

PERDA DE MEDIÇÃO DEVIDO AO POSICIONAMENTO INCLINADO DE HIDRÔMETROS

Justino Brunelli Jr* and Mayko Monteiro Farias

Resumo

Um dos objetivos principais que deve nortear o trabalho de toda empresa de saneamento básico é: distribuir água com qualidade, quantidade e eficiência para todos que dela necessitam. Diante do atual panorama mundial de progressiva escassez dos recursos hídricos potáveis e estando as questões ambientais movendo e sensibilizando cada vez mais setores da sociedade, as perdas de água que ocorrem nas etapas que precedem o consumo humano preocupam cada vez mais gestores, estudiosos e profissionais atuantes na área. Uma gestão eficiente que promova a minimização do volume de água perdido na produção, reservação, distribuição e medição da água consumida é essencial para o sucesso de qualquer empresa, pois promove de maneira efetiva a redução de custos operacionais importantes como o de energia elétrica e produtos químicos, além de possibilitar maior eficácia no atendimento à demanda no consumo de água sem que para isso necessite aumentar o volume de água retirado de lagos, rios e outras fontes de captação na natureza. A redução dos custos faz com que a empresa atinja um melhor nível de desempenho, pois se torna mais eficiente e lucrativa e possibilita aumento nos investimentos podendo com isso, levar água potável de forma satisfatória para um maior número de pessoas. Dentre os diversos tipos de perdas que um sistema de abastecimento de água pode apresentar, o trabalho expõe uma avaliação sobre um tipo comum de perda não visível: a perda de medição de água devido ao posicionamento inclinado de hidrômetros. Na abordagem, o estudo avalia em laboratório condições comuns em campo onde o hidrômetro é instalado de maneira inclinada, sem que tenha sido projetado para operar sob tal condição, contrariando a forma recomendada tecnicamente e fazendo com que ocorram perdas significativas nos volumes registrados na medição ocasionando prejuízos

CAENF – Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo Ltda, Coordenação de Manutenção, Nova Friburgo, RJ, Brasil, *email: jbrunelljr@hotmail.com

consideráveis para o faturamento das empresas.

PALAVRAS-CHAVE: água, medição, perdas, micromedição, hidrômetro.

INTRODUÇÃO

A essencialidade da água como elemento fundamental para a vida do nosso planeta, tem sido objeto de preocupação, estudos e pesquisas pelo meio técnico e científico no mundo todo. As questões relacionadas ao uso racional da água e otimização no gerenciamento desse recurso estão a cada dia despertando um maior interesse não apenas de entidades governamentais, mas também de pessoas comuns que tem consciência da importância desse bem para a humanidade.

De acordo com dados do *International Hydrological Programme* (UNESCO, 1999), o volume total de água no planeta é calculado em torno de 1 bilhão e 400 milhões de quilômetros cúbicos. Porém, 97,5% dessa água é salgada e está basicamente nos mares e oceanos. A água doce, que só representa 2,5% do total, está em sua maior parte nas calotas polares e a água disponível em lagos, rios e lençóis subterrâneos pouco profundos, de fácil acesso e renovável, representa apenas 0,3% da água doce disponível.

Por se tratar de um bem de importância grandiosa e de uso nobre, toda água retirada da natureza para abastecimento humano deve ser explorada com a máxima eficiência e as perdas nos processos que precedem o consumo devem ser as mínimas possíveis. Índices elevados de perdas fazem com que seja necessário aumentar os volumes de água retirado das captações e provoca redução nos investimentos que poderiam fazer com que mais pessoas tivessem acesso à água potável.

Tipos de perdas

Sempre que o assunto perdas é abordado é comum que se tenha a falsa idéia de se

tratar apenas de uma parcela de volume de água que foi perdida durante alguma das fases dos processos que antecedem o consumo final num sistema de abastecimento de água potável. Todavia, esse é um assunto bem mais abrangente e não é composto apenas de algo físico ou visível, como os vazamentos que eventualmente ocorrem nas tubulações. Ele possui ainda importantes componentes não-físicos que são invisíveis e consideravelmente importantes.

As perdas de água em sistemas de abastecimento podem ser divididas em dois tipos:

- **Perda física:** que corresponde ao volume de água que depois de produzido é perdido devido a vazamentos em tubulações, reservatórios e demais pontos do sistema. De acordo com a nova nomenclatura definida pela International Water Association – IWA, esse tipo de perda é denominado Perda Real, que também é conhecida por Perda na Distribuição;
- **Perda não-física:** que corresponde ao volume de água que depois de produzido não é contabilizado pela empresa de saneamento, decorrente de erros de medição e de leitura nos hidrômetros, das diversas formas de fraudes e de falhas no cadastro comercial da empresa. De acordo com a nova nomenclatura definida pela International Water Association – IWA, esse tipo de perda é denominado Perda Aparente, que também é conhecida por Perda no Faturamento.

Uma publicação recente do Ministério das Cidades do Governo Federal, *Visão Geral da Prestação dos Serviços de Água e Esgotos – 2004*, revelou que o valor médio das perdas de faturamento das empresas de saneamento que operam no Brasil é de 40,4%, um índice bastante preocupante. Esse índice é baseado nos dados coletados pelo SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Sem a intenção de subestimar a importância e o cuidado que requerem todas as formas de perdas de água no saneamento básico, a perda por erros de medição nos hidrômetros ou perda por submedição, como é conhecida no meio técnico, é sem dúvida um dos tipos que deve ter o máximo de cuidado, tendo em vista que se trata de um tipo de perda

invisível e, portanto relativamente difícil de ser percebida. Talvez por isso, a perda por submedição nos hidrômetros é vítima do descaso por parte de muitas das empresas de saneamento. Na grande maioria das vezes isso se deve a ausência de uma cultura gerencial que valorize a real importância do hidrômetro como instrumento metrológico que possui implementar direta no faturamento de qualquer empresa.

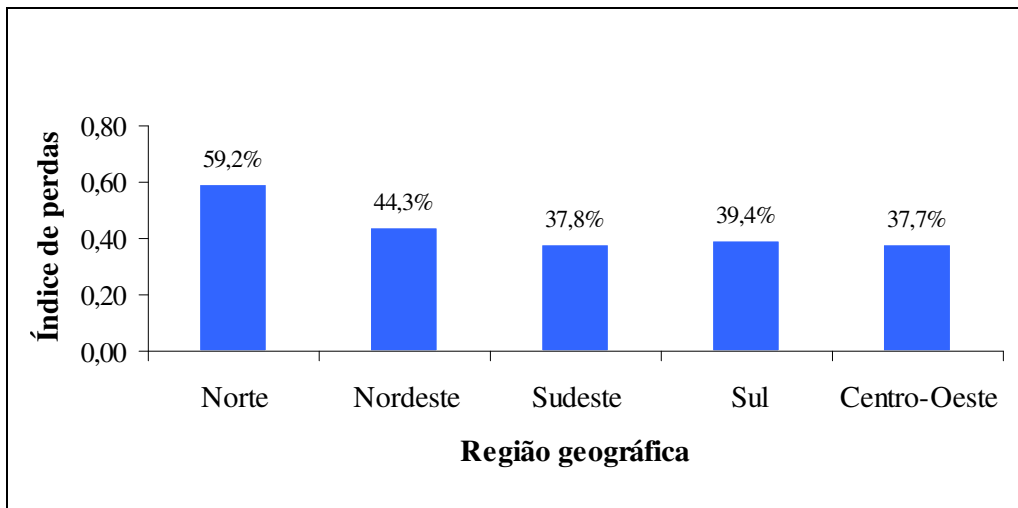


Figura 1: Índice de perdas de faturamento no Brasil (Fonte: Visão Geral da Prestação dos Serviços de Água e Esgotos – 2004, Ministério das Cidades).

O Hidrômetro

Segundo o Documento Técnico de Apoio DTA D3, apesar da medição do consumo de água visando à cobrança remotar aos tempos dos faraós egípcios e do império romano, o uso intensivo de medição individual para cobrança só se generalizou no início do século XX com o advento de medidores individuais mais confiáveis, os hidrômetros. Com o passar dos anos e a ampliação da medição do consumo, observou-se que o medidor individual se constitui numa importante ferramenta para os prestadores do serviço de abastecimento. Além de possibilitar uma cobrança mais justa do serviço prestado, o medidor serve de inibidor de consumo, estimulando a economia, e fornecendo dados operacionais sobre o volume fornecido aos usuários e vazamentos potenciais.

De acordo com Milton Tomoyuki Tsutiya, hidrômetros são os aparelhos tecnicamente indicados para medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora a uma determinada instalação predial num determinado intervalo de tempo. Geralmente são constituídos de uma câmara de medição, um sistema de transmissão e uma unidade de conversão/totalização cuja função é registrar num mostrador os volumes escoados através do aparelho.

De uma maneira geral podemos dizer que os hidrômetros usuais estão subdivididos em dois grupos fundamentais de acordo com o princípio de funcionamento. São eles:

- Hidrômetros de volume (volumétricos);
- Hidrômetros de velocidade (velocimétricos, taquimétricos ou inferenciais).

Os hidrômetros volumétricos possuem câmaras de volume conhecido que enchem e esvaziam, sucessivamente, num processo contínuo, com a passagem da água. Um mecanismo apropriado permite transmitir continuamente o movimento da peça móvel da câmara de medição a um sistema de conversão, de totalização e de indicação. Já os hidrômetros de velocidade possuem um sistema concebido de forma a converter a velocidade da água que o atravessa em um determinado número de rotações de uma turbina ou hélice, por sua vez, está relacionado com o volume escoado. Assim, o volume escoado num determinado intervalo de tempo é inferido a partir da velocidade de escoamento.

Atualmente o tipo de hidrômetro mais utilizado pelas empresas de saneamento é o velocimétrico. O medidor velocimétrico é dividido em dois tipos:

- Hidrômetros monojato;
- Hidrômetros multijato.

Os hidrômetros monojatos são formados por uma turbina ou hélice instalada dentro de uma câmara de medição, que é acionada por um jato tangencial de água. O hidrômetro monojato é chamado também de unijato ou de jato único. O fato da turbina receber um único

jato de um só lado, causa uma compressão lateral contra o eixo de rotação que a sustenta provocando desgastes em componentes internos do medidor, afetando consideravelmente a sensibilidade do aparelho e por consequência a qualidade da medição.

Os hidrômetros multijatos possuem um mecanismo medidor formado também por uma turbina ou hélice dentro de uma câmara de medição, porém este mecanismo é acionado por diversos jatos de água na turbina, tangencialmente. Nesse hidrômetro, os jatos formam pares de forças binárias que proporcionam um maior equilíbrio da turbina quando em rotação reduzindo drasticamente os problemas por desgaste de componentes internos e com isso proporcionando uma maior qualidade de medição aumentando a vida útil do aparelho. Com esta concepção, a distribuição dos esforços sobre a turbina é simétrica, permitindo o funcionamento equilibrado e com maior precisão ao longo de toda a faixa de medição, favorecendo as condições metrológicas do hidrômetro.

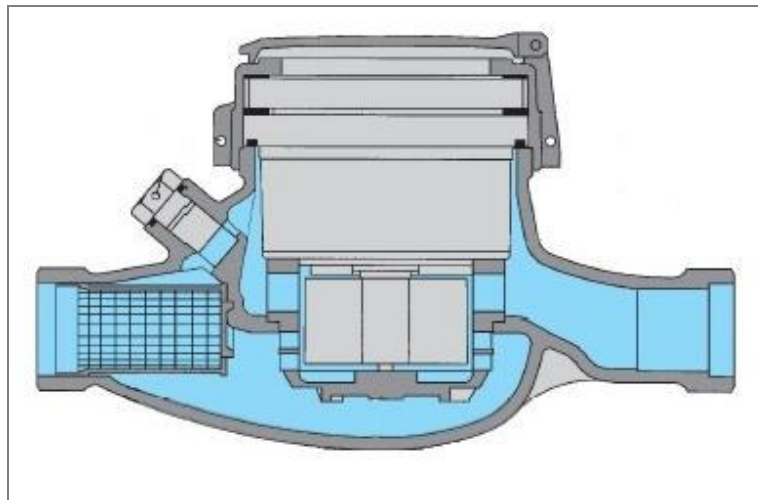


Figura 2: Corte longitudinal de um hidrômetro multijato típico (Fonte: www.elstermetering.com)

Segundo Jorge Gomez Sanchez, et al, medidores são extensivamente utilizados em todo mundo como ferramenta de cobrança pela água fornecida a consumidores residenciais e não residenciais. No Brasil, esse tipo de medidor está presente em praticamente todas as

instalações residenciais hidrometradas.

Micromedição

De acordo com Wolney Castilho Alves, denomina-se micromedição a medição do consumo realizado no ponto de abastecimento de um usuário, independente de sua categoria (comercial, residencial, pública ou industrial) ou de sua faixa de consumo. A micromedição é realizada normalmente pelo hidrômetro. A utilização do hidrômetro possibilita uma cobrança mais justa para o consumidor, além de servir de instrumento inibidor de gastos e desperdícios, fornecer os valores de consumo ao cliente e sinalizar vazamentos potenciais.

Segundo Marcelo Yuji Sato, a implantação de um programa de micromedição é uma das principais ações para o planejamento de medidas para controle de perdas, pois a confiabilidade destes dados contribui para obtenção de índices confiáveis; além disso, a micromedição é um dos principais componentes das perdas. Segundo o mesmo autor, a confiabilidade de um sistema de micromedição depende de dois aspectos:

- Confiabilidade nos sistemas de micromedição: neste caso, a exatidão das informações prestadas por estes instrumentos está relacionada com as normas e a procedimentos de aquisição, manutenção e substituição dos hidrômetros. Vários fatores interferem nesta confiabilidade, tais como: a idade dos aparelhos, o dimensionamento correto para a faixa de consumo, a instalação (se o hidrômetro está protegido em caixa, instalado sem inclinação, ou a presença de caixas d'água na instalação, o que interfere na medição) e a manutenção do aparelho.
- Confiabilidade do sistema comercial: a confiabilidade está relacionada às atividades comerciais, como a leitura, o processamento das informações e de estimativa de consumo.

No Brasil, segundo Wolney Castilho Alves, a maioria absoluta dos medidores instalados junto aos consumidores é de medidores de turbina, do tipo monojato e multijato. São instrumentos hidro-mecânicos de medição com custo e precisão satisfatórios.

Submedição

Uma das mais freqüentes inconformidades quando se analisa qualidade na medição é a chamada submedição. Esse fenômeno ocorre quando o hidrômetro mede valores com indicações inferiores às reais ou está parado. A submedição além de interferir nos indicadores de perdas, causa uma redução significativa no faturamento das companhias, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, em função desta medição incorreta, parte da água que passa pelo hidrômetro não será contabilizada.

Diversas são as causas da submedição em hidrômetros. Dentre as principais, podem ser destacadas:

- Desgaste natural dos mecanismos internos: o hidrômetro como mecanismo dotado de componentes mecânicos, com o tempo e conseqüente uso, acaba por sofrer com o desgaste de seus componentes;
- Exposição a altas pressões: a ocorrência de pressões acima das normatizadas contribui para o desgaste prematuro dos componentes internos dos medidores e em casos mais extremos podem causar até a condenação do medidor devido a vazamento em seu corpo;
- Instalação inadequada dos medidores: os hidrômetros normalmente são instalados desprotegidos, mal posicionados e muitas das vezes fora da posição correta de instalação, isto é, inclinados;
- Dimensionamento incorreto: os hidrômetros submetidos à operação fora da sua faixa de trabalho podem apresentar menor sensibilidade na medição, tanto no caso de superdimensionamento, quando o medidor não é capaz de sensibilizar-se com as pequenas vazões, quanto no caso de subdimensionamento onde certamente ocorrerá desgaste prematuro do medidor;
- Incrustações: as diversas substâncias presentes na água tendem a incrustar dentro do

hidrômetro, no mecanismo móvel interno, prejudicando e alterando assim, seu bom funcionamento;

- Sólidos em suspensão: os hidrômetros podem apresentar problemas principalmente quanto aos sólidos em suspensão, que com o tempo acabam por diminuir a sensibilidade do medidor em regimes de baixas vazões ou mesmo por impedir o movimento de rotação da turbina. Outra ocorrência freqüente, quando há um reparo na rede pública de abastecimento, é à entrada de corpos estranhos na tubulação (terra, pedregulhos e folhas de vegetais) que entopem os filtros ou são retidos no próprio rotor, impedindo o seu funcionamento adequado ou mesmo comprometendo a alimentação do imóvel.

Posicionamento inclinado de hidrômetros

Experiências recentes de atuação em campo têm mostrado que a interferência no posicionamento do hidrômetro para apertar conexões do cavalete em caso de vazamento têm sido mais freqüentes do que se imagina. Isso nos remete a uma colocação já mencionada no presente trabalho, que é a ausência de conhecimento ou mesmo de uma preocupação verdadeira com a questão da preservação das condições metrológicas dos hidrômetros.

Os principais motivos que fazem com que ocorra o posicionamento inclinado de hidrômetros são:

- Atos de vandalismo;
- Ação direta dos leituristas;
- Tamanho insuficiente do abrigo;
- Falta de capacitação dos instaladores;
- Interferência no posicionamento do hidrômetro para apertar conexões do cavalete em caso de vazamento.



Figura 3: medidor com o posicionamento inclinado (BRUNELLI, J.J., 2005).

Perda devido à inclinação dos hidrômetros

Um dos fatores de grande importância para o bom desempenho metrológico do hidrômetro é a correta posição de instalação, pois trabalhando fora da condição para qual foi projetado a precisão é afetada e a sua durabilidade é comprometida. A posição usual de instalação é a em tubulação horizontal, adequadamente nivelado e com a relojoaria voltada para cima, mas, em função de aspectos construtivos e do desconhecimento ou despreparo dos instaladores, alguns hidrômetros podem ser instalados fora da posição tradicional perdendo sensivelmente sua precisão metrológica e ocasionando desgaste prematuro.

Apesar de comprovadamente prejudicial ao faturamento e a gestão operacional, o posicionamento inclinado de hidrômetros é uma triste realidade nas empresas de saneamento básico. Diversos são os motivos que fazem com que os hidrômetros sejam submetidos a esta condição, mas um deles destaca-se pela frequência: melhorar ou criar a condição para a realização da leitura devido ao mau posicionamento, do hidrômetro, na caixa de proteção e algumas vezes até por esta apresentar espaço insuficiente. O abrigo com tamanho insuficiente

dificulta o acesso à leitura chegando em alguns casos a torná-la impossível. Nestes casos, o próprio leitorista intervém sobre o hidrômetro e o reposiciona de maneira inclinada para que possa executar seu trabalho. O hidrômetro condicionado a esta situação, deixa de operar em condições adequadas, fazendo com que diversos componentes internos sofram desgaste, afetando assim sua sensibilidade e por conseqüência sua precisão metrológica aumentando significativamente a perda por submedição.

Objetivo do estudo

O Objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento da medição de água quando o hidrômetro é posicionado de maneira não horizontal, sem estar projetado para essa condição. Os resultados e as conclusões obtidas com o presente trabalho permitem uma análise da conseqüência negativa da falta preocupação com o problema fruto, dentre outras coisas, da falta de uma política de valorização da micromedição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes que fazem parte do estudo foram realizados no Laboratório de Medidores da Caenf – Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo Ltda. O laboratório é equipado com um Banco de Provas Volumétrico aprovado pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial / IPEM RJ – Instituto de Pesos e Medidas.



Figura 4: Banco de Provas Volumétrico da Caenf onde foram realizados os testes
(BRUNELLI, J.J., 2003).

Para a realização dos testes foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Hidrômetro velocimétrico multijato, de vazão nominal igual a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e diâmetro igual a $\frac{3}{4}''$;
- Medidor de ângulo (Goniômetro);

Para a execução dos testes foram selecionadas 10 (dez) amostras de hidrômetros (de um lote inspecionado em fábrica e de qualidade garantida). Inicialmente as amostras foram colocadas no banco de prova na posição correta de horizontalidade conforme especificado tecnicamente e foi determinado a curva de erros para cada um dos hidrômetros em 05 vazões distintas: 30 l/h, 75 l/h, 120 l/h, 750 l/h e 1.500 l/h. A curva de erros do medidor representa graficamente o seu comportamento metrológico diante de uma determinada vazão.

Determinação dos erros de medição

A determinação dos erros de indicação (medição) foi realizada de acordo com a

Portaria 246/2000 do INMETRO, com base na seguinte equação:

$$E = \frac{(L_f - L_i) - V_e}{V_e} \times 100$$

Onde:

E = Erro relativo em percentagem (%);

Li = Leitura inicial do hidrômetro;

Lf = Leitura final do hidrômetro;

Ve = Volume escoado, recolhido na medida de capacidade aferida.

Fazendo-se passar pelo hidrômetro volumes conhecidos de água sob diferentes valores de vazão.

Com os erros de indicação determinados, foram lançados os valores das vazões dos testes no eixo da abscissa e os erros respectivos percentuais no eixo da ordenada, obtendo assim a curva de erros.

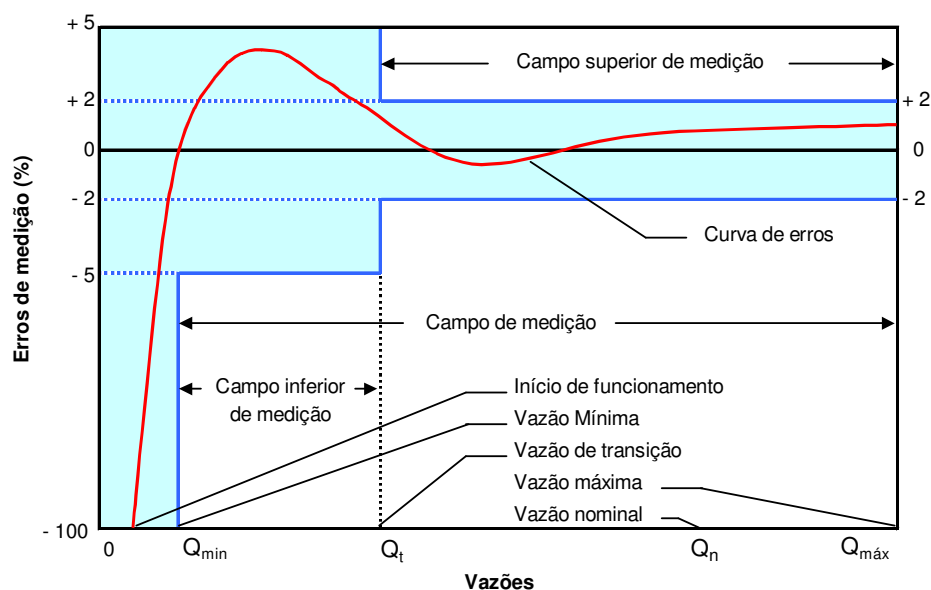


Figura 5: Curva de erros padrão para hidrômetros novos (Fonte: Portaria 246/2000
INMETRO)

Em uma segunda etapa cada uma das amostras foi colocada, com o auxílio do medidor de ângulo, numa condição específica de inclinação com o ângulo variando entre 0° e 90° na seguinte ordem: 1ª amostra – 0° , 2ª amostra – 15° , 3ª amostra – 30° , 4ª amostra – 45° , 5ª amostra – 55° , 6ª amostra – 65° , 7ª amostra – 75° , 8ª amostra – 80° , 9ª amostra – 85° e 10ª amostra – 90° . Nesta condição, foi determinada uma nova curva de erros para cada um dos hidrômetros nas mesmas vazões verificadas inicialmente.

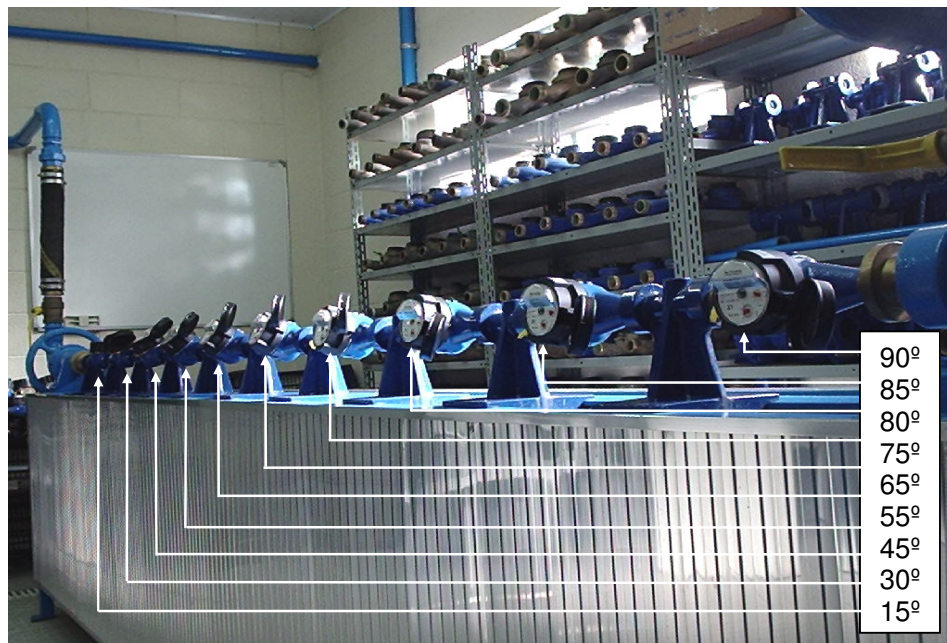


Figura 6: Hidrômetros colocados no banco de testes, inclinados na posição na qual foram testados.

De posse dos dados obtidos nos testes realizados nas duas condições, foi possível realizar comparações com o mesmo medidor nas duas condições de operação: horizontal e inclinado. Como cada uma das amostras foi submetida a uma inclinação específica, foi possível traçar o comportamento dos aparelhos quando submetidos não apenas a variação de vazão como também de inclinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo hidrômetro ainda na fase de projeto antes de iniciar a sua fabricação recebe uma portaria publicada no Diário Oficial aonde diz que ele cumpre com esse regulamento e o número dessa portaria é indicado no mostrador de cada medidor. Posteriormente, quando esse hidrômetro iniciar a sua fabricação 100% desses medidores são submetidos a uma calibração. Essa calibração é acompanhada pelo IPEM – Instituto de Pesos e Medidas e depois de verificado que os 100% desses medidores cumprem com o regulamento, o medidor recebe um lacre do INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, então a qualidade metrológica do hidrômetro está garantida.

Normalmente os erros de indicação dos hidrômetros são determinados em três vazões: vazão nominal, vazão de transição e vazão mínima. Para os medidores testados no estudo essas vazões são: nominal 1500 l/h, transição 120 l/h e mínima 30 l/h, mas, para uma melhor avaliação do assunto tratado os aparelhos também foram avaliados a 750 l/h e 75 l/h.

Tabela 1: Valores de erro de medição (%) – Teste Horizontal

Hidrômetro	Inclinação	Vazão de ensaio (l/h)				
		1500	750	120	75	30
1	0°	0,44	-0,05	0,87	1,65	2,75
2	0°	0,17	-0,31	1,75	2,97	2,70
3	0°	0,86	0,14	1,63	2,48	3,07
4	0°	0,19	-0,37	1,70	2,93	3,65
5	0°	-0,40	-1,03	0,35	1,70	2,47
6	0°	-0,02	-0,45	1,05	2,27	3,00
7	0°	0,19	-0,15	1,43	2,42	1,80
8	0°	-0,75	-1,13	0,65	1,85	2,50
9	0°	-0,80	-1,43	0,30	1,37	1,80
10	0°	-0,74	-1,16	-0,12	0,93	0,28

No momento em que um hidrômetro é posicionado de forma inclinada ele passa a não ter mais a mesma precisão metrológica para qual foi concebido. Isso faz com que aconteçam erros consideráveis de indicação no aparelho e acarreta submedição do volume de água que o

atravessa fazendo com que a empresa deixe de faturar um volume de água que foi devidamente consumido.

Tabela 2: Valores de erro de medição (%) – Teste Inclinado

Hidrômetro	Inclinação	Vazão de ensaio (l/h)				
		1500	750	120	75	30
1	0°	0,51	-0,02	0,83	1,52	2,52
2	15°	0,02	-0,34	1,58	2,50	0,83
3	30°	0,87	0,15	1,17	1,28	-2,87
4	45°	0,22	-0,31	0,62	0,27	-8,22
5	55°	-0,43	-1,02	-0,92	-1,62	-12,80
6	65°	-0,12	-0,42	-0,08	-0,72	-11,58
7	75°	0,27	-0,02	0,25	-1,25	-17,33
8	80°	-0,66	-1,04	-0,62	-1,57	-15,10
9	85°	-0,50	-1,23	-0,82	-1,95	-15,02
10	90°	-0,54	-0,98	-1,57	-3,50	-22,12

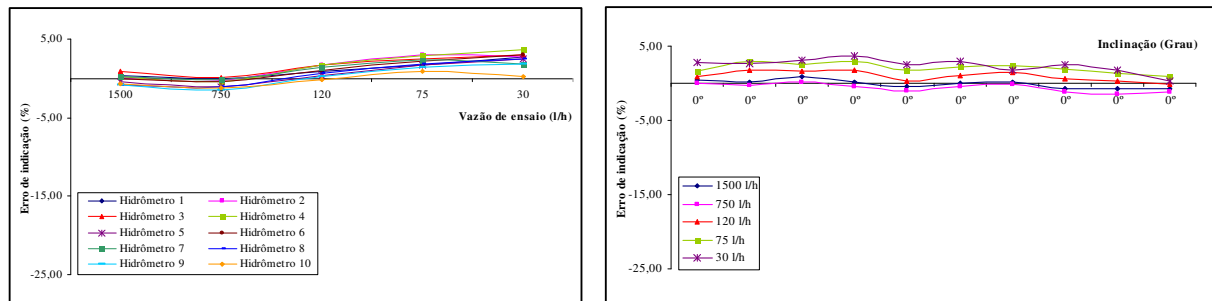
De posse dos valores de erros de cada um dos hidrômetros testados, foi possível compará-los e desta forma determinar o desvio entre eles. Este desvio mostra exatamente qual foi a perda de precisão metrológica sofrida pelo aparelho quando posicionados numa posição inclinada.

Tabela 3: Valores de erro de medição (%) – Desvio entre os testes horizontal e inclinado

Hidrômetro	Inclinação	Vazão de ensaio (l/h)				
		1500	750	120	75	30
1	0°	0,07	0,03	-0,04	-0,13	-0,23
2	15°	-0,15	-0,03	-0,17	-0,47	-3,53
3	30°	0,01	0,01	-0,46	-1,20	-5,94
4	45°	0,03	0,06	-1,08	-2,66	-11,87
5	55°	-0,03	0,01	-1,27	-3,32	-15,27
6	65°	-0,10	0,03	-1,13	-2,99	-14,58
7	75°	0,08	0,13	-1,18	-3,67	-19,13
8	80°	0,09	0,09	-1,27	-3,42	-17,60
9	85°	0,30	0,20	-1,12	-3,32	-16,82
10	90°	0,20	0,18	-1,45	-4,43	-22,40

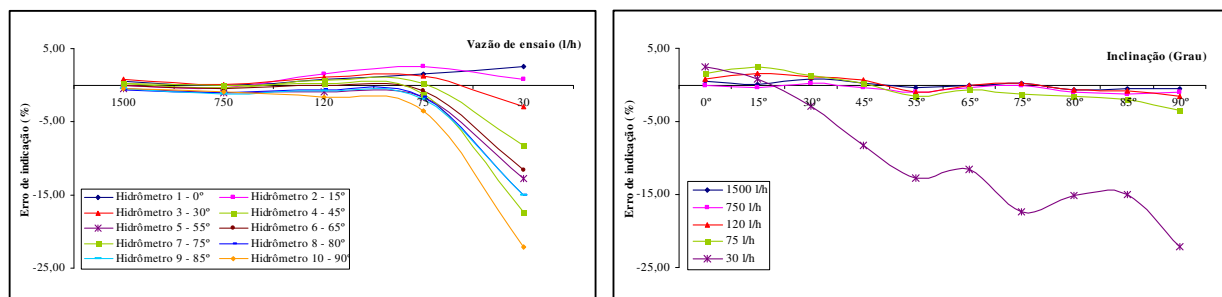
CONCLUSÕES

Na etapa inicial, quando os hidrômetros foram testados na condição horizontal, o desempenho dos aparelhos obedeceu exatamente o esperado e todas as amostras testadas mantiveram-se dentro dos padrões de metrologia. A condição de instalação dos hidrômetros é fundamental para um bom desempenho e, a exemplo das amostras testadas, medidores inspecionados normalmente apresentam desempenho satisfatório e uma curva de erros de indicação típica.



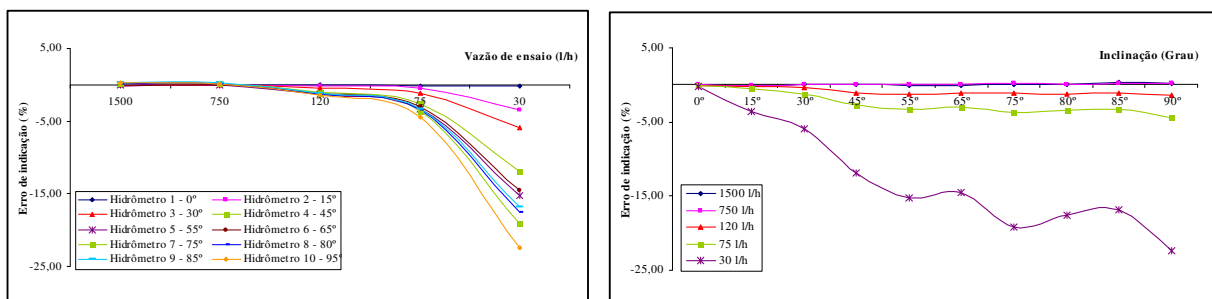
Figuras 7 e 8: Curvas de erro dos hidrômetros – Teste Horizontal

Na segunda etapa, onde os hidrômetros foram submetidos à operação na condição inclinada, o comportamento metrológico muda consideravelmente e passam a não mais apresentar um desempenho satisfatório quanto à curva de erros de indicação.



Figuras 9 e 10: Curvas de erro dos hidrômetros – Teste Inclinado

Quando se expressam graficamente os desvios determinados entre os erros de indicação dos hidrômetros testados, percebeu-se exatamente a perda de precisão metrológica sofrida pelos aparelhos posicionados em posição inclinada. O erro de indicação aumentou de forma diretamente proporcional ao grau de inclinação em que os hidrômetros foram posicionados. Porém, existe uma maior sensibilidade a variação de inclinação quando os medidores foram submetidos a vazões mais baixas. Para vazões elevadas não ocorreu desvio metrológico considerável, mesmo na inclinação máxima em 90°.



Figuras 11 e 12: Curvas de erro dos hidrômetros – Desvio entre os testes horizontal e inclinado

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consequência do posicionamento inclinado em hidrômetros é realmente considerável e, por isso, esse problema deve ser combatido ao máximo para que se consiga minimizar as perdas por submedição. Cabe ressaltar ainda, que além do posicionamento do hidrômetro, o desgaste atua diferenciadamente nesses aparelhos e depende também de outros aspectos como: material de fabricação dos componentes do medidor, projeto de cada modelo ou tipo, vazão de trabalho, volume registrado, características da água medida e outros. Para evitar que esses problemas aconteçam algumas medidas devem ser adotadas: treinamento dos instaladores, leituristas e todos os demais funcionários que realizem intervenções nos hidrômetros; padronização da instalação com utilização de caixas de proteção para reduzir a

ação de terceiros e implementar rotinas de atuação para que sejam realizadas manutenções preventivas e corretivas regularmente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Wolney Castilho, COSTA, Alberto J.M.P., GOMES, José Sanchez, NILDA, Osvaldo Ioshio. **Macromedição**. Versão preliminar, Brasília: SEPURB, 1999.
- SANTOS, Fernando Inácio, ZORZATTO, José Roberto, VAL, Luiz Augusto Araújo, STEFFEN, Jorge Luiz. **Avaliação do Desempenho de Hidrômetros em Sistemas de Abastecimento de Água**. 20º Congresso de Engenharia Sanitária Rio de Janeiro, 1999.
- SILVA, Ricardo Toledo, CONEJO, João Gilberto Lotufo, ALVES, Rodrigo Flecha Ferreira, MIRANDA, Ernani Círiaco. **Indicadores de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. Brasília: SEPURB, 1999.
- SATO, Marcelo Yuji. **Controle de Perdas de Água no Sistema Público de Distribuição de Água**. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da universidade de São Paulo, USP, 2000.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Visão Geral da Prestação dos Serviços de Água e Esgotos**. Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades, Brasília, 2005.
- PNCDA – Programa Nacional de Combate ao desperdício de Água – Documento Técnico de Apoio DTA D3 – **MICROMEDIÇÃO**. Versão preliminar, Brasília, 2004.
- LINUS, Antônio Rech. **Água Micromedição e Perdas**. São Paulo, 1999.
- CAVALCANTI, Adalberto Coelho. **Medição de Água, Política e Prática**. Pernambuco, 1996.