



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AValiação DAS VAZÕES EM PONTOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE UM APARTAMENTO EM EDIFÍCIO COM SISTEMA DE MEdição INDIVIDUALIZADA

Stella Stagetti Colussi (1) Lúcia Helena de Oliveira (2); Orestes M. Gonçalves (3).

- (1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: stella.colussi@poli.usp.br
- (2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: lucia.oliveira@poli.usp.br
- (3) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: orestes.goncalves@poli.usp.br

RESUMO

Para que os sistemas de medição individualizada de água em edifícios multifamiliares sejam mais eficientes são necessários hidrômetros mais precisos sendo, portanto, indispensável o conhecimento das vazões de projeto que ocorrem em ramais de alimentação que, por sua vez dependem, da probabilidade de utilização simultânea dos aparelhos sanitários na unidade habitacional. A abordagem mais adequada para a estimativa das vazões de projeto nos sistemas prediais de água é a do método probabilístico. Para tal, são necessárias informações que influenciam as vazões no sistema tais como: as atividades dos usuários, as características do usuário e, ainda, as características, vazões e intensidade de utilização dos aparelhos sanitários, conforme considerado pelo método probabilístico. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as vazões de água no ramal de alimentação e nos pontos de utilização de um apartamento com sistema de medição individualizada. O método utilizado foi o monitoramento do uso dos aparelhos sanitários em tempo real, por meio de um sistema de aquisição de dados em um apartamento habitado por três estudantes. Os resultados obtidos indicam que os valores de vazões mais frequentes no ramal de alimentação foram de 0,07 L/s e de 0,26 L/s. Assim, foi possível concluir que o hidrômetro instalado no apartamento está superdimensionado e que pode ser substituído por outro de menor capacidade. Considerando-se que os volumes medidos pelo hidrômetro serão mais precisos e que pequenos vazamentos poderão ser rapidamente detectados pode-se afirmar que os resultados deste trabalho contribuem também para a sustentabilidade dos edifícios, tendo-se em vista o emprego de hidrômetros de menor capacidade e de tubulações com menores diâmetros.

Palavras-chave: água; medição individualizada; vazão de projeto; edifícios multifamiliares; sistemas prediais hidráulicos.

1 INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado dos recursos naturais tem sido uma das grandes preocupações em todos os países. Este fato tem motivado o desenvolvimento de pesquisas sobre o uso da água em edifícios, abordando o uso racional e a gestão deste recurso.

O sistema de medição individualizada de água atinge diretamente o comportamento do usuário uma vez que o incentiva a utilizar a água de forma mais racional, em função da divisão justa da conta de água do condomínio.

A preocupação dos usuários de edifícios multifamiliares com a redução do consumo de água vem crescendo, pois a conta de água e de esgoto está tornando-se representativa no orçamento familiar. Para mostrar a relevância desta despesa, foram levantados os gastos de condomínio de um edifício, localizado na cidade de São Paulo, nos meses de março de 2008 até março de 2009. O edifício possui dois dormitórios e dois banheiros e suas despesas com as taxas de água e esgoto representaram 19,3% do total. Os percentuais de despesa de condomínio do edifício estão ilustrados na Figura 1.

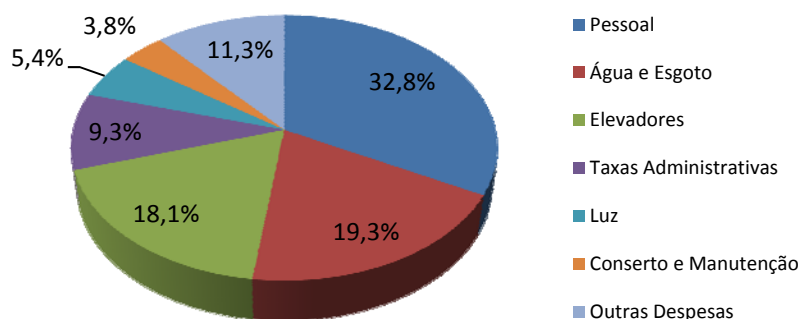


Figura 1 – Composição das despesas do condomínio pelo valor médio de maio/2008 a março/2009

A redução do consumo obtida após o gerenciamento possibilitado pelo sistema de medição individualizada de água variou de 10 a 21%, de acordo com pesquisa desenvolvida por Peres (2006), em 210 apartamentos de cinco edifícios. A gestão do uso da água propicia detectar rapidamente os vazamentos, bem como adequar procedimentos. Além disso, com a redução do consumo de água, o consumo de energia elétrica é reduzido, uma vez que menores volumes de água são bombeados, observando-se também uma redução do volume de efluentes de esgoto, trazendo benefícios ecológicos e econômicos.

Para que um sistema de medição individualizada seja implementado, é necessário dimensionar os hidrômetros que serão instalados nas unidades autônomas. Esse dimensionamento depende da estimativa das vazões de projeto que irão ocorrer no ramal de alimentação, trecho onde é instalado o hidrômetro e que se localiza à montante dos pontos de utilização do apartamento.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo levantar dados de tempo de utilização e valores de vazões de aparelhos sanitários que possam ser utilizados principalmente para determinar as vazões de projeto do ramal de alimentação. Desta forma, os resultados desta pesquisa contribuirão para o dimensionamento mais preciso dos hidrômetros de sistemas de medição individualizada de água.

1.1 Sistema de medição individualizada de água

A água, de todos os insumos prediais presentes em um edifício residencial, é o único que ainda vem apresentando como alternativa de método de medição, o sistema de medição coletiva.

A maioria dos edifícios multifamiliares ainda apresenta esse sistema de medição, o que propicia o desperdício de água e a cobrança injusta desse insumo em função do rateio em partes iguais do consumo mensal de água entre os condôminos.

Segundo Pereira (2007) os hidrômetros superdimensionados podem resultar na submedição do

consumo, o que ocorre quando as vazões no ramal de alimentação são, em sua maioria, inferiores à vazão mínima dos hidrômetros e, portanto não são medidas.

No caso de um sistema de medição individualizada de água, o dimensionamento do hidrômetro depende da estimativa das vazões de projeto que irão ocorrer no ramal de alimentação das unidades autônomas, onde os pontos de utilização são abastecidos de forma direta. Para a estimativa de vazões de projeto o modelo probabilístico é o recomendado por Gonçalves et al. (2008); Ilha et al. (2008); e Oliveira et al. (2007). Em geral, estes autores tem estimado, a partir de suas experiências, os valores das variáveis de entrada do modelo como, por exemplo, valores de duração de descarga, vazão e número de usos dos aparelhos sanitários. Assim, os dados de campo levantados nesta pesquisa podem subsidiar a determinação das vazões de projeto o mais próximo das condições de operação dos sistemas.

2 OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são avaliar os valores de vazão no ramal de alimentação de um apartamento e também os valores de vazão mais frequentes e de tempo de utilização nos aparelhos sanitários.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa foi uma avaliação das vazões e da duração de uso de aparelhos sanitários de um apartamento habitado por três estudantes durante 20 dias. O apartamento, localizado no 5º andar de um edifício de 10 andares, dispõe de uma sala, três dormitórios, dois banheiros, sendo um deles desativado, uma cozinha, uma área de serviço e uma dependência de empregada.

Foram monitorados todos os pontos de utilização: o chuveiro elétrico, a bacia sanitária convencional com caixa acoplada, o lavatório, a pia, o tanque e a máquina de lavar roupa com capacidade de 6,0 Kg, e também o ramal de alimentação do apartamento. A seguir é apresentada uma descrição das etapas da pesquisa.

3.1 Sistema de aquisição de dados

Para medir os valores de vazão e de tempo de uso nos aparelhos sanitários e no ramal de alimentação geral utilizou-se um sistema de monitoramento do consumo de água em tempo real, constituído de um hidrômetro volumétrico classe C (Figura 2), com vazão nominal de 1,5 m³/h, acoplado a um sistema de aquisição de dados MGCplus da HBM (Figura 3).

Todos os hidrômetros utilizados são do modelo Aquadis, da marca Actaris e foram aferidos conforme Portaria nº 13/87, do Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO.

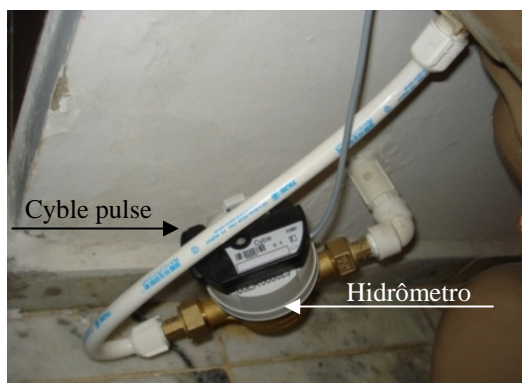


Figura 2 – Hidrômetro volumétrico acoplado ao Cyble pulse



Figura 3 – Sistema de aquisição de dados MGCplus da HBM

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no apartamento, através do programa catman Easy version 2.24 do sistema MGCplus da HBM. Nas visitas ao local, as informações armazenadas eram descarregadas para um notebook. Além da coleta de dados pelo sistema de aquisição, foram realizadas entrevistas com os usuários para analisar se seus hábitos coincidiam com os dados coletados.

3.3 Tratamento de dados

Nesta pesquisa, a vazão média e o tempo médio de uso dos pontos de utilização foram calculados por meio do método da estimativa por três pontos, apresentado em Gonçalves (1986). A duração de descarga de um aparelho (t) consiste no período compreendido entre o início da descarga e o fim do seu uso ou do fechamento do aparelho sanitário. Essas durações foram coletadas no apartamento quando da utilização dos aparelhos sanitários pelos usuários. As equações para o cálculo da duração média de uso (μ_t) foram calculadas a partir de um valor mínimo (t_{min}), outro mais provável (t_{prov}) e outro máximo (t_{max}), empregando a equação 1 e a vazão unitária de cada aparelho (q) e suas vazões médias (μ_q) foram calculadas de maneira análoga, utilizando a equação 2.

$$\mu_t = \frac{t_{min} + 3*t_{prov} + t_{max}}{5} \quad (1)$$

$$\mu_q = \frac{q_{min} + 3*q_{prov} + q_{max}}{5} \quad (2)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os vinte dias de coleta de dados foram caracterizados por dias quentes e com temperaturas variando de 20 a 34 °C. Os resultados de duração de usos e de vazões nos aparelhos sanitários monitorados, ou sejam, chuveiro elétrico, bacia sanitária com caixa de descarga, lavatório, pia, tanque, lavadora de roupas como também no ramal de alimentação, estão detalhados e discutidos a seguir.

Para a análise da duração do uso do chuveiro, definiu-se inicialmente um evento de banho em função do tempo mínimo de banho considerado, que foi de três minutos. Em seguida, foram analisados os valores da vazão, do tempo e do horário de cada um destes eventos.

Chuveiro

A partir da vazão, do tempo e do horário de todos os eventos de banhos monitorados, calculou-se, por meio das equações 1 e 2, o tempo médio e a vazão média. As Figuras 4 e 5 mostram as distribuições de frequência de vazões e de tempos de banhos.

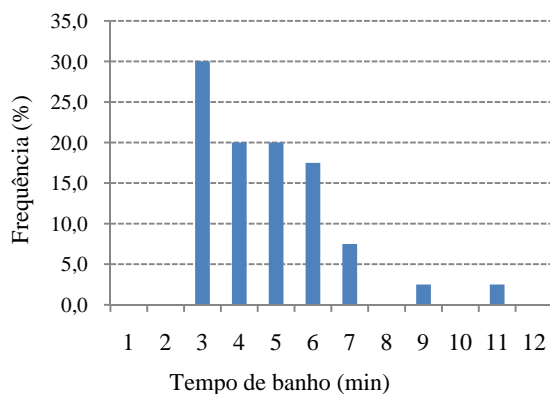


Figura 4 - Distribuição de frequência de tempos de banho para os usuários do apartamento

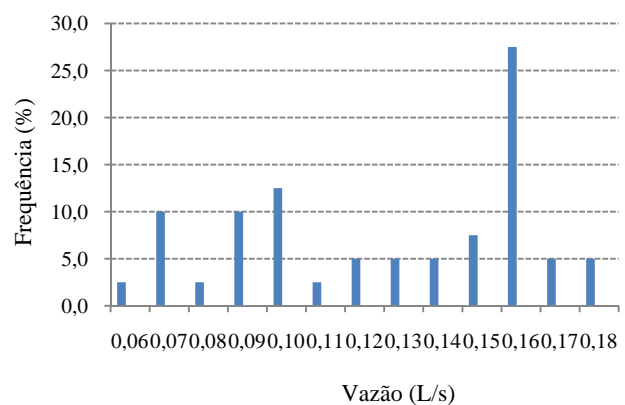


Figura 5 – Distribuição de frequência de vazões de banho para os usuários do apartamento

Observando-se os resultados na Figura 5, verifica-se que o valor da vazão para o chuveiro elétrico é maior que o valor recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998), que é de 0,10 L/s. Isto se deve ao fato de que grande parte dos banhos foi realizada com a abertura máxima do chuveiro, tendo-se em vista a redução da temperatura da água, pois os dias em que os dados foram coletados apresentaram temperaturas elevadas e, além disso, o apartamento localiza-se em um andar com valores de pressão estática em cerca de 190 KPa.

Bacia sanitária

No caso da bacia sanitária, com caixa de descarga, tanto a vazão quanto o tempo de enchimento da caixa de descarga são constantes, uma vez que as duas variáveis independem da interação com o usuário, o que pode ser observado na curva de descarga apresentada na Figura 6.

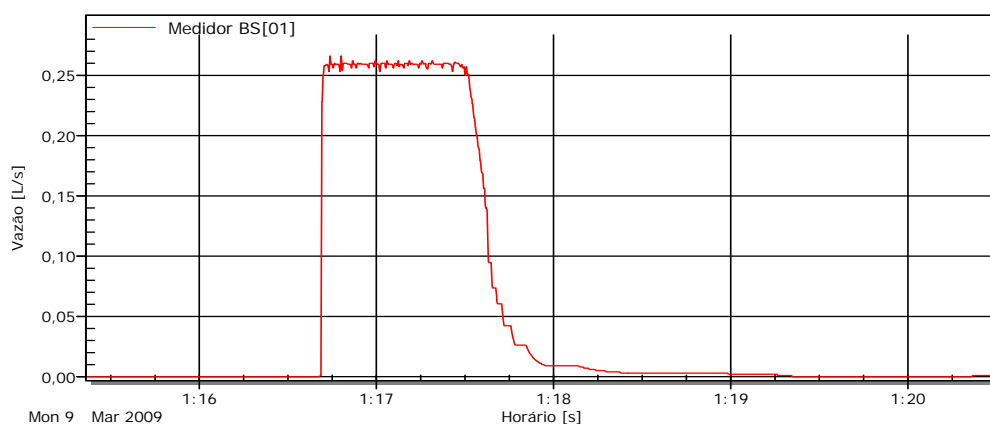


Figura 6 - Curva de descarga da bacia sanitária

Após analisar todos os gráficos de vazões de enchimento da caixa de descarga da bacia sanitária, obteve-se o valor de vazão média de 0,26 L/s o um valor de tempo médio de descarga de 1 minuto. Assim, o volume de água utilizado em uma descarga é de 15,6 L, o que representa um consumo excessivo de água na bacia sanitária, uma vez que esse aparelho tem um volume nominal de descarga previsto de 12 litros. Observa-se ainda, que o valor de vazão obtido foi bastante superior ao valor recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998), que é de 0,15 L/s.

Lavatório

Com relação ao lavatório, após a definição de evento, foram separados individualmente todos os períodos de uso do lavatório relativos a apenas um evento e, em seguida, foram analisados os valores de vazão, de duração e o horário de cada um desses usos. As Figuras 7 e 8 mostram as distribuições de frequência de vazões e de tempos de usos do lavatório.

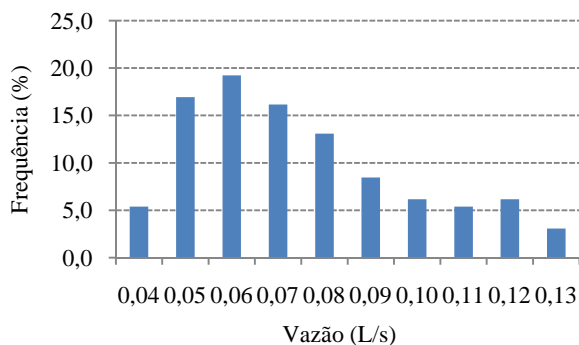


Figura 7 – Distribuição de frequência de vazões de usos do lavatório para os usuários do apartamento

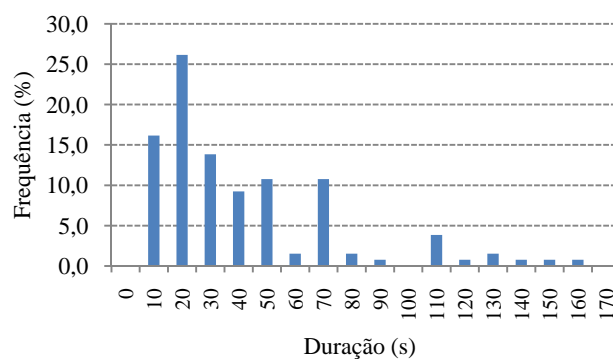


Figura 8 – Distribuição de frequência de duração dos usos do lavatório para os usuários do apartamento

Pia

A pia da cozinha, com torneira convencional e sem arejador, apresentou baixos valores de vazão, tendo como referência a NBR 5626 (ABNT, 1998), cujo valor recomendado é de 0,25 L/s. As Figuras 9 e 10 ilustram as distribuições de frequência de vazões e de duração de usos da pia.

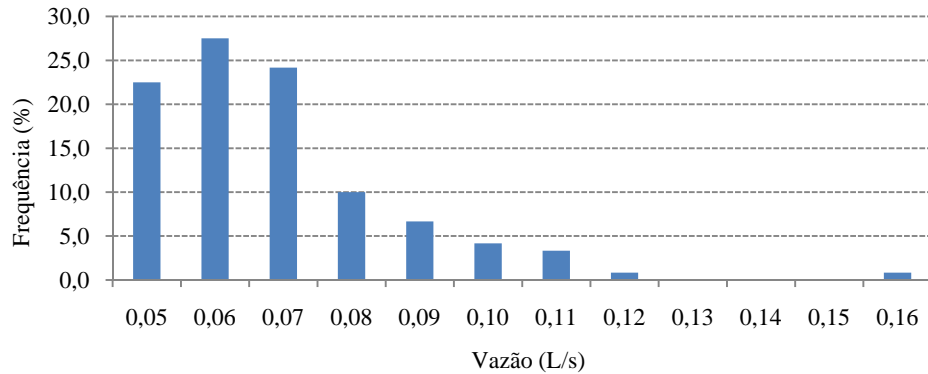


Figura 9 – Distribuição de frequência de vazões de usos da pia

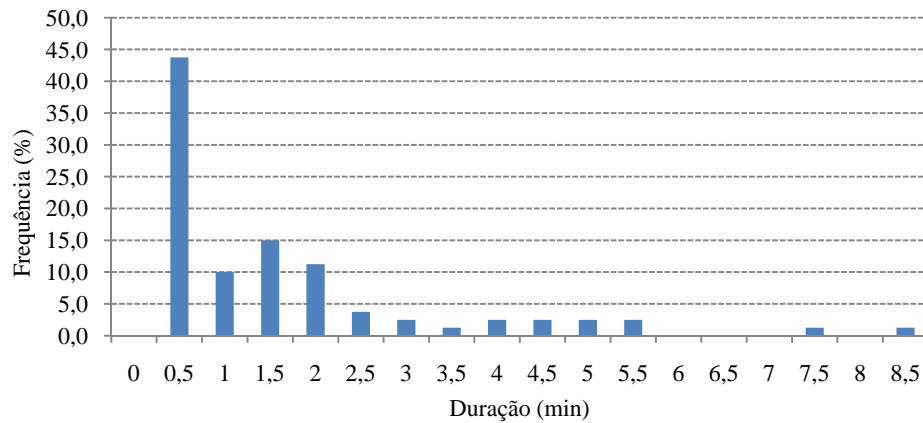


Figura 10 – Distribuição de frequência de duração dos usos da pia

No que diz respeito ao uso do tanque, as Figuras 11 e 12 mostram as distribuições de frequência de vazões e de duração de usos.

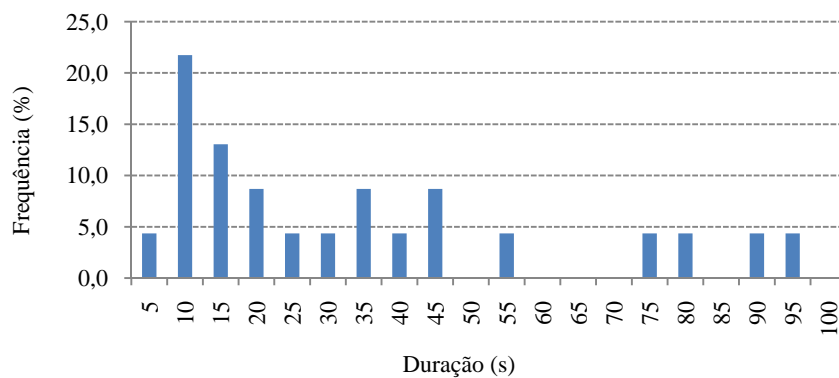


Figura 11 – Distribuição de frequência de tempos de usos do tanque

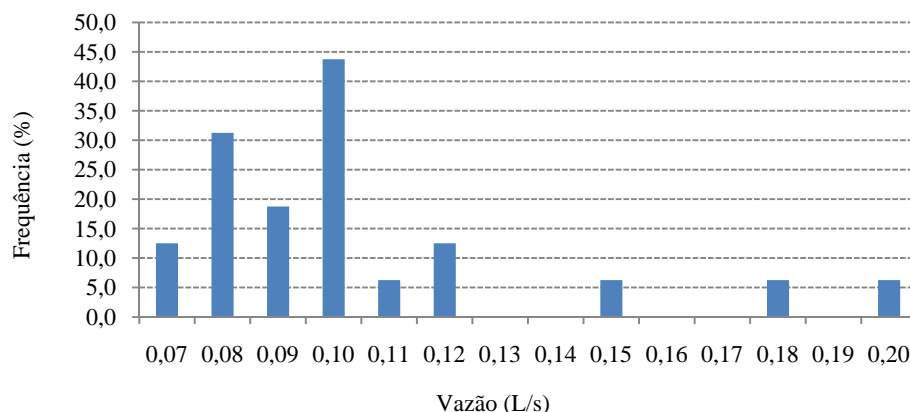


Figura 12 – Distribuição de frequência de vazões de usos do tanque

Observando-se os resultados apresentados na Figura 12, verifica-se que o valor da vazão para o tanque é menor que o valor recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998), que é de 0,25 L/s.

Lavadora de roupas

A lavadora de roupas, por ser um equipamento que independe da interação com o usuário, apresentou vazão constante de 0,10 L/s. A Figura 13 mostra a distribuição de frequência de duração dos usos da máquina de lavar roupa modelo Turbo Econômico com capacidade de 6,0 Kg e volume de 60 litros.

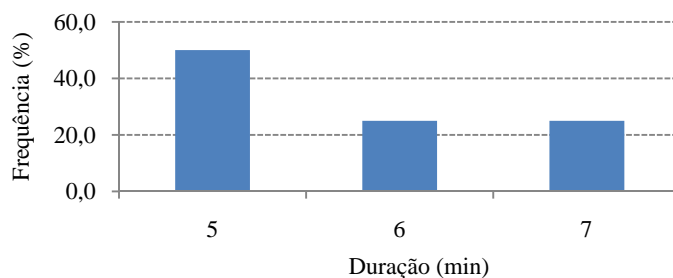


Figura 13 – Distribuição de frequência de tempos de usos da máquina de lavar roupa

Observando-se os resultados apresentados na Figura 13, verifica-se que o valor da vazão para a lavadora de roupas é bem menor que o valor recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998), que é de 0,30 L/s. Este baixo valor de vazão tem influência no tempo de enchimento da lavadora, o que implica em maior duração da lavagem de roupas. Considerando-se que a duração média de uso foi de 354 segundos pode-se afirmar que o volume médio de cada ciclo de lavagem foi de 35,4 litros, coerente com a capacidade da lavadora de roupas.

A seguir são apresentados na apresentada na Tabela 1 os valores de vazão provável (q_{prov}), vazão mínima ($q_{mín}$), vazão máxima ($q_{máx}$), tempo provável (t_{prov}), tempo mínimo ($t_{mín}$) e tempo máximo ($t_{máx}$) obtidos quando do uso de todos os aparelhos sanitários monitorados na pesquisa.

Tabela 1 – Valores prováveis, mínimos e máximos da vazão e tempo de uso dos aparelhos sanitários e do ramal de alimentação monitorados.

Aparelho sanitário	q_{prov} (L/s)	$q_{\text{mín}}$ (L/s)	$q_{\text{máx}}$ (L/s)	t_{prov} (min)	$t_{\text{mín}}$ (min)	$t_{\text{máx}}$ (min)
Chuveiro	0,16	0,06	0,18	3	3	11
Bacia sanitária	0,26	0,26	0,26	60	60	60
Lavatório	0,06	0,04	0,13	20	10	160
Pia	0,06	0,05	0,16	0,5	0,5	8,5
Tanque	0,10	0,07	0,20	5	10	95
Lavadora de roupa	0,10	0,10	0,10	6,1	5,1	7,6

Ramal de alimentação

A análise do ramal de alimentação foi uma das mais importantes já que devido a ela foi possível determinar o horário de pico e a vazão máxima do sistema de água fria do apartamento com o uso de um ou mais aparelhos sanitários. A Figura 14 mostra a distribuição de frequência de vazões no ramal de alimentação.

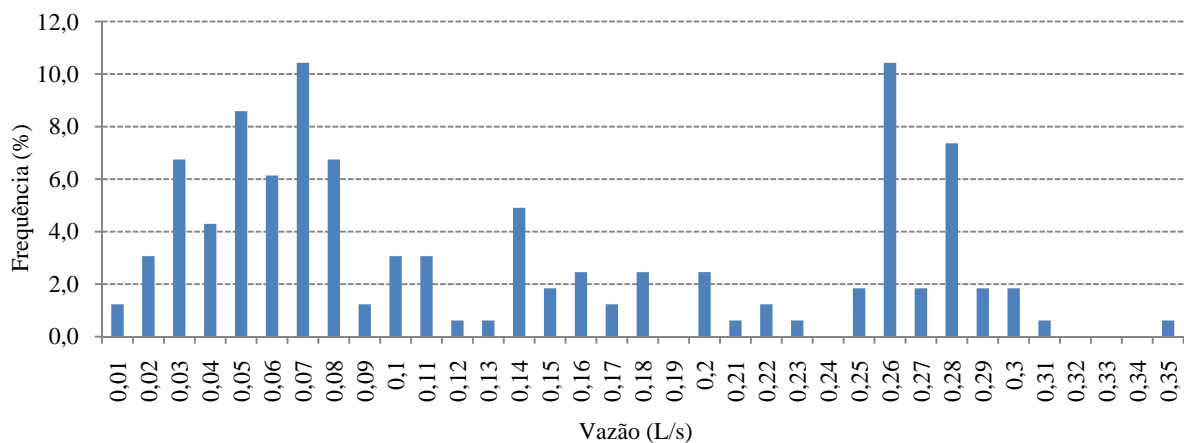


Figura 14 – Distribuição de frequência de vazões de usos no ramal de alimentação

Nota-se na Figura 14 uma grande dispersão dos valores de vazão e que houve duas vazões bastante distintas com a frequência máxima. Foram obtidos os valores de 0,07 L/s e de 0,26 L/s com vazão provável (q_{prov}), e de 0,01 L/s para vazão mínima ($q_{\text{mín}}$) e o valor de 0,35 L/s para o valor de vazão máxima ($q_{\text{máx}}$). Estes dados permitem avaliar se o medidor está dimensionado de tal forma que as medições ocorram na faixa ótima de medição. Na Figura 15 é possível observar os horários de pico do ramal de alimentação.

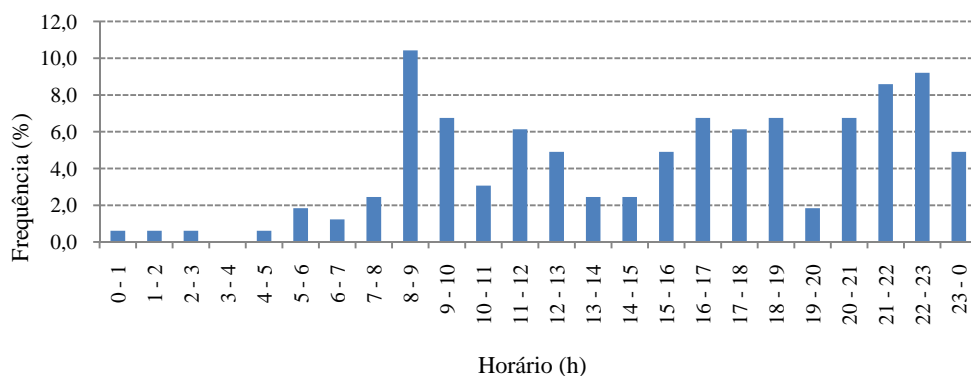


Figura 15 – Distribuição de frequência de horários dos usos do ramal de alimentação

Foi observado que o horário de pico no ramal de alimentação ocorreu entre 8 e 9 h, igual ao horário de pico do lavatório e da bacia sanitária. Além disso, os dois valores prováveis de vazão foram 0,07 L/s e de 0,26 L/s, que são os valores médios de vazão do lavatório e da bacia sanitária.

A análise desses resultados permitiu concluir que o hidrômetro existente no apartamento, que tem vazão nominal igual a 1,5 m³/h, está superdimensionado. Isto pode ser afirmado porque a vazão máxima observada nas medições foi de 0,35 L/s e que os dois valores de vazão mais frequentes foram de 0,07 L/s e de 0,26 L/s. Desta forma, o hidrômetro mais adequado seria o de vazão nominal de 1,0 m³/h, conforme pode ser verificado por meio da Tabela 13.

Tabela 13 – Vazões características de hidrômetros de classe metrológica B segundo a vazão nominal

Vazão nominal (m ³ /h)	0,75	1,00	1,50
Vazão nominal (L/s)	0,21	0,28	0,42
Vazão máxima (L/s)	0,42	0,56	0,83
Vazão mínima (L/s)	0,004	0,006	0,008

Fonte: INMETRO (2000).

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que os valores de vazões mais frequentes no ramal de alimentação foram de 0,07 L/s e de 0,26 L/s. Isto indica que o hidrômetro instalado no apartamento, com vazão nominal de 1,5 m³/h, está superdimensionado, pois de acordo com os valores de vazões obtidas neste estudo, o hidrômetro mais adequado para este apartamento seria o de vazão nominal de 1,0 m³/h.

Os resultados da pesquisa podem contribuir como dados de entrada para a determinação de vazões de projeto com o emprego do método probabilístico.

O sistema de medição individualizada corretamente dimensionado possibilita melhor gerenciamento do uso da água no edifício, podendo contribuir para a redução do consumo, não só de água, mas também de energia e de materiais e componentes do sistema, propiciando maior sustentabilidade dos edifícios.

6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Instalação predial de água fria – Especificação. Rio de Janeiro, 1998.
- GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. São Paulo, 1986. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA, L.H.; ILHA, M.S.O. Modelos de determinação de vazões de projeto adaptados às condições de uso. **Hydro** (São Paulo), v.22, p.62-69, agosto, 2008.
- ILHA, M.S.O.; OLIVEIRA, L.H.; GONÇALVES, O.M. Design flow rate simulation of cold water supply in residential buildings by means of open probabilistic model. In: 34th INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 2007, Hong Kong, 2008, p.36-49.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **INMETRO**. Portaria nº 246 (17.10.2000).
- OLIVEIRA, L.H.; ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M. Design flow rate simulation using probabilistic and empiric methods for water submetering system in Brazilian multifamily buildings. In: 33rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 2007, Brno, 2007, p.99-109.
- PEREIRA, L.G. **Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas**. Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PERES, A. R.B. **Avaliação durante operação de sistemas de medição individualizada de água em edifícios residenciais.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2006.

7 AGRDECIMENTOS

Os autores agradecem o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo.