



### III-037 – AS PERDAS NÃO FÍSICAS E O POSICIONAMENTO DO MEDIDOR DE ÁGUA

**Elton J. Mello<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Maria – RS. Especialista em Engenharia Clínica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Chefe da Seção de Medição do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre (DMAE).



**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Princesa Isabel, 1237 – Bairro Santana – Porto Alegre - RS - CEP: 90620-001 - Brasil - Tel: (51) 218-9680 - e-mail: [emell@dmae.prefpoa.com.br](mailto:emell@dmae.prefpoa.com.br)

#### RESUMO

O emprego de medidores inclinados é uma prática comum a todas as empresas e serviços de água, seja por uma cultura de facilitar as leituras dos dispositivos totalizadores, seja devido ao reduzido espaço disponível para a instalação dos instrumentos. Ao mesmo tempo, sabe-se que a utilização em outra posição, de medidores de água fabricados para uso na horizontal, acarreta elevadas perdas devidas à submedição. Este trabalho apresenta o acompanhamento realizado ao longo de quase quatro anos de operação de medidores similares instalados com diferentes ângulos de inclinação, pelos quais passaram o mesmo volume de água. Com os dados obtidos foi possível avaliar a performance de cada medidor em função de seu posicionamento no cavalete e determinar as perdas correspondentes, assim como a evolução das mesmas. Durante este período, também, foram avaliadas as alternativas, que foram surgindo no mercado brasileiro, para aquelas situações em que o uso inclinado do hidrômetro é a única forma de efetuar a medição da água consumida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrômetro, Perdas na Medição, Submedição, Micromedição, Consumo de Água.

#### INTRODUÇÃO

O combate às perdas nos sistemas de abastecimento de água tem exigido por parte das empresas brasileiras de saneamento razoáveis investimentos, principalmente, em novos equipamentos e tecnologias. Neste contexto, a identificação da submedição como um importante componente das perdas não físicas, que são aquelas que correspondem aos volumes não faturados, ou seja, a água que é consumida pelo usuário e não faturada pelo serviço, tem levado as empresas do setor a aumentarem os seus custos com a aquisição de medidores cada vez mais sensíveis, que tenham capacidade de registrar mais corretamente volumes de água que os atravessam a baixas vazões.

No entanto, a elevação nos gastos com medidores mais modernos, nem sempre representa uma redução efetiva nos índices de submedição, ou deva ser uma das primeiras medidas a ser adotada pelas empresas de água visando reduzir suas perdas de faturamento. Um bom exemplo desta afirmação é o que se pretende demonstrar neste trabalho, a partir da avaliação da contribuição do posicionamento do hidrômetro nas perdas não físicas.

O medidor avaliado no presente estudo foi o tipo velocimétrico de multijatos, transmissão magnética, diâmetro nominal de 20mm e vazão nominal de 1,5m<sup>3</sup>/h, pois representa 94,4% do parque de hidrômetros instalados no município de Porto Alegre, sendo o responsável pela medição de aproximadamente 53,5% do volume de água consumida e que é faturado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE.

A instalação dos hidrômetros pelas equipes do DMAE era, até 1996, realizada de forma a facilitar a leitura de seus totalizadores, assim os medidores colocados nas novas ligações ou os instalados pelas manutenções corretiva e preventiva eram, normalmente, posicionados com alguma inclinação no cavalete. Ainda existem muitos medidores instalados inclinados, ou situações que obrigam a colocação do hidrômetro fora de sua posição correta, como única forma de permitir a sua leitura, por isso os serviços de água e os fabricantes



continuam a pesquisar e desenvolver aparelhos, que possam operar inclinados e minimizem as perdas pela submedição. A partir destas constatações, desenvolveu-se este estudo.

## METODOLOGIA

Através da instalação em série de medidores multijatos classe A e B com outros multijatos e unijatos inclinados – fabricados para utilização, também, na posição vertical – foi possível coletar dados sobre o comportamento de cada tipo de medidor nas condições reais de abastecimento e comparar as suas performances medindo a mesma água consumida.

Em 11 de novembro de 1996, ocorreu a instalação da primeira bateria, composta de cinco medidores novos e escolhidos aleatoriamente de um mesmo lote adquirido pelo DMAE. Esta bateria permaneceu, desde então, com a mesma configuração e com os mesmos medidores instalados nas posições de 0°, 18°, 52°, 64° e 78°, respectivamente, e registrando o consumo de água em um ramal de abastecimento direto.

Os medidores utilizados nesta instalação eram do tipo velocimétrico de multijatos, classe A, transmissão magnética, diâmetro nominal de 20mm, vazão nominal de 1,5m<sup>3</sup>/h, pois este era o padrão que o DMAE estava adquirindo na época e foram retirados de um mesmo lote de hidrômetros novos. Todos os medidores novos recebidos pelo DMAE são aferidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO.

O ramal no qual foram instalados os hidrômetros, estava abastecendo diretamente, sem reservatórios, onze pontos de consumo no setor administrativo da Seção de Medição do DMAE, assim distribuídos: 03 vasos sanitários com caixas de descarga de 10 litros cada, 03 lavatórios, 01 mictório, 02 pias de cozinha, 01 bebedouro e 01 torneira de jardim, que atendiam diariamente 12 funcionários em horário comercial das 8:00h às 17:30h e apresentavam um consumo médio de 25 m<sup>3</sup>/mês.

O método comparativo destes testes visava unicamente verificar o comportamento do hidrômetro inclinado em relação a um medidor corretamente instalado, tomado como padrão. Para isso se utilizou nesta primeira instalação, apenas, uma marca de hidrômetros da mesma série, cujos aparelhos foram escolhidos aleatoriamente no almoxarifado de um mesmo lote de fornecimento.

Em 10 de setembro de 1997, uma outra bateria de medidores foi instalada no mesmo ramal e a frente do primeiro cavalete, com medidores multijatos, classe A e unijatos montados com diferentes ângulos de inclinação: 0° (multi), 0° (uni), 45° (uni), 46° (multi), 45° (uni) e 90° (uni). Os hidrômetros unijatos eram de diferentes fabricantes, sendo que tinham indicação de classe metrológica B na posição horizontal e classe A na vertical. Todos os unijatos utilizados neste estudo, também, eram de vazão nominal igual a 1,5 m<sup>3</sup>/h.

Desde agosto de 1998, utiliza-se uma terceira bateria para testes comparativos de medidores, indicados pelos seus fabricantes para uso na posição vertical. Esta bateria não obedece às dimensões padrões de altura dos cavaletes ou quadro utilizados pelo DMAE, uma vez que o medidor instalado na vertical ficava a 1,5m acima do padrão multijato instalado na horizontal. O objetivo desta bateria é simular situações de medição individualizada, onde o medidor na vertical poderá ficar instalado acima da maioria dos pontos de consumo da instalação hidrossanitária.

E, por fim, em fevereiro de 1999, foram instalados em um ramal residencial de abastecimento indireto com consumo médio mensal de 30m<sup>3</sup> e em série com o medidor de faturamento classe A, no mesmo cavalete, mais dois medidores: um classe C-H/V inclinado a 45° e um classe B a 0°.

Em julho e agosto de 2000, os hidrômetros foram retirados e tiveram as suas curvas de erros levantadas em banca de aferição eletrônica. Os erros foram determinados a partir da média de três ensaios de aferição.

Através de “data-logger”, no mês de julho de 2000, foram obtidos histogramas dos consumos de água do ramal de abastecimento direto, que atendia a Seção de Medição. Um reservatório elevado de 1.000 litros foi



instalado para permitir a obtenção de histogramas com os pontos de consumo do setor administrativo, também, abastecidos indiretamente.

Como o presente trabalho não teve por objetivo comparar as diferentes marcas de medidores disponíveis no mercado brasileiro, os hidrômetros utilizados tiveram suas numerações alteradas: o quarto caractere, que conforme a antiga NBR 8193 identificava o fabricante, foi substituído por M (Multijato) ou U (Unijato).

## RESULTADOS

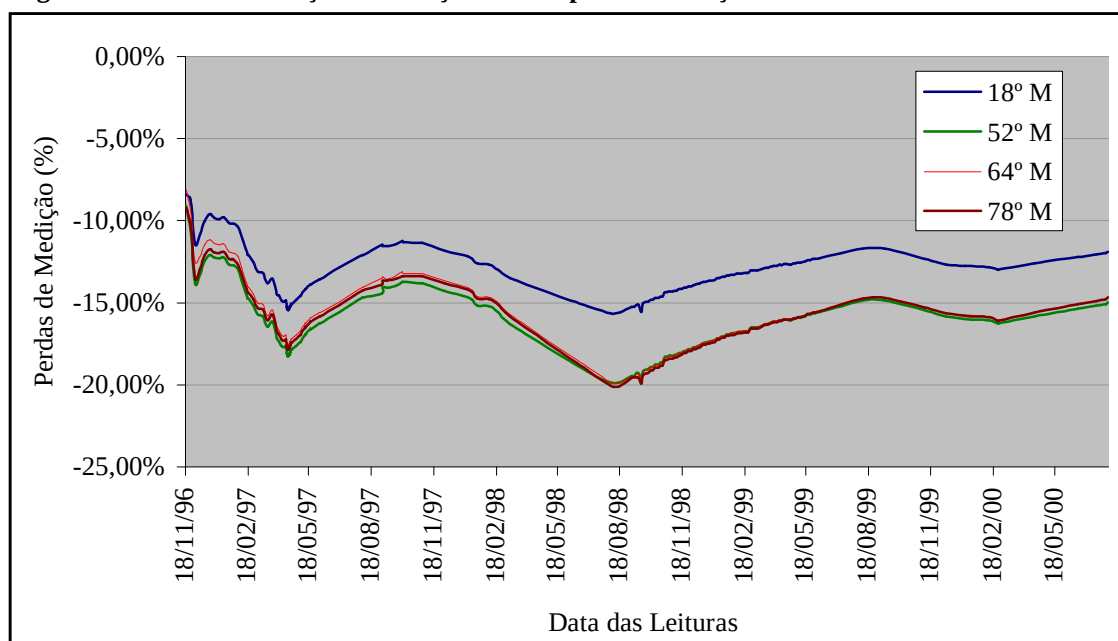
A tabela 1 apresenta os resultados acumulados da primeira série de hidrômetros, instalada em novembro de 1996. O medidor considerado como padrão esteve instalado na posição horizontal, a 0°, e os índices de perdas foram calculados em relação ao volume de água por ele registrado, já que todos os hidrômetros mediram a mesma quantidade de água e estiveram submetidos a condições idênticas de operação.

**Tabela 1: Volume Registrado e a Inclinação do Medidor**

|                                           | Hidrômetro Multijato Classe A com o Ângulo de Inclinação |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                           | 0° <sub>MA</sub>                                         | 18° <sub>MA</sub> | 52° <sub>MA</sub> | 64° <sub>MA</sub> | 78° <sub>MA</sub> |
| Data da Instalação                        | 11/11/1996                                               | 11/11/1996        | 11/11/1996        | 11/11/1996        | 11/11/1996        |
| Data da Retirada                          | 04/08/2000                                               | 04/08/2000        | 04/08/2000        | 04/08/2000        | 04/08/2000        |
| Tempo de Operação (anos)                  | 3,78                                                     | 3,78              | 3,78              | 3,78              | 3,78              |
| Volume Registrado (m <sup>3</sup> )       | 1.275,17                                                 | 1.123,68          | 1.084,18          | 1.088,32          | 1.088,32          |
| Volume Médio Mensal (m <sup>3</sup> /mês) | 28,1                                                     | 24,8              | 23,9              | 24,0              | 24,0              |
| Perdas de Medição (%)                     | 0,0%                                                     | -11,88%           | -14,98%           | -14,65%           | -14,65%           |

Na figura 1 é apresentada a evolução das perdas acumuladas de cada medidor em relação ao padrão, que esteve instalado na horizontal e registrou o maior volume de água. Observa-se que aqueles medidores com inclinação superior a 50°, desde o início, registraram volumes próximos e a diferença deles em relação ao inclinado a 18°, tem-se mantido praticamente constante. As variações nas curvas se devem a alterações no perfil de consumo do ramal, provocadas por fugas em baixa e alta vazões e por períodos de redução no consumo em função de férias do pessoal.

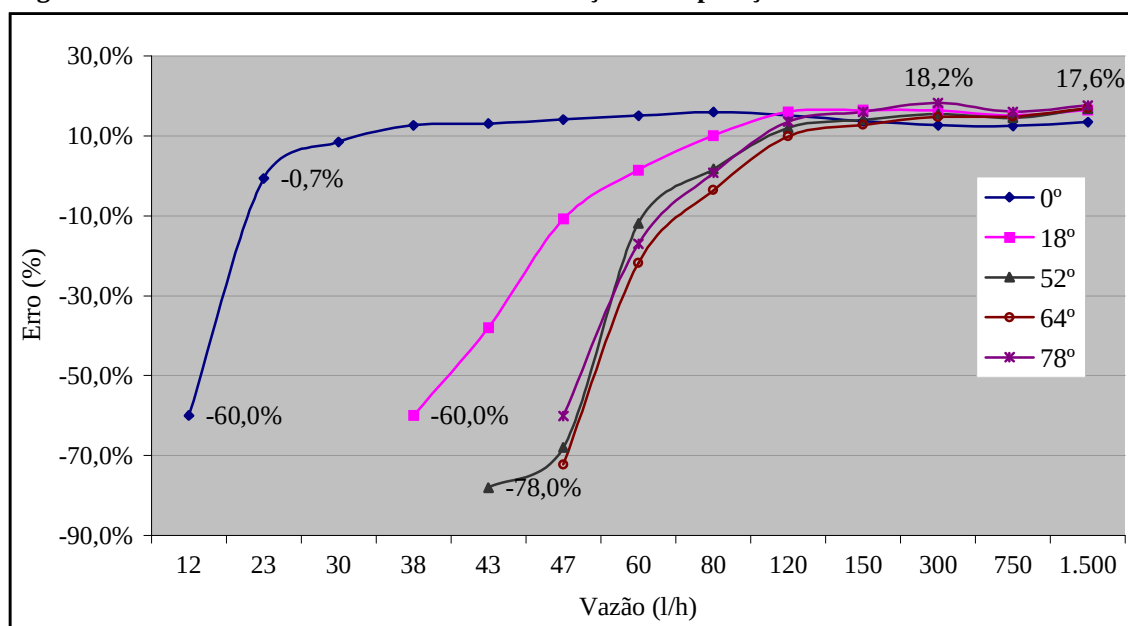
**Figura 1: Perdas de Medição em Função do Tempo de Instalação e do Volume Consumido**





Com a retirada em 04/08/2000, foi possível levantar as curvas de erros dos hidrômetros em banca de aferição eletrônica. As curvas foram obtidas com os medidores montados na bancada com os mesmos ângulos de inclinação, de quando estavam instalados. A figura 2 apresenta os erros aferidos em função das vazões e se verifica que, além do deslocamento das curvas para a direita em relação à curva padrão de um hidrômetro novo, surpreendentemente, todas elas, também, sofreram um deslocamento vertical positivo bastante acentuado.

**Figura 2: Curvas de Erros dos Medidores nas Posições de Operação**



Pela análise das curvas de erros, verifica-se que, a partir de determinada vazão, mesmo os medidores inclinados estavam apresentando uma sobremedidação. Por outro lado, percebe-se um atraso no início do funcionamento, ou seja, do registro da água consumida, que variava com o grau de inclinação do medidor: quanto mais inclinado, mais alta era a vazão de início de funcionamento, provocando uma submedição.

A tabela 2 resume os valores das vazões de início de funcionamento de cada medidor em função de sua inclinação, com os seus erros correspondentes. Mais uma vez, nos dados obtidos se destaca a pequena variação entre os medidores inclinados com ângulo superior a 50°. Também, cabe salientar que apesar da pequena inclinação de 18°, o medidor com este posicionamento sofreu um grande atraso, iniciando o registro do consumo apenas aos 37,5 l/h, enquanto o hidrômetro padrão, que estava operando na horizontal, ainda iniciava o seu movimento com 12,4 l/h.

**Tabela 2: Erros x Vazões de Início de Funcionamento**

| Medidor | Vazão de Início de Funcionamento (l/h) |        |        |        |
|---------|----------------------------------------|--------|--------|--------|
|         | 12,4                                   | 37,5   | 42,5   | 46,5   |
| 0°      | -60,0%                                 | 12,6%  | 13,0%  | 14,1%  |
| 18°     |                                        | -60,0% | -38,0% | -10,8% |
| 52°     |                                        |        | -78,0% | -68,0% |
| 64°     |                                        |        |        | -72,2% |
| 78°     |                                        |        |        | -60,1% |



## DEPURANDO OS DADOS

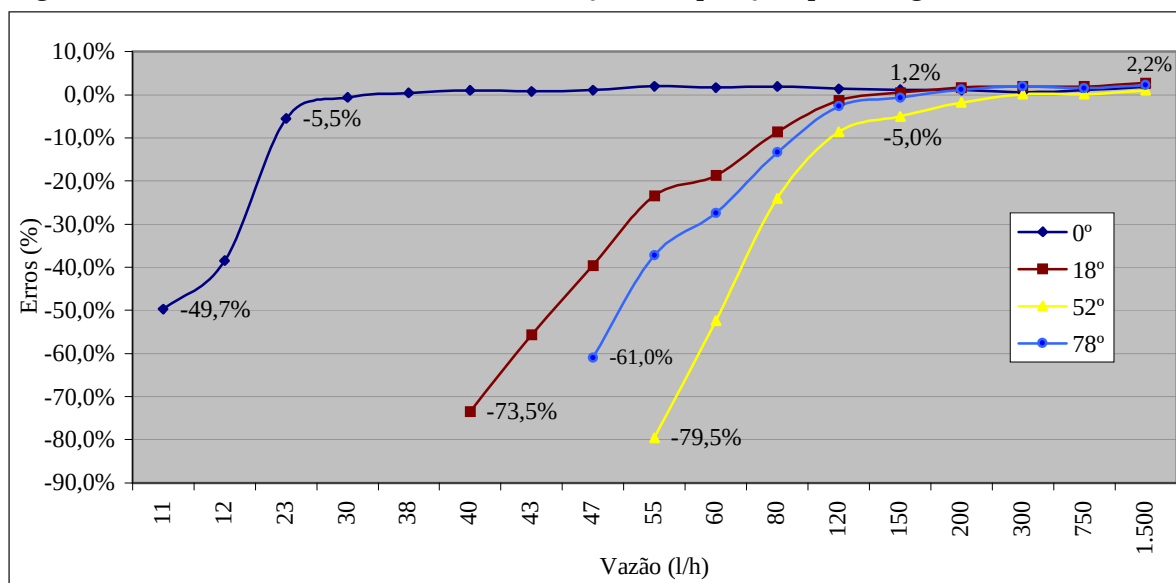
Nesta fase do trabalho, buscou-se descobrir a causa da sobremedidação observada através das curvas de erros, figura 2, assim como a sua influência e a da submedição, provocada pelo atraso no início de funcionamento, nos volumes registrados pelos medidores em avaliação.

Como se havia verificado que o filtro do primeiro medidor da série, aquele instalado a 0°, estava praticamente todo obstruído por impurezas, pedrinhas e areia, oriundas de reparos no próprio ramal ou na rede próxima a ele, decidiu-se substituir este filtro por um novo e levantar novamente a curva de erros.

A substituição do filtro por um novo não provocou alteração significativa nos erros aferidos. Então, desmontou-se o hidrômetro que funcionou a 64° e a sua inspeção interna permitiu constatar a presença de um micro-pó aderido às peças e paredes internas. Este material era, provavelmente, oriundo da oxidação das tubulações e conexões de ferro da tubulação, com mais de 20 anos de uso no ramal, provocando uma incrustação não considerada normalmente neste tipo de inspeção, que poderia estar provocando o deslocamento vertical positivo das curvas.

Fez-se uma lavagem nos demais medidores sem desmontá-los, reduzindo ou eliminando a camada aderida às partes internas e se levantou novamente as curvas. Os resultados podem ser observados na figura 3.

**Figura 3: Curvas de Erros dos Medidores nas Posições de Operação após Lavagem**



Pela figura 3, comprova-se com os medidores livres das incrustações, que suas curvas voltaram aos padrões normais, sendo que se repetiu, com um pequeno aumento, os atrasos no início de funcionamento provocados pelo posicionamento inclinado do hidrômetro, já observados anteriormente na figura 2.

Cabe destacar, que o comportamento apresentado por estes medidores e a constatação da influência da camada do micro-pó aderida às partes internas dos hidrômetros foram realmente surpreendentes, haja vista em outra pesquisa em andamento, na qual se pretende avaliar o parque de hidrômetros instalados em Porto Alegre, medidores idênticos aos estudados, inclusive do mesmo lote e com o mesmo volume totalizado de água, mas retirados de outras regiões da cidade, não tiveram suas curvas de erros deslocadas verticalmente de forma tão acentuada. Assim, pode-se creditar esta situação a algumas peculiaridades do ramal e da rede de distribuição, que normalmente não estão presentes nas outras ligações de água abastecidas pelo DMAE.



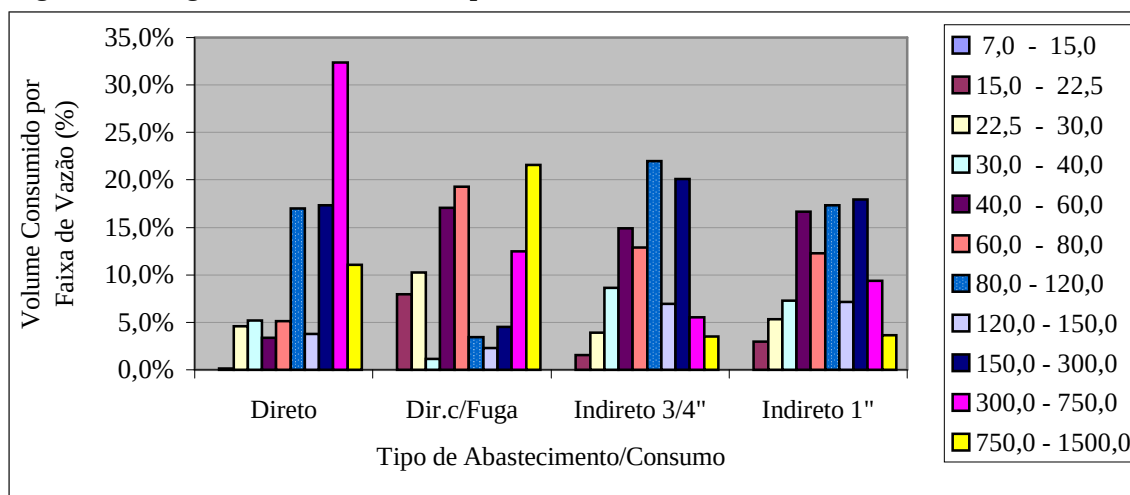
## HISTOGRAMAS DE CONSUMO

Durante o tempo em que estiveram instalados, os medidores registraram a água que era consumida diretamente pelos pontos atendidos, sem reservatório, sendo que ao longo dos 3,5 anos foram constatadas e consertadas algumas fugas não aparentes, devidas, principalmente, ao envelhecimento ou defeitos das tubulações internas. Existiram, também, vazamentos provocados pelo rompimento dos flexíveis das caixas acopladas dos vasos sanitários e do bebedouro.

Os histogramas da figura 4 foram obtidos da média aritmética de vários monitoramentos realizados no ramal nos meses de julho e agosto de 2000. Para permitir a utilização de outras situações na estimativa do rendimento dos medidores em função do posicionamento no cavalete; aproveitando a instalação de um reservatório de 1.000 litros de capacidade no ramal e a ocorrência de uma fuga não aparente, foram levantados perfis de consumo, considerando os seguintes cenários:

- Abastecimento direto, sem reservatório (Direto);
- Abastecimento direto com a ocorrência de uma fuga não aparente, provocada por fissura na tubulação interna (Dir.c/ Fuga);
- Abastecimento indireto, através do reservatório com torneira-bóia de 20mm (Indireto ¾");
- Abastecimento indireto, através do reservatório com torneira-bóia de 25mm (Indireto 1").

**Figura 4: Histogramas de Consumo x Tipo de Abastecimento ou Consumo**



## VOLUME REAL E PERDAS NÃO FÍSICAS

De posse dos volumes totalizados, tabela 1, da curva de erros, figura 2, e dos histogramas de consumo, figura 4, corrigiu-se o volume registrado pelo padrão, medidor instalado a 0°. Os resultados obtidos foram considerados como o valor mais próximo da quantidade de água real consumida no ramal, já que se utilizaram os percentuais de volume consumido por faixa de vazão e os erros correspondentes do padrão.

Supondo-se, que os valores calculados, pela metodologia descrita no parágrafo anterior, expressavam o volume real, que atravessou todos os medidores, montou-se a tabela 3, que demonstra os volumes reais, caso o consumo ao longo dos 3,5 anos tivesse ocorrido sob um dos quatro tipos de abastecimento ou de consumo, conforme os histogramas levantados.

**Tabela 3: Volume Real x Tipo de Abastecimento**

|                       | Medidor na Horizontal (Vol. Registrado = 1.275,17m³) |            |              |             |
|-----------------------|------------------------------------------------------|------------|--------------|-------------|
| Tipo de Abastecimento | Direto                                               | Dir.c/Fuga | Indireto 3/4 | Indireto 1" |
| Volume Real (m³)      | 1.116,35                                             | 1.175,17   | 1.118,69     | 1.131,62    |



O rendimento acumulado de cada um dos hidrômetros, tendo como referência estes volumes corrigidos, denominados, a partir de agora, de o volume real consumido no ramal, é apresentado na tabela 4.

Entende-se por rendimento a quantidade percentual de água que os medidores registraram do volume real, tabela 3.

**Tabela 4: Rendimento dos Medidores em Função da Inclinação x Tipo de Abastecimento**

|                      | Ângulo de Inclinação dos Medidores |          |          |          |          |
|----------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                      | 0°                                 | 18°      | 52°      | 64°      | 78°      |
| Vol. Registrado (m3) | 1.275,17                           | 1.123,68 | 1.084,18 | 1.088,32 | 1.088,32 |
| Direto               | 114,2%                             | 100,7%   | 97,1%    | 97,5%    | 97,5%    |
| Direto com Fuga      | 108,5%                             | 95,6%    | 92,3%    | 92,6%    | 92,6%    |
| Indireto 20mm        | 114,0%                             | 100,4%   | 96,9%    | 97,3%    | 97,3%    |
| Indireto 25mm        | 112,7%                             | 99,3%    | 95,8%    | 96,2%    | 96,2%    |

É lógico, que os rendimentos estimados para os outros abastecimentos, que não o tipo direto, são meramente ilustrativos, pois as vazões do volume de água que atravessou os medidores, teriam os perfis conforme mostrados para cada situação na figura 4. Observa-se, comparando os histogramas, que em qualquer outro tipo de abastecimento, os volumes totalizados pelos medidores tenderiam a valores menores que os registrados, uma vez que a incidência de consumo se daria, em maior proporção, nas faixas de vazões mais baixas, onde as perdas (erros negativos) foram maiores, ou os ganhos (erros positivos) de medição menores.

Os valores calculados na tabela 3 reforçam esta afirmação, comprovando que os volumes reais para cada tipo de abastecimento seriam superiores àquele estimado para o ramal direto.

## EXPURGANDO AS IMPUREZAS

Utilizando-se os erros aferidos dos medidores, após a lavagem interna e a substituição dos filtros por novos, conforme a figura 3, recalculou-se os volumes registrados da tabela 1. Eles foram corrigidos com os erros por faixa de vazão de cada um dos medidores, conforme o histograma de consumo para o abastecimento direto da figura 4, permitindo a construção da tabela 5.

Os dados demonstrados na tabela 5 se referem aos volumes registrados pelos medidores, caso não existisse a interferência provocada pelas incrustações, ou seja, supõe-se que reflitam apenas os desgastes resultantes da quantidade da água registrada e do posicionamento, mais ou menos inclinado, dos medidores. Não se obteve os dados relativos ao medidor instalado a 64°, pois ele já havia sido desmontado para a inspeção interna.

**Tabela 5: Volume e Perdas dos Medidores sem Incrustações**

|                     | Ângulo de Inclinação do Medidor |         |         |         |
|---------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|
|                     | 0°                              | 18°     | 52°     | 78°     |
| Vol. Corrigido (m³) | 1.123,60                        | 946,88  | 899,30  | 934,69  |
| Perdas (%)          | 0,00%                           | -15,73% | -19,96% | -16,81% |

## A INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO MEDIDOR

Considerando o hidrômetro velocimétrico de multijatos instalado na posição horizontal, como o padrão, porque registrou o maior volume de água, e os três métodos diferentes para calcular as perdas não físicas dos demais medidores inclinados em relação ao padrão, chegou-se a tabela 6.

**Tabela 6: Perdas de Medição x Método de Cálculo**

| Perdas (%) considerando | Ângulo de Inclinação do Medidor |        |        |        |
|-------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
|                         | 0°                              | 18°    | 52°    | 78°    |
| Volume Registrado       | 0,0%                            | -11,9% | -15,0% | -14,7% |
| Rendimento              | 0,0%                            | -13,6% | -17,1% | -16,7% |
| Volume Corrigido        | 0,0%                            | -15,7% | -20,0% | -16,8% |

O volume registrado, tabela 1, foi obtido diretamente da leitura da relojoaria do hidrômetro, no momento da retirada do cavalete. O rendimento, tabela 4, foi calculado pela razão entre o volume registrado pelo medidor e o volume real no abastecimento direto da tabela 3. O volume corrigido, tabela 5, ajustou todos os volumes registrados pelos medidores, utilizando as curvas de erros obtidas após a lavagem e o histograma do consumo direto. Considerou-se, sempre, como referência o medidor instalado a 0°.

Assim, qualquer que seja o método utilizado para determinar as perdas não físicas em função da inclinação do medidor, verifica-se, de imediato, que elas são sempre significativas, superiores a 10%, e que são função do ângulo de inclinação até determinado valor, neste estudo, 52°, após o qual as perdas são muito próximas, permitindo afirmar que tanto faz o medidor estar inclinado a 52°, como a 78°, que a submedição será praticamente a mesma.

### ALTERNATIVAS PARA O POSICIONAMENTO INCLINADO

O reconhecimento da submedição, devida ao posicionamento incorreto dos medidores para uso exclusivo na horizontal, tem levado os fabricantes a desenvolverem hidrômetros, que usados inclinados têm a sua classe metrológica rebaixada, assim um medidor classe B ou C na horizontal, passa à classe A quando na posição vertical.

A tabela 7 apresenta os resultados alcançados usando hidrômetros multijatos (M) classe A e unijatos (U) classes B-H / A-V em série, num mesmo cavalete colocado a frente dos medidores avaliados anteriormente. Foi considerado padrão o medidor multijato (M1\_96) instalado na horizontal, a 0°, e que registrou o maior volume de água.

**Tabela 7: Volumes e Perdas x Inclinação do Medidor**

|                              | Ângulo de Inclinação dos Hidrômetros |           |           |           |           |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                              | 0° M1_96                             | 45° U1_97 | 46° M2_96 | 45° U2_97 | 90° U3_97 |
| Data da Instalação           | 10/09/97                             | 10/09/97  | 10/09/97  | 10/09/97  | 10/09/97  |
| Data da Retirada             | 18/07/00                             | 18/07/00  | 18/07/00  | 18/07/00  | 18/07/00  |
| Tempo de Operação (anos)     | 2,89                                 | 2,89      | 2,89      | 2,89      | 2,89      |
| Volume Registrado (m³)       | 1.068,68                             | 945,53    | 894,22    | 902,36    | 831,18    |
| Volume Médio Mensal (m³/mês) | 30,8                                 | 27,2      | 25,7      | 26,0      | 23,9      |
| Perdas/Vol.Registrado (%)    | 0,0%                                 | -11,5%    | -16,3%    | -15,6%    | -22,2%    |
| Volume Real (m³)             | 910,14                               |           |           |           |           |
| Rendimento (%)               | 117,4%                               | 103,9%    | 98,3%     | 99,1%     | 91,3%     |

Esta tabela permite comparar, resumidamente, o comportamento de medidores fabricados também para uso em posições inclinadas em relação ao medidor multijato para emprego apenas na horizontal. Aplicou-se o mesmo método de cálculo utilizado para avaliação da série de medidores multijatos, descrita nas seções anteriores. Todos os medidores estiveram instalados o mesmo tempo, conforme se observa no Tempo de Operação.

Além do tempo de operação, calculado da diferença entre as datas de retirada e de instalação, as demais variáveis consideradas na montagem da tabela 7 foram:



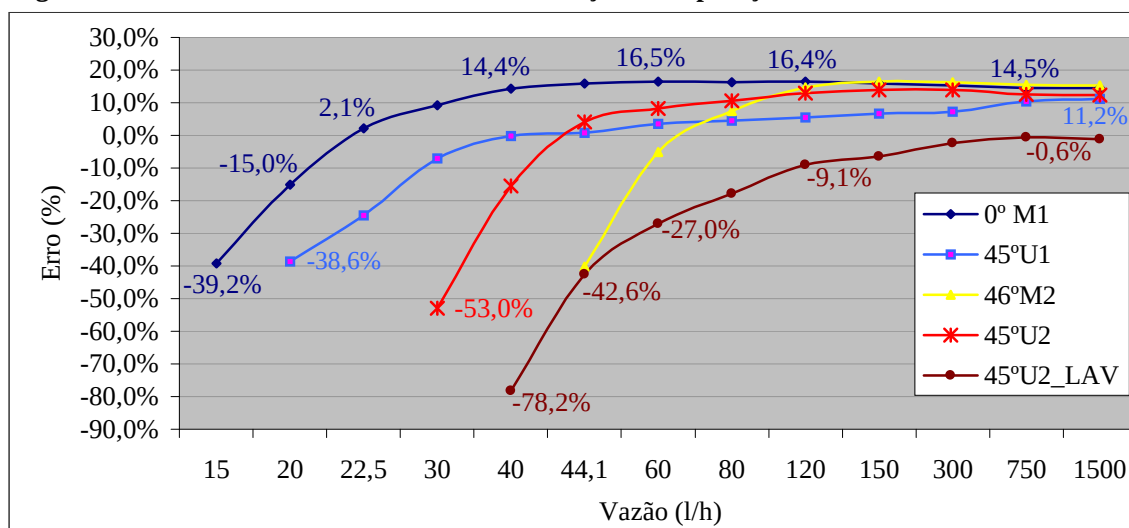


- Volume Registrado: consumo apurado no período por cada um dos medidores, resultado da diferença entre a leitura do totalizador no momento da retirada menos a leitura de instalação;
- Volume Médio Mensal: representa a média histórica mensal do consumo, do período em que os medidores estiveram instalados, e resulta dos volumes registrados pelos hidrômetros divididos pelo número de meses de instalação;
- Perdas/Vol.Registrado: é a razão entre os volumes registrados por cada medidor e o volume totalizado pelo padrão, instalado a 0°;
- Volume Real: representa o volume registrado pelo medidor padrão corrigido com a aplicação da curva de erros sobre os percentuais de volumes consumidos em cada faixa de vazão, determinados pelo histograma de consumo para abastecimento direto, figura 4. Considerou-se para esta correção, que toda a água consumida atravessou os medidores em vazões superiores a de início de funcionamento do hidrômetro unijato de vazão nominal igual a 0,75 m<sup>3</sup>/h, utilizado com o “data-logger” para captar os sinais de pulso, e que foi determinada como sendo igual a 7,0 l/h..
- Rendimento: é o quociente entre o volume registrado por cada medidor e o volume real. Representa a quantidade percentual de água que os medidores registraram do volume real.

Em função da investigação sobre as causas da sobremedição verificada, também, nestes medidores da tabela 7, os hidrômetros foram desmontados, com exceção do unijato 45°<sub>U2\_97</sub>, o que havia registrado 902,36 m<sup>3</sup>. Assim, quando se constatou a interferência das incrustações nas partes internas, não foi mais possível obter as curvas de erros pós-lavagem.

A figura 5 apresenta as curvas dos medidores da tabela 7, levantadas logo após a retirada do cavalete. O medidor unijato a 90° teve a sua carcaça danificada, no momento da montagem na banca de aferição, por isso os seus erros não foram aferidos. A curva 45°<sub>U2\_LAV</sub> refere-se aos erros, após a lavagem interna, do medidor unijato não desmontado.

**Figura 5: Curvas de Erros dos Medidores nas Posições de Operação**



Mesmo com o ganho de medição provocado pelas incrustações, que elevou rapidamente as curvas para a zona positiva do gráfico e fez os medidores iniciarem o registro da água mais cedo - compare as curvas do 45°<sub>U2</sub> e 45°<sub>U2\_LAV</sub>, observa-se pela análise das figuras 2 e 5, que tanto os multijatos classe A que operaram inclinados, como os medidores unijatos sofreram um acentuado atraso na sua vazão de início de funcionamento, permitindo concluir que, nos modelos indicados pelos fabricantes para uso na vertical e avaliados neste estudo, não existe um simples rebaixamento da classe B para A, embora exista uma perda menor do que aquela caso fosse utilizado um medidor multijato para uso somente na horizontal.

Tomando-se como parâmetro de comparação, as vazões de início de funcionamento, nota-se que o atraso no começo do registro do volume de água pelos unijatos, apesar de ser menor que o ocorrido com os multijatos



inclinados, acarreta em um rebaixamento de classe mais crítico do que aquele preconizado pelos fabricantes, ou do indicado na relojoaria, quando da classificação do medidor novo.

Pode-se concluir analisando, apenas, as vazões de início de funcionamento das curvas levantadas neste trabalho, que o hidrômetro com indicação para trabalhar na vertical é, em média, aproximadamente 50% menos prejudicado quando inclinado, que o multijato fabricado para trabalhar apenas na horizontal, ou seja, tende a apresentar uma perda menor, mas mesmo assim significativa, insuficiente para compensar a perda não física causada pela submedição, existente em função da inclinação.

O quadro da tabela 8 tem caráter ilustrativo, apresentando outros dois cavaletes com medidores em série. Na primeira situação o medidor unijato classe B-H / A-V está posicionado na vertical a 90°, fluxo de baixo para cima, e 1,5m acima do multijato classe B instalado na horizontal a 0°, medindo o consumo de um ramal de abastecimento direto. O outro cavalete tem instalado um hidrômetro classe A, de faturamento, a 0°, um unijato classe C a 45°, que segundo o fabricante, deveria manter a sua classe metrológica, tanto na horizontal, como na vertical, e um multijato classe B a 0°.

**Tabela 8: Comparativo entre Unijatos Classes B e C-H x Multijato Classe B**

|                              | Ramal Consumo Direto |            | Ramal Consumo Indireto |            |            |
|------------------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|------------|
|                              | 90° U97B             | 0° M97B    | 0° M97A                | 45° U98C   | 0° M98B    |
| Data da Instalação:          | 03/08/1998           | 03/08/1998 | 26/02/1999             | 26/02/1999 | 26/02/1999 |
| Data da Retirada:            | 24/08/2000           | 24/08/2000 | 20/07/2000             | 20/07/2000 | 20/07/2000 |
| Tempo de Operação (anos):    | 2,09                 | 2,09       | 1,42                   | 1,42       | 1,42       |
| Volume Registrado (m3)       | 634,82               | 676,08     | 433,04                 | 456,12     | 468,93     |
| Volume Médio Mensal (m3/mês) | 25,3                 | 27,0       | 25,5                   | 26,8       | 27,6       |
| Perdas de Medição (%)        | -6,10%               | 0,00%      | -7,65%                 | -2,73%     | 0,00%      |

Como não se levantou ainda os histogramas de consumo e as curvas de erros, pode-se apenas constatar que existem diferenças nos volumes registrados dos inclinados em relação ao multijato classe B posicionado na horizontal, mas que são menores que as perdas determinadas nos testes analisados até este momento, conforme pode ser visto nas tabelas 1 e 7.

## CONCLUSÕES

Os resultados alcançados neste trabalho comprovaram a influência do posicionamento do medidor do tipo velocimétrico de multijatos sobre as perdas não físicas e permitiram constatar que a água não faturada pelas empresas e serviços de água alcança índices superiores a 10%, podendo chegar a 20%, do volume consumido, em função do ângulo de inclinação do hidrômetro e do tipo de abastecimento ou consumo.

Também, demonstraram que as alternativas tecnológicas disponíveis, medidores para uso na vertical, no mercado brasileiro e até o momento testadas, minimizam o problema, mas ainda não o eliminam completamente, sendo necessário mais desenvolvimento e pesquisa por parte dos fabricantes, no sentido de produzir um instrumento, que, em qualquer posição, ao menos se iguale em rendimento ao medidor de multijatos da mesma classificação metrológica, horizontalmente instalado.

Desta forma, a maior garantia que podem ter as empresas e serviços de água, de que não estão deixando de medir uma parcela significativa da água consumida com o posicionamento incorreto do medidor no cavalete, é investindo em treinamento e qualificação dos funcionários e na revisão de seus procedimentos rotineiros. Tais medidas, juntamente com outras que são de baixíssimo ou nenhum custo, como o correto dimensionamento e seleção dos hidrômetros, devem ser adotadas antes de partirem para vultosos investimentos em seus parques de medidores.

Com certeza, após as correções sugeridas e com a redução das perdas devidas à submedição, poder-se-á pensar em outros tipos de ações, como a melhoria da sensibilidade do parque hidrômetros, que envolvam a aplicação de recursos.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ARREGUI, F. Propuesta de una metodología para el análisis y gestión del parque de contadores de agua en un abastecimiento. Universidade Politécnica de Valencia-Espanha, 1998.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8009:1992, 8194:1997, NM 212:1999. ABNT, Rio de Janeiro - RJ.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 10012-1, Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição. ABNT. Rio de Janeiro-RJ, 1993.
4. COELHO, Adalberto Cavalcanti. Medição de água, política e prática. Ed. Comunicarte, Recife-PE, 1996.
5. COELHO, Adalberto Cavalcanti. Medição individualizada de água em apartamentos. Ed. Comunicarte. Recife-PE, 1999.
6. ELMORE, Edmundo (coord.). Manual de Referência: Medidores de água domiciliar. OPS/OMS e BID. Lima-Peru, 1972.
7. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Regulamento Técnico Metrológico da Portaria nº. 029/94. INMETRO, Brasília-DF, 1994.
8. RECH, Antônio Linus. Água, micromedição e perdas. 2ª Edição. Scortecci Editora. São Paulo-SP, 1999.
9. MELLO, Elton J. Perdas na medição: A contribuição do hidrômetro inclinado. 24.ª Assembléia Nacional da ASSEMAE. Anais. Brasília-DF, 1997.
10. MELLO, Elton J. Recuperação de hidrômetros: Prejuízo ou investimento ? 27ª. Assembléia Nacional da ASSEMAE. Anais. Vitória-ES, 1998.
11. MELLO, Elton J. Perdas não físicas pela submedição: O hidrômetro classe C é a solução ? 28ª. Assembléia Nacional da ASSEMAE. Anais. Porto Alegre-RS, 1999.
12. SANCHEZ, Jorge Gomez. Dimensionamento de hidrômetros e análise de traço. 19.º Congresso da ABES. Anais. Foz do Iguaçu-PR, 1997.
13. SANCHEZ, Jorge Gomez. Estimation of not measured water volume supplied to residential consumers, in Juazeiro – Bahia. 10<sup>th</sup> FLOMEKO. Anais. Salvador-BA, 2000.
14. SILVA, Ricardo T. (coord). Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água - PNCDA. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana. Brasília-DF, 1998.