de Confiança de Previsão Individual

Como os coeficientes estão sujeitos a erros, o valor calculado também está, daí a necessidade de se calcular o valor estimado com suas variações para mais e para menos. O Intervalo de Confiança de Previsão Individual de um Posto de Gasolina, fornecido o número de lavador e o número de funcionários, para probabilidade de 95% é fornecido conforme abaixo:

$$L \pm t_{\alpha/2} \sqrt{s^2 \cdot (1 + \mathbf{a}'(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{a})}$$

Sendo:

L: estimativa do consumo mensal usando os valores da amostra;

s²= variância da análise de regressão linear. O desvio padrão é 45,27 e portanto a variância é (45,27)²

a= matriz linear vertical dos valores observados do nº de lavadores e nº de funcionários, sendo o termo independente igual a zero;

a'= matriz horizontal dos valores observados do nº de lavadores e nº de funcionários sendo o termo independente igual a zero;

(X'X)⁻¹= matriz inversa do produto X'X;

X= matriz dos dados fornecidos referente a n.º de lavadores e funcionários;

X'= matriz transposta de X.

t_{α/2} = 2,131 sendo o n-k-1 graus de liberdade ou seja: 17-2-1=14 e probabilidade de 95.

Observar o **número um** dentro da raiz, havendo um aumento do intervalo.

Para calcular um novo dado, deveria ser usado o cálculo de matrizes usando Excel ou Softwares como o SAS ou SPSS.

Como vimos, adotamos em nosso trabalho, o Intervalo de Confiança de Previsão da Média e não o Intervalo de Confiança de Previsão Individual.

21 Cálculo da elasticidade da demanda

É importante e oportuno que se verifique a elasticidade da demanda-nº de funcionários e demanda-nº de lavadores de um Posto de Gasolina.

A elasticidade da demanda é definida como o quociente da porcentagem da variação da demanda pela porcentagem da variação da variável independente escolhida.

Representa-se a elasticidade da demanda pela letra *e*.

Δ consumo mensal/consumo mensal

e = ----- =

Δ Funcion./Nº de funcion.

= (Nº de func./Consumo) * (Δ consumo mensal/Δ n.º de func.)

Resumidamente a elasticidade *e* será dado por:

$$(estimativa\ do\ coeficiente) * \frac{(média\ da\ variável\ independente)}{(média\ da\ variável\ dependente)}$$

21.1 Elasticidade do nº de funcionários

Na Análise de Regressão Linear Múltipla foi obtida o modelo:

Cons. mensal=60 x (n.º de lavadores) + 8 x (n.º de funcionários)

A demanda- número de funcionários, é dado pelo seguinte :

$$8 \times \frac{9}{111} = 0,6$$

sendo

8 =o coeficiente do n.º de funcionários na equação do consumo;

9 =é o nº médio de funcionários de um posto de gasolina em Guarulhos;

111 = é a média da variável dependente, ou seja, o consumo médio é 111 m³/mês.

Isto significa que se aumentarmos em 10% o n.º de funcionários de um Posto de Gasolina o consumo mensal aumentará de 6%

21.2 Demanda -n.º de lavadores em um Posto de Gasolina

Para a elasticidade da demanda-nº de lavadores em um Posto de Gasolina usamos o mesmo método, usado anteriormente:

$$60 \times \frac{0,82}{111} = 0,4$$

Sendo

60 = o coeficiente do nº de lavadores;

0,82= é a média do nº de lavadores em um posto de gasolina;

111= o consumo médio mensal de um Posto de Gasolina em Guarulhos.

Isto significa que se aumentarmos o nº de lavadores em 10% o consumo de água do Posto de Gasolina aumentará de 4%.

22 Conclusão

O modelo adotado dentro da concepção contrutivista, não é a verdade absoluta e sim uma verdade aproximada que pode ser corrigida, modificada ou mesmo abandonada por outra mais adequada

Cons. Mensal = 60 x (n.º de lavadores) + 8 x (n.º de funcionários)

Construção de modelo para estimativa de consumo médio mensal de água em Lava-rápidos

Revisado em 17 de setembro de 1999

23 Objetivo

O objetivo da pesquisa é elaborar um modelo matemático para estimar o consumo de água nos Lava-rápidos.

24 Verificação do tamanho da amostra necessário

Para se achar o tamanho da amostra, vamos admitir o erro relativo de 30% (trinta por cento) ou seja $r=0,3$ e considerando “ t ” *estatístico* como coeficiente de probabilidade, teremos $t=2,042$, pois consideramos a amostra de 30 elementos e Intervalo de Confiança de 95% (noventa e cinco por cento) de probabilidade.

Segundo Dziegielewski, Opitz e Kiefer, 1993 p.147, a amostra para uma população contínua é:

$$n_0 = \frac{t^2 \cdot s^2}{r^2 \cdot Y^2}$$

Sendo:

n_0 =tamanho da amostra na primeira aproximação;

N = a população dos Lava-rápidos existentes em Guarulhos em 1996, isto é, os 30 (trinta);

$t=2,145$ (coeficiente de probabilidade);

$r=0,3$ (erro amostral relativo admitido de 30%);

s = desvio padrão da amostra de 15 lava-rápido = 23,64 m³/mês;

Y = média da amostra, no caso a média de consumo dos 15 (quinze) Lava-rápidos de Guarulhos é 73,5 m³/mês.

Substituindo os dados teremos:

$$n_0 = \frac{(2,145^2 \times 23,64^2)}{(0,3^2 \times 73,5^2)} = 5,29$$

A amostra n necessária é:

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0/N} = \frac{5,29}{1 + 5,29/30} = 4,49 \text{ ou seja } 5 \text{ amostras}$$

Portanto, a amostra mínima que deveríamos ter é de 5(cinco) Lava-rápidos, mas vamos tomar como amostra 15 (quinze) Lava-rápidos.

25 Variáveis que foram consideradas

Foram consideradas as variáveis que influenciavam o consumo dos Lava-rápidos ou seja o *n.º de funcionários, o n.º de horas trabalhadas por dia, número de veículos lavados por mês, a reciclagem da*

água e a captação da água de chuva. Não foi utilizado o *n.º de veículos lavados*, devido a grande imprecisão nas informações.

O *preço da água* é uma variável independente muito importante que deveria ser levada em conta, pois como se sabe a um aumento do custo da água há uma diminuição de consumo, principalmente no comércio e indústria. Para levar em consideração o preço da água deveríamos não somente considerar três meses e sim no mínimo uns dois anos. Nenhum lava-rápido tinha reciclagem e somente 5 (cinco) deles aproveitavam a água de chuva.

Os *períodos sazonais* de chuvas e seca (pouca chuva) também não foram levados em consideração, tendo em vista principalmente que foi usada somente a média do consumo de três meses.

Também não foram levados em consideração a qualidade ou existência de equipamentos que economizam água. Por exemplo, uma lavagem manual gasta mais água do que uma lavagem com aparelhos de alta pressão.

26 Consumos mensais dos Lava-rápidos

A variável dependente, consumo mensal de um Lava-rápido, pode assumir qualquer valor, sendo portanto uma *variável contínua*.

Foram instalados 30 (trinta) hidrômetros novos e foram escolhidos 15 (quinze) onde foram feitas leituras especiais de modo a não introduzir os erros de intervalos de leitura. Os consumos mensais são em metros cúbicos.

Para cada Lava-rápido foram obtidos três meses consecutivos e obtendo-se a média dos mesmos. A média geral de consumo dos 15 (quinze) Lava-rápidos foi de 73,5 (setenta e três vírgula cinco) metros cúbicos por mês.

27 Amostragem

No caso a *população* dos Lava-rápidos é de 30 (trinta) unidades. Todos os 30 (trinta) Lava-rápidos existentes na época tinham ligações de água, sendo que 5(cinco) aproveitavam água de chuva ou poço freático.

Somente 25 (vinte e cinco) tinham ligações somente do SAAE o que satisfazia as condições de não ter poços freáticos, reciclagem, aproveitamento de água de chuva ou de mina de água e nem água de caminhão tanque. Também não deveriam ter ligações clandestinas.

Dos 25 foram escolhidos *aleatoriamente* 15 (quinze) Lava-rápidos, conforme Tabela 6.2.

Na primeira coleta de dados tivemos que rejeitar os dados obtidos, pois havia vários hidrômetros que estavam quebrados. Por isso todos os medidores foram trocados por hidrômetros novos, e a pesquisa durou somente três meses, terminada a apuração de campo em 3 de fevereiro de 1996. Foram considerados os consumos dos meses de novembro e dezembro de 1995 e janeiro de 1996.

Tabela 6.2: Amostra aleatória dos Lava-rápidos da cidade de Guarulhos

Ordem	Consumo médio real mensal em m³/mês	Número de funcionários	Horas de funcionamento por dia	Quantidade de carros lavados por/mês
1	122	11	10	800
2	52	9	10	450
3	47	5	9	200
4	79	11	9	700
5	43	5	10	350
6	26	4	9	180
7	77	7	10	300
8	111	9	9,5	600
9	30	4	9,5	170
10	127	8	8	800
11	77	7	10	182
12	129	10	10	600
13	22	4	9	120
14	78	11	10	600
15	83	8	9,5	500
Média	73,5	7,5	9,5	436,8
Desvio Padrão	36,6	2,6	0,6	239,3

Tabela 7.2(continuação): Amostra aleatória de Lava-rápidos em Guarulhos

Ordem	Captação água de chuva	Reciclagem de águas servidas	Nº de Lavadores
1	não	não	1
2	não	não	1
3	não	não	1
4	não	não	1
5	não	não	1
6	não	não	1
7	não	não	1
8	não	não	1
9	não	não	1
10	não	não	1
11	não	não	1
12	não	não	1
13	não	não	1
14	não	não	1
15	não	não	1

Os parâmetros são a média, o desvio padrão, etc. A média do consumo real dos Lava-rápidos é de 73,5 m³/mês, com desvio padrão de 36,6 m³/mês. A média dos funcionários que trabalham em um Lava-rápidos é 7,5 com desvio padrão de 2,6. A média de horas trabalhadas por dia é 9,5 com desvio padrão de 0,6. A média de carros lavados por mês é de 436,8 com desvio padrão de 239,3.

28 Coeficiente médio de utilização da água de um Lava-rápido por funcionário e por mês

Um dos grandes pesquisadores sobre consumos industriais e comerciais nos Estados Unidos é Dziegielewski, cujos estudos apresentados em 1990, mostram a faixa de variação média diária baseada no n.º de empregados. Dziegielewski também salienta no seu trabalho a grande variabilidade de consumo obtido para um determinado estabelecimento, havendo muitos casos em que o coeficiente de variação é em torno de 3 (três). Foi obtido por Dziegielewski correlação com o n.º de pessoas empregadas de 0,5 para análise de regressão linear e 0,7 com o uso linear do logaritmo.

29.1 Intervalo de Confiança para Previsão da Média da variável e valor Individual da variável

Vamos fazer a análise de regressão com uma reta passando pela origem. Conforme Mendenhall e Sincich, 1993, p.142:

$$Y = \beta_1 \cdot x + \varepsilon$$

Sendo: **Y** as variáveis dependentes, que no caso é a média mensal do consumo dos Lava-rápidos, **X** o número de funcionários que trabalham nos lava-rápidos, **β_1** coeficiente de inclinação da reta e **ε** o erro randômico.

X_i = número de funcionários que trabalham nos Lava-rápidos;

Y_i = consumo médio mensal dos Lava-rápidos;

Y_m =consumo médio mensal de todos os Lava-rápidos=73,53 m³/mês;

Pelo método dos mínimos quadrados, o valor de **β_1** é:

Usando o software *SPSS Student Version 8.0 for Windows ou Microsoft Office 97 Excel*, temos:

$\beta_1 = 9,848$

s= 23,6449 é o desvio padrão de toda a regressão.

$R^2 = 0,58$ obtido no Excel

29.1.1 Cálculo de F

O valor de F obtido na regressão é $F_{\text{calculado}} = 19,56$ Para a probabilidade de 0,05, $n=15$ e $k=1$ (uma variável) teremos:

denominador = $n - (k+1) = 15 - (1+1) = 13$, e conforme Sincich, 1993 p.978, temos $F_{\text{critico}} = 4,67$.

Como $F_{\text{calculado}}$ é bem maior que F_{critico} , então é rejeitada a hipótese que o coeficiente da análise linear de regressão seja zero.

29.1.2 Teste de hipótese para ver se β_1 é igual a zero

O valor ***t de Student*** calculado é fornecido por:

$$t = \beta_1 / s_{\beta_1}$$

Como **$s_{\beta_1} = 0,768$**

$$t = \beta_1 / s_{\beta_1} = 9,848 / 0,768 = 12,831$$

O valor t_{critico} de ***t de Student*** para 95% de probabilidade ou seja $\alpha=0,05$ e $\alpha/2 = 0,025$ é **$t=2,14$** para $n-1$ graus de liberdade ou seja $15-1=14$.

Como o valor de $t_{\text{calculado}}$ é bem maior que ***t de Student***, então é rejeitada a hipótese de **β_1** ser zero.

O Intervalo de Confiança de **β_1** 95% de probabilidade é:

$$\beta_1 \pm t_{\alpha/2} \cdot s_{\beta_1} = 9,848 \pm 2,14 \cdot 0,768$$

$$\beta_1 \pm t_{\alpha/2} \cdot s_{\beta_1} = 9,848 \pm 1,63$$

Portanto, o Intervalo de Confiança de β_1 com 95% de probabilidade é: 8,202 e 11,494

29.2 Gráfico de Pontos e da reta obtida na Análise de Regressão

Vejamos em um Gráfico de Pontos quando na variável independente x temos o número de funcionários e na variável dependente y temos o consumo médio mensal em m^3 .

No gráfico também consta a reta que passa pela origem da forma: $Y = 9,848 x$ (n.º de funcionários).

Gráfico de Pontos de Lava-rápido: funcionário x consumo obtido do software da Microsoft Excel

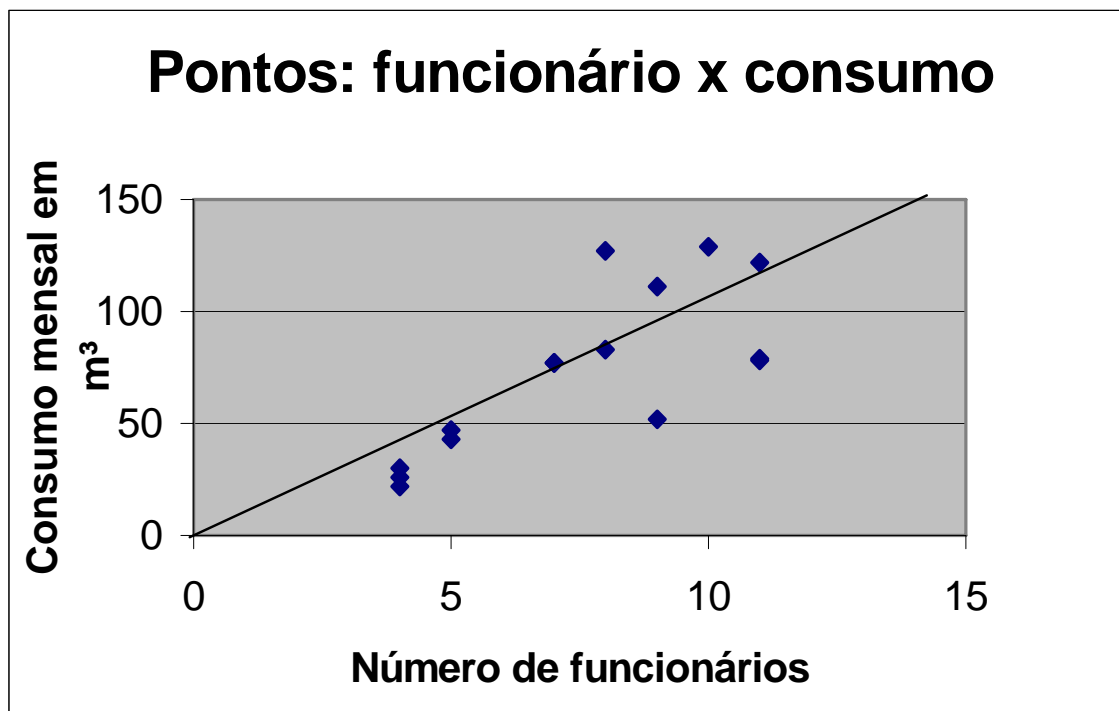


Gráfico 1.2: Plotagem dos pontos e reta passando pela origem.

29.2 Intervalo de Confiança para Previsão da Média da variável e valor Individual da variável

Existem dois intervalos de previsão, sendo da média da variável independente e outro de um valor individual. Será adotado nesse trabalho, o Intervalo de Previsão da Média, o qual nos parece mais razoável do que o Intervalo de Previsão Individual. Supõe-se que o número de funcionários seja um valor médio e não um valor individual.

Para a análise de regressão linear passando pela *origem*, Mendenhall e Sincich, 1993, p.143 temos:

Intervalo de Confiança da Previsão da *Média da variável* X_p é fornecida pela expressão:

$$Y_{\text{calc}} \pm t_{\alpha/2} \cdot s \cdot X_p / (\sum X_i^2)^{1/2}$$

Para o Intervalo de Confiança da Previsão para um valor *individual da variável* X_p é usada a seguinte expressão:

$$Y_{\text{calc}} \pm t_{\alpha/2} \cdot s \cdot (1 + X_p^2 / \sum X_i^2)^{1/2}$$

Sendo:

X_p = variável independente, no caso o número de funcionários;

$\sum X_i^2 = 949$ (soma dos quadrados do número de funcionários) obtido na Análise de Regressão Linear;

$s = 23,64$ (desvio padrão da regressão);

$t_{\alpha/2} = 2,145$, para 95% de probabilidade o valor *t de Student* para

$(n-1) = 15-1 = 14$, tabela 2 de Mendenhall e Sincich, 1993, p.805, $t_{\alpha/2} = t_{0,025} = 2,145$.

Analisando as expressões do Intervalo de Confiança para Previsões podemos dizer:

- a) o Intervalo de Confiança para Previsões será menor quanto menor for o valor do desvio padrão s , isto é, quanto menor for a dispersão dos valores observados de Y em torno da reta de regressão.
- b) O Intervalo de Confiança para Previsões será menor quanto maior for o valor $\sum X_i^2$, isto é, quanto maior for a dispersão dos valores de X em torno da respectiva média.

É importante que o número de observações n seja o maior possível.

Devemos notar que o Intervalo de Confiança para Previsões, aumenta a medida que o valor de X_p se afasta do valor de $X_{\text{médio}}$. No caso o valor médio do número de funcionários é 9. Os valores muito acima e muito abaixo se afastam do valor médio.

Um outro problema importante a considerar é a extrapolação que é mais serio que o crescimento da amplitude do Intervalo de Confiança para Previsões, na medida que X_p se afasta de $X_{\text{médio}}$.

Freqüentemente o modelo linear ajustado é razoável para o intervalo coberto pela amostra, mas é absolutamente inapropriado para uma extrapolação (Hoffmann e Vieira, 1983).

A Tabela 8.2 apresenta o volume estimado pela regressão adotada, o resíduo em metros cúbicos, bem como o Intervalo de Confiança de Previsão da Média do Número de Funcionários dos Lava-rápidos em Guarulhos, com 95% de probabilidade obtida com o *Software SPSS versão 8*.

Tabela 8.2: Consumo Observado, Consumo Estimado, Resíduo e Intervalo de Confiança de Previsão da Média de Número dos Funcionários dos Lava-rápidos de Guarulhos.

Consumo observado mensal m ³ /mês	Número de funcionários	Consumo mensal estimado pela regressão linear m ³ /mês	Resíduo (observado.- estimado) m ³	Intervalo de Confiança de Previsão da Média com 95% de probabilidade	
				Limite inferior m ³ /mês	Limite Superior m ³ /mês
122	11	108	14	90	126
52	9	89	-37	74	103
47	5	49	-2	41	57
79	11	108	-29	90	126
43	5	49	-6	41	57
26	4	39	-13	33	46
77	7	69	8	57	80
111	9	89	22	74	100
30	4	39	-9	33	46
127	8	79	48	66	92
77	7	69	8	57	80
129	10	98	31	82	115
22	4	39	-17	33	46
78	11	108	-30	90	126
83	8	79	4	66	92

No Gráfico 2.2, além da reta obtida na Análise Linear de Regressão, temos as duas curvas que são os limites superiores e inferiores do intervalo de predição da média do número de funcionários de vários lava-rápidos.

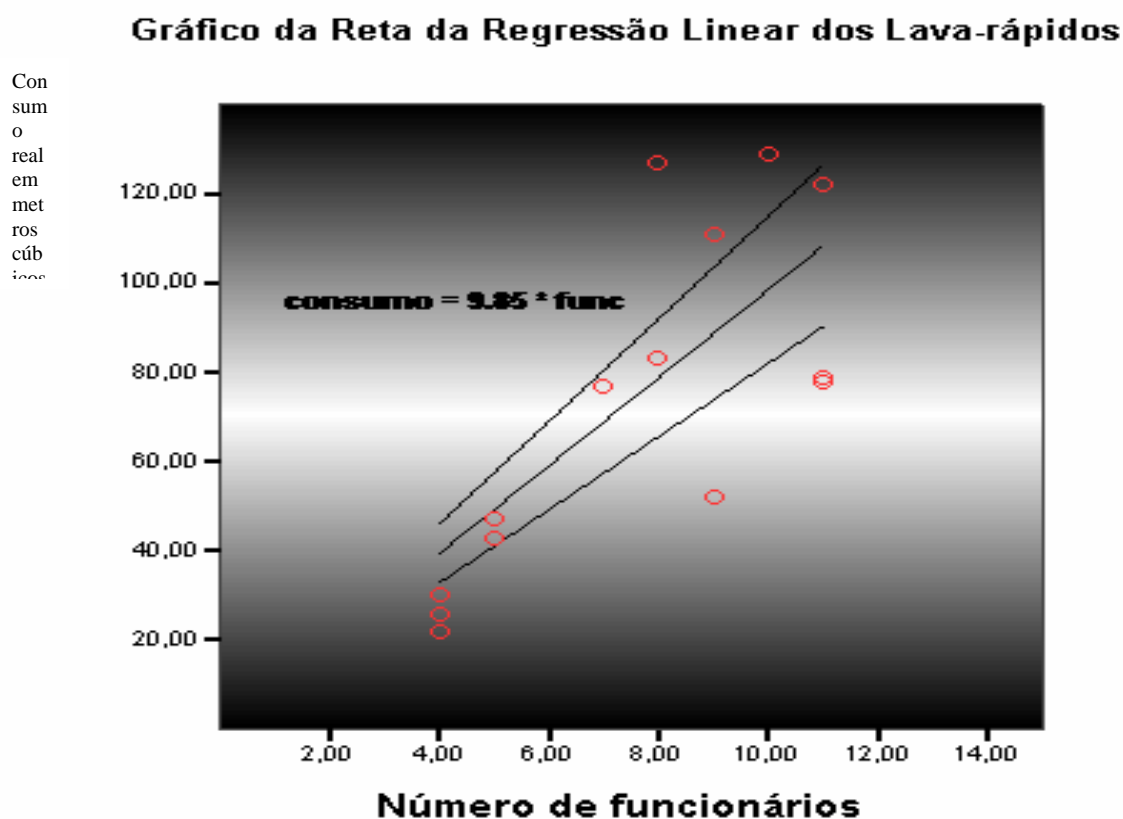


Gráfico 2.2: O gráfico mostra os números de funcionários fornecidos e o consumo real mensal em metros cúbicos, bem como a reta de regressão passando pela origem e as duas curvas envoltivas a reta que são relativas ao intervalo de confiança da média do número de funcionários de lava-rápidos com 95% de probabilidade.

29.3 Conclusão

Fizemos uma análise de regressão linear com termo independente igual a zero e obtivemos: $Y_{\text{calc}} = 9,848 \times (\text{nº de funcionários})$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,58$.

A Tabela 9.2 apresenta o número de funcionários variando de um a vinte, fornecendo o volume médio mensal de consumo de água, bem como a faixa de variação do mesmo, considerando a média de número de funcionários, com 95% de probabilidade. Assim os Lava-rápidos que têm oito funcionários, terão um consumo médio de 79 metros cúbicos mensais, variando o consumo entre 66 a 92 metros cúbicos mensais.

Tabela 9.2-Consumo Médio Mensal de Lava-rápidos, e Intervalo de Confiança para Previsão da Média, em função do número de funcionários que trabalham em um Lava-rápido.

Número de funcionários	Consumo Médio Mensal m³/mês	Intervalo de Confiança para Previsão da Média, com 95% de probabilidade m³/mês	
1	10	8	11
2	20	16	23
3	30	25	34
4	39	33	46
5	49	41	57
6	59	49	69
7	69	57	80
8	79	66	92
9	89	74	103
10	98	82	115
11	108	90	126
12	118	98	138
13	128	107	149
14	138	115	161
15	148	123	172
16	158	131	184
17	167	139	195
18	177	148	207
19	187	156	218
20	197	164	230

30 Referências Bibliográficas e Livros Consultados

- BERENHAUSER, Carlos José Botelho e PULICI, Clóvis. *Previsão de Consumo de Água por Tipo de Ocupação do Imóvel*, 20 a 25 de novembro de 1983 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Balneário de Camboriú, Santa Catarina. Camboriú: ABES, 1983.
- DZIEGIELEWSKI, Benedykt, OPITZ, Eva M., KIEFER, Jack C., BAUMANN, Duane D. *Evaluation Urban Water Conservation Programs: a Procedures Manual*. Denver: AWWA, 1993. 238 p. ISBN 0-89867-676-2.
- GUARULHOS, SAAE, *Portaria 4.456/1984*. Tabela de consumo mensal por tipo de consumidor.
- HOFFMANN, Rodolfo e VIEIRA, Sônia. *Análise de Regressão-Uma Introdução à Econometria*, 2.ed. São Paulo: Hucitec, 1983, 379 p.
- FREEDMAN, David et al. *Statistics*. 3ª ed. London: Norton, 1998, 578 p. ISBN 0-393-97083-3,
- LAPPONI, Juan Carlo. *Estatística Usando Excel- versões 4 e 5*. São Paulo: Editora Lapponi Treinamento, 1995.
- JUNIOR, BENTO AFINI. *Consumo de Água em Lava-rápidos*. Revista DAE. Ano XXXV nº 99 São Paulo: SABESP, 1975, p.11-31.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. *Instalações Hidráulicas*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 770p.
- McCUDEM, RICHARD H. *Hydrologic Analysis and Design*. 2ª ed., New Jersey: Prentice Hall, 1998, 814p, ISBN 0-13-134958-9.
- MELO, Vanderley de Oliveira & NETTO, Azevedo José M. de. *Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias*. 1. Reimpressão. São Paulo: Edgard Blucher, 1988, 185p.
- MENDENHALL, Willian e SINCICH, Terry. *A Second Course in Business Statistics: Regression Analysis*, 4 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1993, 859 p.
- SINCICH, Terry. *Statistics By Example*. New York: Maxwell Macmillan International, 1993, 5. ed., 1006 p.
- SPSS. *SPSS 8.0 FOR WINDOWS-Brief Guide*. Chicago: Prentice-Hall, 1998, ISBN 0-13-687914-4, 168 p. com CD.
- GREEN, Samuel B. et al. *Using SPSS for Windows*. New Jersey: Prentice-Hall, 1997, ISBN 0-02-346434-8, 494 p. com Diskette.
- WALPOLE, Ronald E. e MYERS, Raymond H.. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 5. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1993, 766 p.
- WITTINK, Dick R.. *The Application of Regression Analysis*. Boston: Allyn and Bacon, 1988. 324 p.

Arquivo regressão1.doc 12 páginas A4

Arquivo regressão2.doc 11 páginas A4

Arquivo regressão3.doc 11 páginas A4

Total 34 páginas A4 (equivalente a 51 páginas 15,5cm x 21,5cm)

