



I-017 – DETERMINAÇÃO DA ALTURA MÍNIMA DE RESERVATÓRIOS EM PRÉDIOS COM MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

Wandenir Hilmar Dominiqueli⁽¹⁾

Tecnólogo em construção civil pela Fatec/SP (1982). Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia São Paulo (1995). Mestre em Habitação pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2007). Coordenador de Obras da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo.

Douglas Barreto⁽²⁾

Tecnólogo em construção civil pela Fatec/SP (1983). M.Sc. in Building Services Engineering pela Heriot-Watt University Edimburgo/Escócia (1990). Doutor em Estruturas Ambientais Urbanas na FAUUSP (1999). Pesquisador do Laboratório de Instalações Prediais do Centro Tecnológico do Ambiente Construído do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Silvio Barbini, 632 - Apartamento 32 - Bloco C - Itaquera – São Paulo - SP - CEP: 08250-650 - Brasil - Tel: (11) 2286-2314 - e-mail: wdominiqueli@terra.com.br. ⁽²⁾ Rua Flor de Seda, 490 – Vargem Grande Paulista – SP - CEP: 06730-000 - Brasil - Tel: (11) 4158 - 4160- e-mail: dougbarr@ipt.br

RESUMO

O artigo apresenta o processo para a determinação da altura mínima dos reservatórios a partir da demanda obtida pelo perfil de consumo monitorado nas habitações de interesse social e sua influência na determinação da perda de carga dos hidrômetros, bem como a escolha mais adequada dos hidrômetros empregados na medição individualizada, fator relevante na determinação dessa altura.

Demonstra a viabilidade de utilizar os hidrômetros no pavimento térreo mesmo nos conjuntos habitacionais de pequeno porte, nos quais o abastecimento é feito por reservatório elevado situado sobre a edificação, aproveitando o custo mais baixo e as vantagens que o sistema pode oferecer.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório de água; medição individualizada; altura mínima de reservatório, dimensionamento de hidrômetro.

INTRODUÇÃO

A utilização de hidrômetro capaz de avaliar o consumo de água por unidade habitacional, permitindo a emissão de contas individuais em condomínios verticais, é denominada medição individualizada. A conta de água pode ser estabelecida para cada unidade tendo em vista o consumo registrado no hidrômetro respectivo acrescido da parcela que lhe couber referente ao consumo de água para satisfazer as necessidades comuns do edifício. Esse consumo pode ser avaliado pela diferença da leitura do hidrômetro instalado no ramal de entrada da edificação e o somatório das leituras efetuadas nos hidrômetros individuais.

Além da aplicação em unidades residenciais esse sistema de medição pode ser utilizado em instalações de outras categorias – comerciais, industriais, escolares, entre outras, constituindo uma ferramenta de grande utilidade na gestão da demanda de água dos vários setores dessas atividades.

Embora não possa ser utilizada de modo indiscriminado, pois deve obedecer a alguns critérios de ordem técnica e econômica, algumas soluções podem apresentar maior ou menor dificuldade de implantação caso se trate de edificação nova ou existente.

Nas edificações existentes que possuem reserva superior e cujas soluções devem considerar a menor intervenção possível na edificação, três soluções podem ser utilizadas: instalação dos medidores no barrilete; instalação nos andares junto à entrada dos apartamentos e instalação no pavimento térreo.

A instalação dos hidrômetros no barrilete exige a subida do responsável até o local para as operações de leitura, manutenção, corte e restabelecimento do fornecimento, dificultando ainda o acompanhamento da evolução do consumo pelo usuário.



A instalação dos hidrômetros nos andares exige que o responsável percorra todo o condomínio para efetuar a leitura; apresenta a desvantagem do custo adicional para a instalação dos abrigos individuais e o inconveniente do ramal de alimentação atravessar todo o apartamento até os pontos de medição. Esse sistema favorece o acompanhamento do consumo pelo usuário.

Na instalação no pavimento térreo os hidrômetros são instalados em baterias próximas aos pontos de subida das prumadas. Nesse caso a alimentação pode ser feita por reservatório tipo torre e rede condominial, ou por reservatórios situados sobre a edificação. Exige que o responsável percorra todo o condomínio para a operação de leitura, porém, os serviços de manutenção e acompanhamento do consumo pelo usuário são facilitados.

Nos casos citados a utilização de sistemas de leitura remota facilita essas operações, bem como as de corte e restabelecimento do fornecimento e o acompanhamento da evolução do consumo pelos usuários. Permitem também que os hidrômetros possam ser instalados no interior dos apartamentos para solucionar os casos em que os edifícios possuem mais de uma coluna, com a utilização de mais de um medidor por unidade habitacional.

Os três sistemas citados são utilizados nas Habitações de Interesse Social desenvolvidas pela CDHU – Cia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo, com prioridade na instalação dos hidrômetros no pavimento térreo, alimentados por reservatório tipo torre, embora as outras soluções tenham sido utilizadas em alguns empreendimentos existentes.

OBJETIVO DO TRABALHO

O artigo apresenta o processo para a determinação da altura mínima dos reservatórios a partir da demanda obtida pelo perfil de consumo monitorado “in loco” e “on line” em conjunto habitacional de interesse social (HIS) e sua influência na determinação da perda de carga dos hidrômetros, bem como a escolha mais adequada dos hidrômetros empregados na medição individualizada, fator relevante na determinação dessa altura.

METODOLOGIA

A metodologia adotada na pesquisa realizada consistiu das seguintes atividades: dimensionamento dos ramais de alimentação dos apartamentos; dimensionamento dos hidrômetros para a medição individualizada; levantamento dos consumos e vazões típicas de apartamentos HIS; determinação da perda e carga dos hidrômetros; determinação da altura mínima do reservatório.

DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ALIMENTAÇÃO DOS APARTAMENTOS

Por razões de economia e para não incorrer em superdimensionamento é usual estabelecer a demanda simultânea para dimensionamento dos ramais de alimentação das unidades habitacionais abaixo dos valores máximos possíveis.

Segundo a norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998), a demanda simultânea de água pode ser estimada pela aplicação do método dos pesos relativos, no qual a vazão de projeto pode ser obtida pelo somatório dos pesos relativos de todas as peças de utilização com o emprego da fórmula (equação 1):

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad \text{eq.1}$$

onde:

Q = é a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

$\sum P$ = é a soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.



Peculiaridades nos projetos das habitações de interesse social, como limitação dos pontos de utilização em razão dos ambientes projetados e área das unidades habitacionais, permitem outras considerações de utilização simultânea desses pontos.

Tais peculiaridades exigem que se adotem valores de vazão de projeto mais adequados a essas habitações, porém diferentes dos calculados empregando-se o método preconizado pela norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998). A CDHU adota valores diferentes, mais adequados, segundo a companhia às demandas dos apartamentos típicos construídos. A tabela 1, a seguir apresenta os valores das vazões de projeto calculados para dimensionamento de um ramal típico de alimentação considerando os parâmetros da CDHU e também segundo a norma brasileira.

Tabela 1 – Vazões de cálculo para o ramal de alimentação de unidades HIS

Vazões de Cálculo para Ramal de Alimentação (L/s)			
Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Peso Relativo	
		NBR 5626	CDHU
Chuveiro elétrico	Registro de Pressão	0,1	0,1
Pia	Torneira ou Misturador (água fria)	0,7	0,7
Tanque	Torneira	0,7	0,7
Lavatório	Torneira ou Misturador	0,3	-
Bacia sanitária	Caixa de Descarga	0,3	-
Soma		2,1	1,5
$Q = 0,3 \sqrt{\sum P}$ (L/s)		0,435	0,367

DIMENSIONAMENTO OS HIDRÔMETROS PARA A MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

A escolha de um hidrômetro não deve considerar apenas o diâmetro do ramal predial onde vai ser instalado. Para uma adequada escolha, Rech (1999) propõe a utilização das vazões de trabalho proporcionadas pelo perfil de consumo da unidade, associadas às vazões mínimas e máximas suportadas pelo hidrômetro, para evitar desgaste excessivo ou ocorrência de erro fora das tolerâncias da norma. Por essa razão, sugere que a faixa ideal de trabalho fique situada entre 20% acima da vazão de transição e 50% da vazão nominal do hidrômetro.

Na escolha do hidrômetro deve-se observar ainda a perda de carga, ou seja, a perda de pressão que ocorre em razão da presença do medidor na instalação. Cada hidrômetro apresenta uma curva característica dessas perdas, que estão relacionadas à vazão máxima e às vazões de escoamento. A Portaria nº 246 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO (2000) limita essa perda em 10 m.c.a. A Figura 1, a seguir, apresenta as vazões e faixas de trabalho e suas relações com os erros máximos admissíveis e as perdas de cargas características.

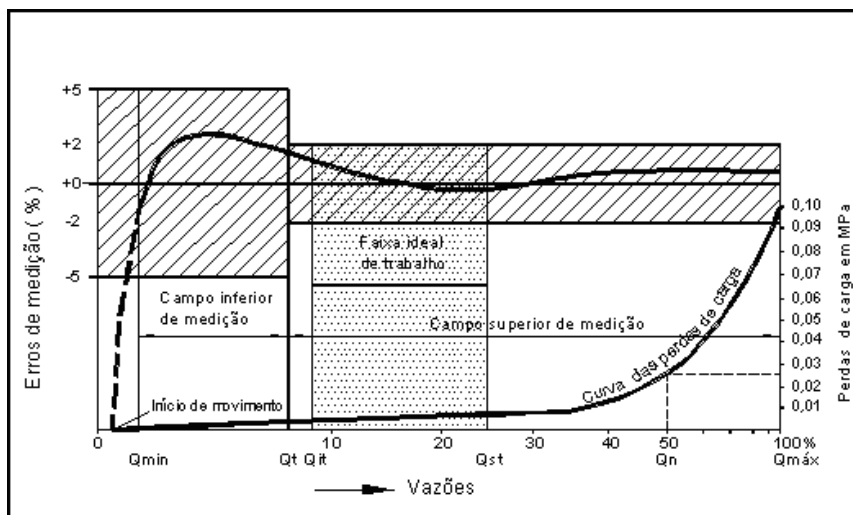


Figura 1- Faixa ideal de trabalho do hidrômetro e as relações com a curva de erros de medição e curva de perda de carga Fonte: Elaborado a partir de RECH (1999)

LEVANTAMENTO DOS CONSUMOS E VAZÕES TÍPICAS DE APARTAMENTOS HIS

Para efeito da determinação dos consumos e vazões típicas de apartamentos HIS foram monitoradas 35 unidades de um conjunto habitacional, localizado no Bairro Cidade Tiradentes, zona leste da capital paulista. O monitoramento do perfil de consumo dos apartamentos foi obtido com a utilização de hidrômetros digitais para vazão nominal de 1,50 m³/h, Classe C, dotados de sensores eletrônicos e microprocessadores com funções de totalização de consumo e vazão instantânea.

A aquisição e armazenamento dos dados gerados pelos hidrômetros foram feitos por meio de uma interface com padrão de comunicação *M-Bus (Meter-Bus)* – RS-232, que disponibiliza as informações a um programa de controle por meio de uma rede ramificada de cabos a uma central de gerenciamento composta por um Computador Pentium III de 550 Mhz, com 256 Mb de memória RAM, disco rígido de 40 Gb e sistema operacional *Windows XP Professional*, dotado de porta serial RS-232 e porta USB.

O registro das informações em tempo real foi obtido por meio do aplicativo *Sistema Hidrobus*, constituído de dois programas principais: o *Hidrobus* que realiza a comunicação com os hidrômetros, e o *Hidro Manager*, que faz a configuração, o gerenciamento e apresentação das leituras obtidas pelo programa.

Para cada apartamento foram obtidos as leituras de vazão instantânea e os volumes acumulados durante 24 horas por dia, por 14 dias. Assim, o sistema permaneceu registrando os dados até que fossem completadas duas semanas, ou seja, duas segundas-feiras, duas terças-feiras etc. Convenientemente configurado, o sistema permitiu o registro de três leituras por minuto, isto é um registro a cada vinte segundos em média, para cada unidade monitorada.

Para se determinar a vazão de regime dos demais apartamentos foi necessário segregar as vazões por classe de ocorrência, e segundo Gatti (1978), quando se tabulam em classes perdem-se algumas informações sobre cada um dos elementos da amostra, porém, admite-se que são iguais ao ponto médio real de cada classe, hipótese razoável que introduz um erro no cálculo da média, no entanto, do ponto de vista prático pode ser desprezado. Nesse caso, a média aritmética (\bar{x}) de uma distribuição de frequência é dada pela seguinte fórmula (equação 2):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i}{n} \quad \text{eq.2}$$

onde:

x_i = ponto médio real da i -ésima classe;

n_i = frequência absoluta da i -ésima classe;

k = número de classes da distribuição de frequência.



A partir dos dados coletados e o devido tratamento foi possível levantar os parâmetros estatísticos das vazões reais das unidades monitoradas no conjunto habitacional, que estão apresentados na tabela 2, a seguir. Nesse cálculo, a ponderação para obtenção da média é dada pelo somatório dos volumes escoados em cada classe modal expressos em metros cúbicos.

Tabela 2 – Distribuição de frequência e parâmetros estatísticos das vazões monitoradas no C. H. Tiradentes.

Classes de vazão (L/s)	Frequência absoluta (ni)	Ponto médio real da classe (xi)	Produto (xi ni)	Produto (xi² ni)
0,10 – 0,15	26.411	0,1245	3.288,2	409,4
0,15 – 0,20	19.570	0,1745	3.415,0	595,9
0,20 – 0,25	11.050	0,2245	2.480,7	556,9
0,25 – 0,30	5.060	0,2745	1.389,0	381,3
0,30 – 0,35	2.120	0,3245	687,9	223,2
0,35 – 0,40	960	0,3745	359,5	134,6
0,40 – 0,45	530	0,4245	225,0	95,5
0,45 – 0,50	210	0,4745	99,6	47,3
0,50 – 0,55	70	0,5245	36,7	19,3
0,55 – 0,60	44	0,5745	25,3	14,5
–	185.465	-	17.358,7	2.789,7
Média (x)			0,093	
Variância (S²)			0,006	
Desvio Padrão (S)			0,077	
Limite superior do intervalo (99,5%)			0,292 L/s	

Do ponto de vista prático o cálculo da variância (equação 3) e o desvio padrão (equação 4) pode ser determinado por meio das seguintes fórmulas:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot ni - \left(\frac{\sum_{i=1}^k xi \cdot ni}{n} \right)^2}{n - 1} \quad \text{eq.3}$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad \text{eq.4}$$

Utilizando-se uma tabela de áreas da curva normal reduzida e estabelecendo-se que a probabilidade do limite superior da vazão ser ultrapassado é 0,5% (intervalo de confiança de 99,5%) ,obtem-se $z = 2,58$.

Assim, o limite superior é dado por:

$$x + z \cdot S = 0,093 + 2,58 * 0,077 = 0,292 \text{ L/s}$$

Observa-se pela distribuição de frequências uma acentuada assimetria com grandes volumes escoados nas menores vazões, portanto com baixo valor médio e alto desvio padrão, com o limite superior do intervalo de confiança assumindo o valor de 0,292 L/s, que significa a máxima vazão de ocorrência no ramal de entrada para efeito de cálculo da perda de carga do hidrômetro da medição individualizada.

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DOS HIDRÔMETROS

Além da verificação dos parâmetros de vazão e velocidade, o dimensionamento dos ramais de alimentação deve considerar as pressões mínimas necessárias ao perfeito funcionamento das peças de utilização. Essas pressões em cada ponto são resultantes da carga piezométrica disponível, diminuída das perdas de carga ao



longo do ramal. As perdas de carga numa instalação hidráulica dependem do comprimento do tubo, do seu diâmetro interno e rugosidade da superfície interna, das conexões utilizadas, que podem ser expressas em termos de comprimentos equivalentes desses tubos, e também das singularidades inseridas nessa tubulação, tais como: válvulas de retenção, registros e hidrômetros, cujas perdas de cargas podem ser estimadas de acordo com as disposições do Anexo A da norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998).

A perda de carga nos hidrômetros requer atenção especial em razão da magnitude que pode representar, uma vez que apresenta variação exponencial com o aumento da vazão escoada.

A norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998) estabelece que a perda de carga em hidrômetro pode ser calculada pela fórmula (equação 5):

$$\Delta h = (36 * Q)^2 * (Q_{m\acute{a}x})^{-2} \quad \text{eq.5}$$

onde:

Δh é a perda de carga no hidrômetro, em quilopascal Q é a vazão estimada na seção considerada em litros por segundo

$Q_{m\acute{a}x}$ é a vazão máxima especificada para o hidrômetro.

A tabela 3, a seguir, apresenta a perda de carga calculada para as vazões de projeto nos três casos citados: calculada pelas indicações da norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998); pelo método adotado pela CDHU e pela vazão dos hidrômetros monitorados no C. H. Tiradentes.

Tabela 3 – Perda de carga em hidrômetros de $Q_{m\acute{a}x}$ 1,50 e 3,00 m³/h, segundo as vazões de cálculo.

Fonte	Vazões de Cálculo (L/s)	Perda de Carga em Hidrômetros (mca)	
		$Q_{m\acute{a}x}$ de 1,50 m ³ /h	$Q_{m\acute{a}x}$ de 3,00 m ³ /h
NBR 5626-1998	0,435	10,90 (*)	2,72
CDHU	0,367	7,76	1,94
Monitoramento	0,292	4,91	1,23

(*) A Portaria nº 246 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO (2000), limita a perda de carga no hidrômetro em 10 mca.

A escolha da vazão de dimensionamento mostra-se igualmente importante, como pode ser observado na tabela, pois a escolha de valor igual ao obtido pelo monitoramento – 0,292 L/s – resulta em perdas de carga 2,2 vezes menores que as calculadas segundo norma NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998). Verifica-se que as perdas de carga para o hidrômetro de $Q_{m\acute{a}x}$ 3,00 m³/h são quatro vezes menores que as calculadas para o hidrômetro de $Q_{m\acute{a}x}$ 1,50 m³/h.

Assim, a combinação dos dois fatores pode determinar perdas de carga aproximadamente 9 vezes menores, fato que, se negligenciado, pode resultar na inviabilidade econômica de uma instalação ao exigir aumentos excessivos nas estruturas dos reservatórios tipo torre ou da edificação, quando a reserva se situar sobre a mesma.

DETERMINAÇÃO DA ALTURA MÍNIMA DO RESERVATÓRIO

A carga piezométrica necessária para o abastecimento de uma edificação é definida pela altura mínima de seu reservatório capaz de abastecer o ponto de utilização mais desfavorável, acrescida das perdas de carga em todo o trecho compreendido entre o reservatório e esse ponto. Em uma habitação residencial, em geral, esse ponto é representado pelo chuveiro do último pavimento. Desse modo, devem ser consideradas todas as variáveis que interferem nessa altura que podem ser dada pela seguinte expressão (equação 6):



$$H_{\min} = \sum_1^{n-1} P_d + h_{\text{chuv}} + p_{\text{chuv}} + \Delta h_{\text{hidr}} + \Delta h_{\text{inst1}} + \Delta h_{\text{inst2}} \quad \text{eq.6}$$

onde:

H_{\min} = altura mínima do reservatório

P_d = pé direito (piso a piso) dos pavimentos

p_{chuv} = pressão mínima exigida pelo chuveiro

Δh_{inst1} = perda de carga no trecho a montante do hidrômetro

n = número de pavimentos

h_{chuv} = altura do chuveiro mais desfavorável relacionada ao piso do pavimento

Δh_{hidr} = perda da carga do hidrômetro calculada para a vazão de dimensionamento do ramal de abastecimento da unidade

Δh_{inst2} = perda de carga no trecho a jusante do hidrômetro até o ponto mais desfavorável

O exemplo a seguir considera uma tipologia utilizada pela CDHU com 5 pavimentos, pé direito de 2,60 m. As perdas de carga calculadas para os trechos a montante e a jusante do hidrômetro são respectivamente 0,31 m e 0,41 m, portanto a expressão pode ser escrita como segue:

$$H_{\min} = 10,40 + 2,06 + 1,00 + \Delta_{\text{phidr}} + 0,31 + 0,41 \Rightarrow H_{\min} = 14,18 + \Delta_{\text{phidr}} \quad (1)$$

Aplicando-se os valores obtidos na tabela 3 à expressão (1), podem ser obtidas as alturas mínimas dos reservatórios que estão representados na figura 2, a seguir.

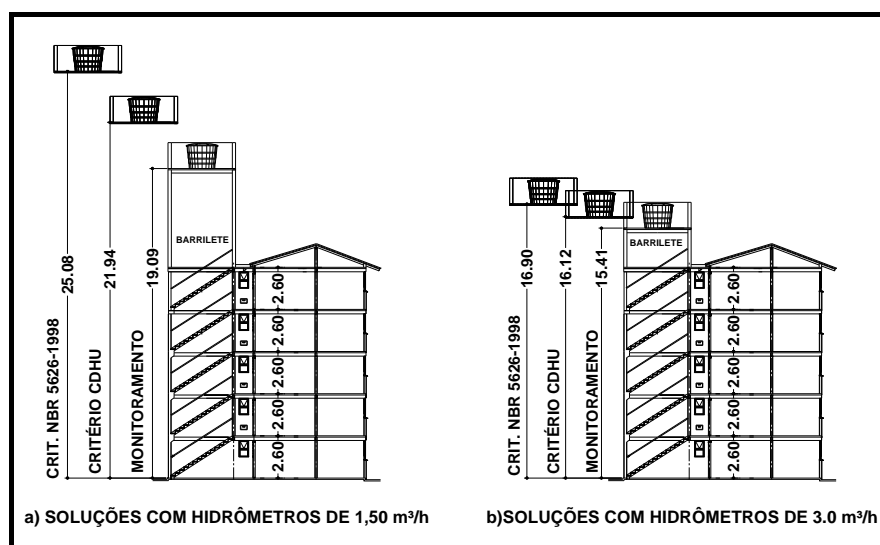


Figura 2 – Comparação entre os critérios de dimensionamento das instalações prediais.

Na figura 2, apresentada, podem-se observar as alturas piezométricas obtidas para cada método, combinadas com a utilização de hidrômetro de Q_{\max} 1,50 e 3,00 m^3/h , cujas posições relativas evidenciam a importância da escolha adequada do hidrômetro. Assim, a solução apresentada na figura 2 (b) pode resultar projetos onde pequenos incrementos na altura do barrilete, aliados a dimensionamentos adequados, tornem possível a locação dos hidrômetros no térreo, viabilizando a solução para pequenos conjuntos habitacionais, nos quais a construção de torre é economicamente inviável.



CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o processo para a determinação da altura mínima dos reservatórios obtido a partir do perfil de consumo monitorado foi determinante no que se refere à vazão de demanda a ser utilizada no dimensionamento das instalações prediais das habitações de interesse social.

Aponta-se que há uma diferença relativa de aproximadamente 10,0 metros entre as alternativas de capacidade nominal dos hidrômetros a serem utilizados na medição individualizada de consumo determinada pela perda de carga nos hidrômetros que é fator relevante na determinação dessa altura.

Demonstra-se que há a possibilidade de utilizar os hidrômetros no pavimento térreo mesmo nos conjuntos habitacionais de pequeno porte, nos quais o abastecimento deve ser feito por reservatório elevado situado sobre a edificação, aproveitando o custo mais baixo e as vantagens que o sistema pode oferecer.

Mostra-se, ainda, a importância da escolha do hidrômetro mais adequado a essa aplicação para obtenção de indicações mais exatas dos volumes, evitando submetê-los a regimes de escoamento que favoreçam o desgaste e necessidade de manutenções mais freqüentes.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo a oportunidade de difundir os resultados alcançados na pesquisa de forma a contribuir para o avanço do conhecimento no meio técnico nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41p.
2. DOMINIQUELI, W.H. Medição individualizada de água em habitações de interesse social - HIS. São Paulo, 2007. 152f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Pesquisas Tecnológicas, SP. 2007.
3. GATTI, B. A.; FERES, N. L. Estatística básica para ciências humanas. 3. ed. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1978.
4. RECH, A. L. Água, Micromedição e perdas. 2ª ed. ampl. e rev. São Paulo: Editora Scortecci, 1999. 196p.