

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DA PERDA APARENTE DE ÁGUA EM ÁREAS URBANAS¹

CRISTINA MENDES SILVA²
VALTER LÚCIO DE PÁDUA³
JORGE MARTINS BORGES⁴

1 Introdução

No Brasil, agências reguladoras têm buscado estabelecer metas de desempenho para as concessionárias dos serviços de abastecimento de água, a fim de reduzir o desperdício de recursos naturais e alcançar melhor desempenho gerencial. Entretanto, esse é ainda um desafio para a maioria dessas concessionárias, nas quais se observam um forte impacto econômico e ambiental decorrente dos elevados índices de perda de água.

Estimativas realizadas pela GO Associados (2013), com dados do SNIS (2009) e de Rosito (2012), revelaram que, considerando um período de 17 anos (2009 até 2025) e um cenário base no qual houvesse redução de 38% das perdas de água, os ganhos brutos seriam de R\$29,93 bilhões. Supondo o reinvestimento da metade desse valor na implementação de programas de redução de perdas de água, o ganho líquido seria R\$14,97 bilhões, uma média de R\$ 880 milhões por ano – montante esse que representa cerca de 12% do que foi investido no setor de água e esgoto no Brasil no ano de 2011.

As perdas de água podem ser subdivididas em perdas reais, relacionadas a vazamentos de água, e em perdas aparentes, que se referem à água que chega ao consumidor, mas que não é contabilizada. Observa-se que embora os dois tipos de perdas de água mereçam ser investigados para melhorar o desempenho das prestadoras de serviços e possibilitar a racionalização do uso da água, as perdas aparentes normalmente têm recebido menos atenção nos trabalhos científicos do que as denominadas perdas reais. Entretanto, salienta-se que

1. Os autores agradecem ao CNPq e à Finep pelo financiamento de parte da pesquisa e ao SAAE de Itabira pelo apoio material e logístico para o desenvolvimento do trabalho.

2. Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), MBA em Gestão da Construção Civil pelo Centro Universitário UNA, e mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Atualmente exerce a função de engenheira analista na Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte (Urbel). E-mail: cristinamendes.silva@yahoo.com.br

3. Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mestrado e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. E-mail: valter@desa.ufmg.br

4. Possui graduação em Engenharia Mecânica e especialização em Saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Diretor técnico do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Itabira/MG. E-mail: jborges@saeitabira.com.br

maior ganho financeiro ter-se-ia em reduzir, na mesma quantidade, as perdas aparentes ao invés das perdas reais, tendo em vista que o valor da tarifa pago pelo consumidor é baseado no que é efetivamente contabilizado.

Neste contexto, o presente trabalho buscou quantificar e analisar as perdas de águas em um setor de um sistema público de abastecimento, avaliando uma forma de minimizar as perdas aparentes, combatendo uma de suas componentes: a submedição dos hidrômetros. Sob este aspecto, as variáveis analisadas em testes de bancada e em escala real foram, respectivamente, o tempo de uso e a classe metrológica dos aparelhos. Ainda, a fim de retratar o tema de forma mais ampla, incorporou-se à revisão bibliográfica a influência das caixas d'água com boia acoplada – comumente utilizada pelos clientes – no processo de submedição dos hidrômetros, e fez-se uma abordagem sobre a política tarifária, cuja estrutura pode interferir tanto no desempenho das concessionárias quanto no consumo dos usuários.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Perdas de água em sistema público de abastecimento

Conforme Ueda e Benouahi (2009), o *Tokyo Metropolitan Water Bureau* talvez seja uma das melhores concessionárias do mundo, que disponibilizando um serviço com 100% de cobertura para uma população de cerca de 12 milhões de habitantes, apresenta aproximadamente 5,8% de água não faturada. Contrastando com este cenário está a realidade brasileira, cujo “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2010” apontou valor médio do índice de perdas de faturamento de 35,9% (SNIS, 2012).

De acordo com o manual técnico intitulado “*Performance Indicators for Water Supply Services*” publicado pela *International Water Association* (IWA), as perdas de água são a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado (ALEGRE *et al.*, 2000), sendo subdivididas em:

- Perdas reais: perdas físicas de água do sistema em pressão, até o medidor do cliente, durante o período de referência; englobando o volume de perdas oriundo de todos os tipos de fissuras, rupturas e extravasamentos.
- Perdas aparentes: refere-se a todos os tipos de imprecisões associadas às medições de água produzida e da água consumida, e ainda ao consumo não autorizado (uso ilícito).

Cabe destacar que o índice de perdas de faturamento mencionado, assim como outros calculados pelo SNIS, representa uma composição de perdas reais e aparentes. No SNIS (2005, p.90), é relatado que “[...] no Brasil, com raras exceções, os prestadores de serviços não costumam separar as perdas de água nesses dois componentes”. Observa-se ainda que a maioria das pesquisas que vem sendo realizada na última década em países desenvolvidos está direcionada principalmente para a parcela das perdas reais de água (LAMBERT *et al.*, 1999; MCKENZIE e SEAGO 2005; FANNER *et al.*, 2007, *apud* MU-

TIKANGA *et al.*, 2011). Os autores GONÇALVES e ITONAGA (2007) atribuíram essa questão ao fato de não haver medição individualizada de água em alguns países, como na Inglaterra, por exemplo; sendo que, neste caso, o volume de água distribuído para um determinado setor é medido na sua entrada e rateado por sua população.

Mutikanga *et al.* (2011) relataram que ainda não há procedimentos e diretrizes definidas para avaliação das perdas aparentes e que, na ausência de dados adequados, países desenvolvidos usam valores *default* para o cálculo de perdas aparentes, que tendem a ser menores para sistemas bem gerenciados e podem não ser apropriados para países em desenvolvimento. Assertiva essa corroborada pela discrepância entre o relato da AWWA (2009, *apud* RICHARDS *et al.*, 2010), no qual consta que a perda de receitas atribuíveis a perdas aparentes de água pode representar de 0,5 a 5% do faturamento total da prestadora de serviço, e o resultado do estudo realizado por Mutikanga *et al.* (2011), cujas perdas aparentes de água por submedição corresponderam a $22 \pm 2\%$ da água faturada, sendo a perda aparente total equivalente a 37% da água faturada.

2.2 Política tarifária relativa ao serviço de abastecimento de água

Segundo Martins *et al.* (2011), o conhecimento da estrutura dos custos dos serviços públicos de água é essencial para identificar a presença ou ausência de incentivos para satisfazer a demanda de forma eficiente. Os autores relataram a determinação da *Water Framework Directive* (WFD), segundo a qual os estados membros da União Europeia devem recuperar todos os custos relativos ao fornecimento de água por meio das tarifas, sendo que, caso os custos de ineficiência (por exemplo, relacionados à perda de água) estejam incluídos, os usuários têm que pagar mais pelo serviço de água.

No Brasil, de acordo com a Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007), os titulares de serviços públicos de saneamento básico poderão prestar diretamente ou delegar esses serviços, sendo que, neste último caso, precisam definir um ente responsável pela sua regulação e fiscalização. Conforme consta no artigo 12 da referida Lei, cabe a essa entidade de regulação definir “os mecanismos de pagamento de diferenças relativas a inadimplemento dos usuários, perdas comerciais e físicas e outros créditos devidos, quando for o caso”.

Com relação à instituição das tarifas, preços públicos e taxas para serviços de saneamento básico, é importante mencionar ainda que a Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007) estabelece, entre outras diretrizes, a inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos. Ademais, prevê a adoção de subsídios para ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços.

Na esfera estadual, pode-se citar a Lei Estadual 18.309/2009 (ALMG, 2009) que criou, entre outras, a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Minas Gerais (ARSAE-MG) a fim de – na existência de um monopólio natural, no qual altos custos fixos inviabilizam haver mais de um prestador na mesma região – simular um ambiente competitivo e assim estimular a eficiência da prestação de serviço, bem como o compartilhamento dos ganhos de produtividade com os usuários.

Em âmbito municipal, menciona-se o caso da reestruturação tarifária da cidade de Itabira, na qual foi desenvolvida a parte prática dessa pesquisa. Essa cidade situa-se no

estado de Minas Gerais e é atendida por um Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), uma autarquia municipal criada pela lei nº 151 de 20 de maio de 1955 (ARSAE-MG,2010).

A estrutura tarifária do SAAE de Itabira foi alterada após uma revisão realizada pela ARSAE-MG, que buscou a definição de um nível tarifário que garantisse tanto o equilíbrio econômico-financeiro quanto a modicidade tarifária. Nesse novo modelo tarifário, que entrou em vigor em 15 de abril de 2012, o faturamento mínimo, que era de 15 m³ para a categoria residencial, foi substituído pelo faturamento com dois componentes: tarifa de disponibilidade (fixa) e tarifa por volume real (variável). Ademais, foi estabelecida uma tarifa social. Com relação a essa reestruturação tarifária, a ARSAE-MG elucidou:

Com as novas tarifas, cálculo do faturamento com dois componentes de tarifa – disponibilidade e consumo real – e o fim do consumo mínimo, os usuários com baixo consumo de água e os de baixa renda, cerca de metade das famílias, serão beneficiados com redução de suas contas. Já os usuários de maior consumo terão aumentos nas faturas, mas recebem incentivos para economia de água. (ARSAE-MG, 2012, p.2)

De fato, a eliminação do faturamento do consumo mínimo encerra consigo casos de clientes que embora consumissem um volume mensal muito baixo de água se viam obrigados a pagar pelos 15 m³ estipulados. Em contrapartida, aqueles clientes residenciais cujo consumo de água extrapolava 10 m³ mensais tiveram o valor da fatura elevada em 2012, após a reestruturação tarifária. Ressalta-se que essa alteração da forma de faturamento não teve nenhum efeito sobre a receita total do SAAE de Itabira, visto que se caracterizou como um sistema de subsídio cruzado, no qual usuários com maior capacidade de pagamento custeiam usuários carentes.

Deve-se destacar ainda que o faturamento de um consumo mínimo mascara o índice de perdas de faturamento, reduzindo-o, pois nesta situação a prestadora recebe do cliente por um volume que efetivamente não foi consumido. Assertiva essa endossada pelo trabalho de Almeida *et al.* (2007), no qual foi analisado o efeito da redução do volume mínimo tarifado na magnitude das perdas de faturamento do município de Belo Horizonte. Esta alteração tarifária foi implementada pela COPASA em março de 2006, sendo o volume mensal mínimo tarifado reduzido de 10 para 6 m³ por economia. Os autores verificaram que, após implementação do novo volume mínimo tarifado, houve elevação das perdas de faturamento em todos os distritos regionais de Belo Horizonte, variando de 12 a 30%. Efeito semelhante pode-se esperar para o SAAE de Itabira devido à reestruturação tarifária e sua respectiva consequência para a parcela de pequenos consumidores outrora afetada pelo faturamento mínimo.

Com relação ao desperdício de recursos, a ARSAE-MG (2012) detectou, entre outras questões, a de que o SAAE de Itabira possui altas perdas técnicas, significando que parte dos custos referentes ao bombeamento de água e a produtos químicos para o tratamento poderia deixar de ser despendida. Logo, na revisão tarifária, nos itens de custos com energia elétrica e materiais de tratamento, foi aplicado um Redutor de Perdas (Rp), sendo que tais custos não foram inteiramente admitidos. Enfatizou-se ainda que, no que

diz respeito às perdas não-técnicas (definidas pela ARSAE-MG como perdas referentes à micromedição menor que o volume consumido pelos usuários), embora sua redução não gere diminuição de custos, possibilita redução de tarifas pela ampliação do volume faturado. Por fim, a Agência advertiu que o prestador deve “adotar medidas rígidas de controle de perdas (técnicas e não-técnicas) para não incorrer em custos maiores que os reconhecidos”.

Em suma, a reestruturação tarifária do SAAE de Itabira apresenta dois aspectos relevantes: (i) o faturamento se tornou mais condizente com o consumo do cliente, induzindo-o a consumir menos, ou seja, colaborando para a inibição do consumo supérfluo, como estabelecido pela Lei Federal 11.445/2007; e (ii) ao não incorporar totalmente os custos referentes à ineficiência da prestadora na tarifa dos clientes, ao contrário do imposto pela *Water Framework Directive* (WFD) na Europa, e estipular metas progressivas para melhoria dos serviços, além de propiciar a redução do desperdício de recursos e melhor atendimento ao cliente, essa ação pode resultar, caso necessário, na possibilidade de expansão do serviço, sem necessidade de elevação da tarifa e/ou aumento de vazão do sistema produtor.

2.3 Fatores intervenientes nas perdas aparentes de água por submedição

As perdas aparentes de água, conforme já mencionado, estão relacionadas ao consumo não autorizado e às falhas na medição, que podem ocorrer devido a vários fatores como erros na leitura do medidor, fraudes nos hidrômetros, *by pass*, ligações clandestinas na rede, submedição dos hidrômetros e erros na manipulação de dados.

Dentre os diversos fatores que influenciam as perdas aparentes de água por submedição, devido à relevância de alguns deles, conforme literatura consultada, e sua relação com o tema da presente pesquisa, optou-se por abordar de forma mais detalhada três, a saber: a classe metrológica, o tempo de uso dos hidrômetros e a utilização de caixa d'água com boia acoplada.

2.3.1 Classe metrológica dos hidrômetros

Segundo o INMETRO (2000), as vazões utilizadas para a caracterização dos hidrômetros são assim definidas:

- Vazão máxima (Q_{max}): maior vazão, expressa em m^3/h , na qual o hidrômetro é exigido a funcionar por um curto período de tempo, dentro dos seus erros máximos admissíveis, mantendo seu desempenho metrológico quando posteriormente for empregado dentro de suas condições de uso;
- Vazão nominal (Q_n): maior vazão nas condições de utilização, expressa em m^3/h , nas quais o medidor é exigido para funcionar de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis;
- Vazão de transição (Q_t): vazão, em escoamento uniforme, que define a separação dos campos de medição inferior e superior;

- Vazão mínima (Q_{min}): menor vazão na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis;
- Início do movimento: vazão a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicação de volume, sem submissão aos erros máximos admissíveis.

Partindo desses conceitos, observa-se que caso a água passe pelo hidrômetro em uma vazão inferior à vazão de início de movimento nenhum volume é registrado pelo aparelho, e se essa vazão se enquadrar numa faixa entre a vazão de início de movimento e a vazão mínima, embora o hidrômetro registre um determinado volume, esse pode se distinguir do volume que de fato escoou pelo aparelho, extrapolando inclusive os erros de medição admissíveis para as demais faixas de vazão.

As vazões mínimas e de transição dos hidrômetros variam conforme a classe metrológica e a vazão nominal dos mesmos. Considerando-se hidrômetros para água fria de vazão nominal até 15 m³/h, os de classe C, por exemplo, cuja vazão mínima corresponde a 1% da vazão nominal, são mais sensíveis a baixas vazões do que os de classe B, para o qual a vazão mínima equivale a 2% da vazão nominal. Logo, tem-se que um percentual elevado de perdas aparentes de água por submedição de hidrômetro em determinada ligação pode indicar inadequação da classe metrológica do aparelho instalado ao perfil de consumo do cliente. Coelho (2009) destacou a necessidade de se incentivar pesquisas que permitam determinar as características de consumo típicas de cada região e a partir disso fazer um dimensionamento adequado, de forma que os campos de medição dos hidrômetros coincidam o máximo possível com suas vazões de trabalho.

Observa-se que ao se abrir mão de dados relacionados ao perfil de consumo do cliente e buscar, como uma “medida de segurança”, um hidrômetro com capacidade para indicar vazões muito elevadas, pode-se estar negligenciando pequenas vazões e propiciando a ocorrência de submedição. Ao mesmo tempo, se a vazão local superar a vazão máxima do medidor, o aparelho pode sofrer rupturas internas ou se desgastar, prejudicando a precisão da medição (ARREGUI, *et al.*, 2005, *apud* MALHEIRO, 2011; GONÇALVES e ITONAGA, 2007; PNCDA, 2003a). Deve-se ainda, conforme corroborado pelo PNCDA (2003a), levar em consideração que a escolha, por exemplo, de um hidrômetro de classe metrológica C, mais sensível a baixas vazões, torna a instalação mais dispendiosa. Assim, é necessário verificar se os volumes medidos em vazões mais baixas são suficientes para fazer dessa uma opção rentável; o que variará obviamente de acordo com os perfis de consumo dos clientes.

Nesse aspecto, Miranda (2005) recomendou o desenvolvimento de estudos para a determinação da submedição de hidrômetros na vazão mínima, em diversas situações típicas, e Depexe e Gasparini (2012) a verificação da viabilidade de substituição dos hidrômetros de classe metrológica B por hidrômetros classe C, principalmente para as ligações com maior consumo médio.

Borges (2007) comparou a micromedição entre essas duas classes de hidrômetros, em um estudo realizado em 25 domicílios de Uberlândia. O autor verificou que, em média, os equipamentos de classe C registram um volume 13,56% superior ao medido pelos aparelhos de classe B. Resultado próximo a esse foi encontrado em um experimento realizado sob a supervisão técnica do Liceu de Artes e Ofício de São Paulo, no qual os

hidrômetros classe C do tipo úmido mediram 12% a mais de volume do que os de classe B do tipo seco (PNCDA, 2003b). Neste estudo, concluiu-se que a diferença de preço entre os hidrômetros de classe C e classe B seria paga em aproximadamente cinco meses.

2.3.2 Tempo de uso dos hidrômetros

Após seleção e devida instalação, um fator que pode interferir na precisão de um hidrômetro é o tempo de uso. No estudo realizado por Depexe e Gasparini (2012), com dados de um parque de hidrômetros com mais de 1 milhão de ligações, foi observada taxa de redução do volume micromedido médio de aproximadamente 1,0% ao ano. Os autores mencionaram que Arregui *et al.* (2010) consideraram usuais taxas de redução de eficiência entre 0,1% e 0,9%, faixa de valores inferiores, mas muito próximos ao obtido pelos mesmos.

Em vertente semelhante, Criminisi *et al.* (2009) desenvolveram um estudo envolvendo 180 hidrômetros que possuíam entre 0 e 45 anos de uso. Neste experimento, verificaram que os hidrômetros com menos de 5 anos apresentaram submedição de 2,6%, enquanto os que tinham entre 40 e 45 anos de uso tiveram submedição de 83,6%. Outro ponto relevante nessa pesquisa foi o de que para os ensaios na vazão de 120 L/h, os hidrômetros mais novos (com menos de 20 anos de uso) apresentaram erros positivos, ou seja, registraram um volume maior do que de fato os atravessou.

Vale observar que a redução na precisão dos aparelhos ao longo do tempo de uso é de certa forma admitida pela Portaria nº. 246 do INMETRO (2000), visto que a mesma define, nos ensaios de determinação dos erros de indicação, valores de erros máximos admissíveis mais rigorosos para o teste de hidrômetros ainda não comercializados do que para verificações periódicas e eventuais de hidrômetros em uso.

Ademais, a necessidade das concessionárias avaliarem, em condições reais, as perdas por submedição foi enfatizada por Coelho (2009) que destacou o fato de, atualmente, existir pouca informação sobre a performance dos hidrômetros instalados ao longo do tempo e sobre os diversos fatores que afetam a exatidão desses aparelhos.

2.3.3 Uso de caixa d'água com boia acoplada

Os erros de medição dos hidrômetros são amplificados em locais onde os consumidores utilizam caixa d'água (CRIMINISI *et al.*, 2009). De acordo com Miranda (2005), esse é o motivo pelo qual a submedição da vazão mínima é muito expressiva no Brasil. Isso ocorre porque, mesmo que o cliente utilize a água em uma vazão superior à vazão mínima do hidrômetro, caso haja uma caixa d'água com boia acoplada entre o ponto de consumo e o hidrômetro, a vazão será amortizada. Dessa forma, tal vazão pode vir a ser inferior à vazão de início de movimento, na qual o hidrômetro é incapaz de registrar o volume, ou se enquadrar na faixa entre a vazão mínima e a de início de movimento, para a qual não é estabelecido por norma limites para erro de medição, podendo, assim, haver erros significativos. Ou seja, nesses casos pode ocorrer a submedição e, conseqüentemente, o aumento das perdas aparentes de água.

No trabalho de Mutikanga *et al.* (2011), abordando dados de 90 consumidores, foi detectada submedição de 25% nos hidrômetros das residências que possuíam caixa d'água e de 7% nas que recebiam o fornecimento direto. De acordo com os autores, a maioria dos hidrômetros domésticos (> 5 anos) foi incapaz de registrar fluxos abaixo de 100 L/h. Em contrapartida, a proporção do volume de água que atravessou os hidrômetros em fluxos menores que 100 L/h foi de cerca de 40% para as residências que possuíam caixa d'água (82% dos consumidores) e inferior a 3% para residências com abastecimento direto (18% dos consumidores).

Criminisi *et al.* (2009) desenvolveram uma pesquisa na qual foram instalados hidrômetros a montante e a jusante de reservatórios visando averiguar a diferença de medição entre eles em situações distintas de abastecimento. Os resultados desse estudo demonstraram uma perda de 49% na residência cujo abastecimento era constante e de 8% na casa que era abastecida de forma intermitente, com um período de serviço de cerca de 16 h/dia. Para outras duas residências que tinham o abastecimento realizado somente durante o período noturno, de acordo com os autores, as perdas aparentes devido à utilização de boias foram desprezíveis. Criminisi *et al.* (2009) concluíram sua análise enfatizando que quando o reservatório está quase cheio os erros de medição são amplificados devido às baixas vazões afluentes. Explicitaram ainda que se o reservatório for cheio e esvaziado periodicamente, os erros de medição podem ser menores porque o reabastecimento geralmente requer fluxos muito mais elevados do que aqueles típicos do uso da água no interior dos domicílios.

Apesar do uso de caixas d'água com boia acoplada elevar as perdas aparentes de água no sistema, de acordo com Miranda e Koide (2003), esse fato, por si só, não é suficiente para que se proponha a não utilização de caixas d'água domiciliares no Brasil. Esses autores mencionam que além da existência de grande quantidade de sistemas com intermitência no país, há ainda implicações de ordem econômico-financeira em relação à rede de distribuição, uma vez que o uso de caixas d'água evita a adoção de coeficiente de reforço no dimensionamento das canalizações, implicando na redução dos diâmetros. Assim sendo, Hovany (2012) e Criminisi *et al.* (2009) sugeriram, como forma de minimização do problema da submedição, a adoção de válvulas de impulso em vez de boias convencionais. Embora promissor, de acordo com Pereira e Ilha (2008), o uso de boias de alta vazão tem como principal obstáculo o fato de depender de ações do usuário final para sua devida instalação.

Exposta a magnitude das perdas de água e fatores intervenientes, principalmente no que tange à parcela de perdas aparentes, o presente trabalho buscou analisar especificamente, dentre as variáveis abordadas, a influência das duas mais passíveis de intervenção por parte da concessionária, quais sejam: a classe metrológica e o tempo de uso dos hidrômetros.

3 Objetivos

- Avaliar a interferência da substituição de hidrômetros usados de classe metrológica B por hidrômetros novos de classe metrológica C nas perdas de água em

um setor de abastecimento de Itabira-MG;

- Verificar a viabilidade econômica da substituição de hidrômetros de classe metrológica B por hidrômetros de classe metrológica C; e
- Analisar a influência do tempo de uso na precisão de hidrômetros de classe metrológica B.

4 Material e métodos

A metodologia foi constituída por três etapas, sendo que cada uma visou atender a um dos objetivos mencionados, conforme descrição a seguir.

4.1 Etapa 1

Esta etapa do trabalho foi realizada em escala real, em um setor do abastecimento de água da cidade de Itabira/MG, constituído por um condomínio predominantemente residencial, abastecido continuamente.

Nesse condomínio havia 83 ligações ativas de água, providas de hidrômetros em funcionamento regular. Dessas ligações, 73 eram de edificações residenciais, 5 de edificações comerciais e as outras 5 estavam sob responsabilidade do condomínio e correspondiam a consumos como os referentes à guarita e à irrigação de áreas verdes comuns. Os hidrômetros do condomínio eram da classe metrológica B, velocimétricos, do tipo seco, com transmissão magnética. Salvo um único aparelho unijato e de Q_n igual a $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$, os demais eram multijatos e possuíam Q_n de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Como o volume de saída de água do condomínio já estava sendo contabilizado pelos hidrômetros, o primeiro passo dessa pesquisa consistiu na instalação de um macromedidor eletromagnético para contabilizar o volume de água afluente ao condomínio. Feito isso, iniciaram-se as leituras diárias, de segunda a sexta-feira, tanto do macromedidor, quanto dos 83 hidrômetros do condomínio.

Ao final de 25 dias de leitura, todos os hidrômetros do condomínio foram substituídos por hidrômetros novos de classe metrológica C, mais sensíveis a baixas vazões. Contudo, foram mantidas inalteradas as demais características entre os aparelhos. Esses hidrômetros classe C foram monitorados de forma a totalizar mais 25 dias de leitura. As perdas totais de água foram calculadas, para cada dois dias sequenciais de leitura, pela diferença entre o volume macromedido e o somatório dos volumes registrados nos hidrômetros.

A fim de melhor embasar a interpretação dos resultados dos percentuais de perdas totais de água do condomínio, foi aplicado um questionário aos condôminos, no qual os mesmos foram interrogados a respeito do tipo de abastecimento de água de suas residências, a ser definido como direto, indireto ou misto.

Para verificar se a substituição dos hidrômetros usados de classe B por hidrômetros novos de classe C alterou significativamente os valores das perdas de água obtidos no condomínio, foi realizado no software *Statistica* o teste *T de Student a um nível de significância de 1%*, sendo formuladas as seguintes hipóteses:

- H_0 : as perdas de água com a micromedição realizada por hidrômetros de classes metrológicas B e C são iguais;
- H_a : as perdas de água são diferentes.

4.2 Etapa 2

A viabilidade econômica da substituição de hidrômetros de classe B pelos de classe C foi avaliada utilizando o método do *payback descontado*, que é um dos métodos apresentados por Laponi (2006) para avaliação de projetos de investimento. Tal método consiste no cálculo do tempo necessário para recuperar o capital investido e remunerado com a taxa requerida k (PBD) e sua comparação com o tempo máximo tolerado (TMT), sendo que:

- $PBD < TMT$, o projeto deve ser aceito;
- $PBD > TMT$, o projeto não deve ser aceito.

Utilizando informações repassadas pela equipe do SAAE de Itabira, computou-se como capital investido um montante de R\$ 4.980,00, relativo à diferença entre o valor de aquisição dos hidrômetros classe C em relação aos de classe B. Considerou-se o TMT igual a 5 anos, correspondendo ao período máximo admissível pelo INMETRO (2000) para verificação dos hidrômetros e ao indicado pelo *Water Utilities Performance-Based Contracting Manual in Brasil* (GO ASSOCIADOS, 2013) como tempo de vida útil desses aparelhos. Foi utilizada a tarifa que mais se enquadrava ao perfil médio de consumo do condomínio, cujo valor é de R\$ 3,419/m³, conforme reajuste ocorrido no SAAE em 2013. Por fim, adotou-se a taxa Selic igual a 0,81%, relativa ao mês de outubro de 2013, de acordo com a recomendação do setor financeiro do SAAE.

4.3 Etapa 3

Os 83 hidrômetros de classe B haviam sido instalados no condomínio entre os anos de 2001 e 2013. Portanto, ao serem retirados em 2013, para a devida substituição, possuíam diferentes tempos de uso. A fim de avaliar a interferência dessa variável na precisão dos aparelhos, foram realizados testes de bancada em 12 dos 83 hidrômetros. Os aparelhos selecionados foram enviados a um laboratório acreditado pelo INMETRO, onde foram submetidos ao ensaio denominado “Determinação dos Erros – Curva de Erros”, estabelecido pela Portaria n.º.246 do INMETRO (2000).

De posse desses resultados, para cada uma das faixas de vazão testadas, foi verificado se havia correlação entre o tempo de uso e os erros de indicação dos hidrômetros, por meio do teste *Spearman R*, realizado no software *Statistica* a um nível de significância de 5%. Para isso, elaborou-se as seguintes hipóteses:

- H_0 : não existe correlação entre o tempo de uso e o erro de indicação dos hidrômetros ($r_s = 0$);
- H_a : existe correlação.

5 Resultados

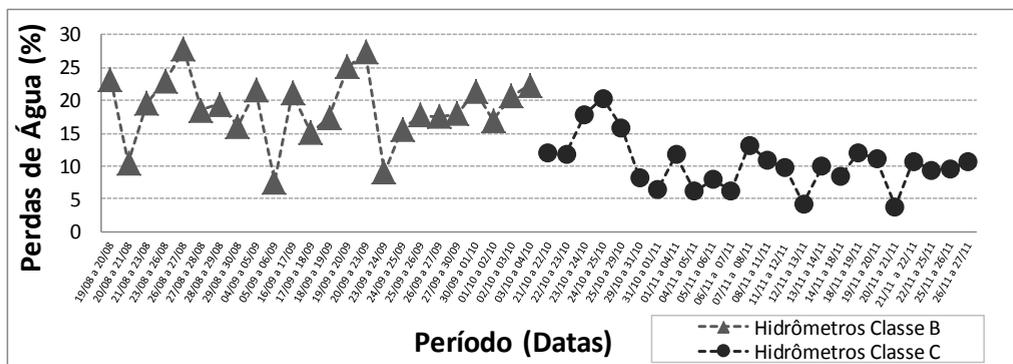
5.1 Etapa 1

O questionário referente ao tipo de abastecimento das 83 ligações de água do condomínio foi respondido por 77,1% dos condôminos. O resultado demonstrou um percentual de 72,3% de abastecimento do tipo misto, nenhum abastecimento indireto e 4,8% de abastecimento direto, sendo esse valor correspondente a 4 das 5 ligações que estavam sob responsabilidade do condomínio.

Portanto, na área de estudo preponderou o tipo de abastecimento misto. Pontua-se que embora a utilização de pontos de alimentação direta em um abastecimento do tipo misto possa representar parte expressiva do volume de água consumido – normalmente, tais pontos situam-se em áreas externas e destinam-se a lavagem de varandas, carros, irrigação de jardim, etc. –, esses usos tendem a ocorrer em vazões mais elevadas, menos propícias à submedição nos hidrômetros. Por outro lado, os demais pontos, possivelmente internos às edificações, provavelmente correspondem a consumos em vazões menores e são alimentados pelas caixas d'água que, associadas ao abastecimento contínuo, favorecem a submedição nos hidrômetros.

Com relação às perdas totais de água do condomínio, os percentuais mensurados pelos hidrômetros de classes metrológicas B e C, ao longo do período de monitoramento, estão retratados na Figura 1.

Figura1: Perdas de água contabilizadas no condomínio antes e após a substituição dos hidrômetros de classe metrológica B pelos de classe C.



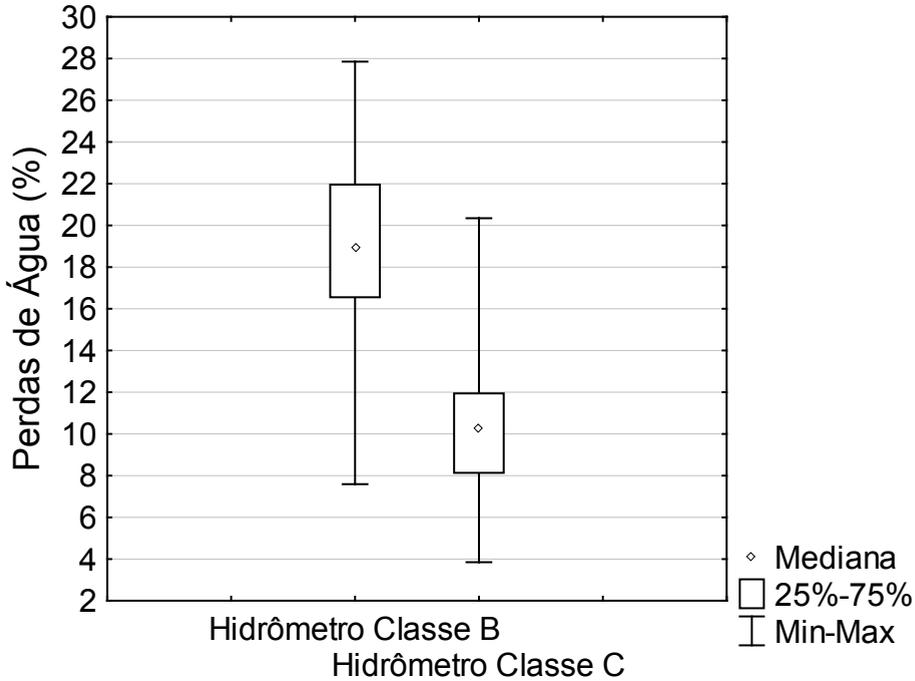
Fonte: Elaboração Própria, 2014.

As médias das perdas de água do condomínio foram de 18,9% e 10,4% quando da micromedição com hidrômetros de classe metrológica B e C, respectivamente. Ou seja, neste estudo de caso, o ato de substituir tais aparelhos resultou na redução de 45% das perdas de água (redução da submedição, parcela componente das perdas de água).

Na Figura 2 na qual estão demonstradas as medianas e os valores mínimos, máximos e do primeiro e terceiro quartis dessas perdas de água, nota-se que mais de 75% dos

dados de perdas de água dos hidrômetros de classe C são inferiores ao valor do primeiro quartil dos dados dos hidrômetros de classe B, evidenciando a redução das perdas após a troca dos aparelhos.

Figura 2: Box-whisker das perdas de água no condomínio com a micromedição realizada por hidrômetros de classes metrológicas B e C



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Após a verificação da normalidade dos dados com aplicação do teste *Shapiro Wilk W*, foi comprovado pelo teste *T de Student*, a um nível de significância de 1%, que a substituição dos hidrômetros usados de classe B pelos novos de classe C reduziu significativamente as perdas de água do condomínio; sendo a hipótese de igualdade H_0 rejeitada.

5.2 Etapa 2

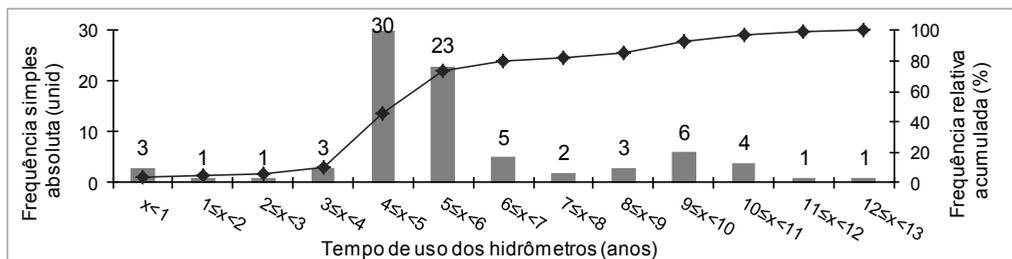
Como com a micromedição realizada com hidrômetros de classe B foi registrada perda de água de 18,9% com relação ao volume macromedido e após a substituição desses aparelhos pelos de classe C o valor da perda foi reduzido para 10,4%, essa ação de substituição dos hidrômetros acarretou a medição de 8,5% a mais do volume consumido, ou seja, considerando o consumo mensal do condomínio de 3.128,30 m³, esse percentual corresponde a 265,91 m³ de água sendo medidos mensalmente a mais no local pelos hidrômetros classe C.

O tempo necessário para recuperar o capital investido e remunerado (PBD) obtido foi de 5,6 meses, valor menor que o tempo máximo tolerado (TMT) de 5 anos, indicando que neste estudo de caso o projeto de investimento se apresentou economicamente viável.

5.3 Etapa 3

Os hidrômetros classe B retirados do condomínio possuíam diferentes tempos de uso (x), conforme representado nos histogramas de frequências simples absoluta e relativa acumulada da Figura 3.

Figura 3: Distribuição dos valores dos tempos de uso dos 83 hidrômetros de classe B do setor de abastecimento de água em estudo



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

De cada intervalo de classe demonstrado na Figura 3, selecionou-se um hidrômetro, a partir de um ano de uso, salvo no intervalo de $5 \leq x < 6$, no qual foram selecionados 2 aparelhos, e no intervalo de $10 \leq x < 11$, que não teve nenhum aparelho selecionado. Totalizaram 12 hidrômetros, sendo esses submetidos ao teste de determinação da curva de erros, cujos resultados estão listados na Tabela 1.

Em todos os 12 hidrômetros testados, os erros de indicação encontrados nas vazões de 123 e 1473 L/h, correspondentes às faixas de Q_t e Q_n , respectivamente, foram inferiores ao percentual de $\pm 5\%$, estabelecido pelo INMETRO (2000) como erro máximo admissível para aprovação dos hidrômetros. Entretanto, para a vazão de 31 L/h, referente à faixa da Q_{min} , dentre os 12 hidrômetros testados, 8 foram reprovados no teste por apresentarem erros de indicação superiores ao erro máximo admissível de $\pm 10\%$ estabelecido para essa faixa de vazão.

Vale destacar que dos 36 resultados obtidos, 9 erros de indicação foram positivos, ou seja, os hidrômetros mediram um volume maior do que o que de fato os atravessou, caso no qual o consumidor é prejudicado, pois o leva a fazer o pagamento por um volume de água não consumido.

Com relação ao tempo de uso, os resultados foram mais discrepantes, sendo, por exemplo, o hidrômetro de 9,2 anos de uso aprovado nos testes, com um erro de indicação de $-3,98\%$ na vazão de 31L/h e o hidrômetro com 3 anos de uso, para a mesma vazão, reprovado com erro de indicação de $-10,95\%$. A fim de verificar a existência de correlação entre o tempo de uso e o erro de indicação dos hidrômetros, foram realizados testes

Tabela 1: Erros de indicação dos 12 hidrômetros classe B selecionados dentre os 83 do condomínio.

Hidrômetro	Tempo de uso (anos)*	Erros de Indicação (%)		
		31 L/h	123 L/h	1473 L/h
Y10N595504**	1,2	-14,85	-3,78	-3,26
A10L216224	2,7	-0,30	1,53	1,61
A08N301725	3,0	-10,95	-0,36	-0,96
A08N577629	4,2	-15,92	-0,85	-2,35
A08N301726	5,0	-21,89	-1,35	-1,75
A08N301719	5,0	-24,88	-2,34	-1,06
A07N382926	6,0	-28,34	-2,84	-1,35
A04S225739	7,2	1,01	1,95	0,37
A04N021561	8,5	-6,97	0,64	-0,96
A04S225970	9,2	-3,98	-1,84	-1,15
A02L248810	11,0	-32,84	2,62	0,54
A01N388741	12,7	-36,81	-0,36	2,13
Média		-16,39	-0,58	-0,68
Desvio Padrão		12,68	1,98	1,58

*Devido às distintas datas de instalação, há hidrômetros com mesmo ano de fabricação que apresentam diferentes tempo de uso.

** Enquanto os demais aparelhos têm Q_n de 1,5 m³/h, o hidrômetro com 1 ano de uso possui Q_n igual a 0,75 m³/h, sendo as vazões de testes do mesmo diferentes das listadas acima, a saber: 15, 62 e 740 L/h.

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Spearman R, a um nível de significância de 5%, para os resultados dos ensaios de bancada, em cada uma das três vazões testadas. De acordo com os testes, não existe evidência de correlação entre o erro de indicação e o tempo de uso dos hidrômetros em nenhuma das três vazões. A hipótese nula H_0 não foi rejeitada. Observa-se, contudo, que pode existir correlação e o pequeno número de amostras não ter permitido evidenciar tal associação. Ademais, como os hidrômetros testados não eram todos do mesmo fabricante, isso pode ter gerado implicações no sentido de poder haver aparelhos com maior ou menor qualidade.

6 Discussão

De acordo com a ARSAE-MG (2012), a perda total de água do SAAE de Itabira (calculada pela relação entre o volume de água produzido e o volume micromedido) no ano de 2010 foi 38,3%. Sendo que, no condomínio em estudo foram detectadas perdas médias de água de 18,9%, quando a micromedição estava sendo realizada pelos hidrômetros classe B, e 10,4% para micromedição com hidrômetros de classe C.

Supõe-se que o menor percentual de perdas de água no condomínio se deve ao fato de que no sistema compreendido entre o macromedidor instalado e os 83 hidrô-

metros provavelmente não há perdas referentes a fraudes nos hidrômetros e a ligações clandestinas, e caso tenham ocorrido perdas devido a erros de leituras e vazamentos, essas se deram em menor magnitude do que as que possivelmente ocorrem entre a ETA e os domicílios da cidade de Itabira.

Os hidrômetros novos de classe C registraram 8,5% a mais do volume consumido do que os hidrômetros usados de classe B, valor esse inferior aos 12% contabilizados no estudo do SEMASA (PNCDA, 2003b) e aos 13,56% mencionados por Borges (2007). Entretanto, ainda assim, foi comprovada a viabilidade econômica da substituição dos hidrômetros.

A diferença entre o percentual registrado a mais pelos hidrômetros classe C nesta pesquisa e os percentuais obtidos nos outros dois trabalhos referenciados pode ter ocorrido por diversos fatores, como diferenças entre a qualidade da água (possível depósito de partículas contidas na água nas engrenagens submersas de hidrômetro tipo úmido, por exemplo), os perfis de consumo, os tipos e o tempo de uso dos hidrômetros.

Embora, a partir dos resultados da presente pesquisa, não tenha sido detectada evidência de correlação entre o erro de indicação e o tempo de uso dos hidrômetros, reforça-se a possível interferência desse fator na redução das perdas de água no condomínio. Essa assertiva se deve ao fato de que ao substituir os hidrômetros do condomínio por outros de classe metrológica mais sensível a baixas vazões, houve a retirada de um parque de hidrômetros, no qual 54% dos aparelhos tinham 5 ou mais anos de uso, e a instalação de hidrômetros novos, que tendem a ser mais precisos; conforme verificado na literatura. No trabalho de Depexe e Gasparini (2012), por exemplo, observou-se uma taxa de redução do volume micromedido médio de aproximadamente 1,0% ao ano. Aplicando essa taxa aos hidrômetros classe B do condomínio, tem-se que 5,2% do volume não micromedido deve-se à perda de precisão dos aparelhos devido ao tempo de uso.

Por fim, acredita-se que grande parte dos 10,4% de perda de água que ainda havia no condomínio, após a substituição dos hidrômetros, seja devido ao tipo de abastecimento dos domicílios que é, de acordo com o questionário aplicado, predominante misto, ou seja, além de ponto(s) com alimentação direta, as residências possuem caixa(s) d'água com boia(s) acoplada. Estudos mencionados, como o de Mutikanga *et al.* (2011), no qual a submedição dos hidrômetros instalados em residências que possuíam caixa d'água foi de 25% e os de abastecimento direto de apenas 7%, corroboram essa hipótese. Outra questão a ser enfatizada é a de que no condomínio em estudo o abastecimento é constante, o que eleva a submedição ocasionada pelo uso de boias, conforme abordado no estudo de Criminisi *et al.* (2009).

7 Conclusão

Para este estudo de caso, é possível tecer as seguintes conclusões:

- As médias das perdas de água mensuradas no condomínio, 18,9% e 10,4%, foram inferiores aos citados 38,3% da cidade de Itabira.

- Os hidrômetros novos classe C mostraram-se mais precisos que os hidrômetros usados classe B, visto que foi comprovado que a substituição dos aparelhos classe B pelos de classe C reduziu significativamente as perdas de água do condomínio, a um nível de significância de 1%.
- A ação de substituição dos hidrômetros efetivamente minorou as perdas aparentes do condomínio, pois resultou na redução relativa de 45% das perdas totais de água do mesmo, que passou de 18,9 para 10,4%.
- O empreendimento de substituição dos hidrômetros se apresentou economicamente viável uma vez que o tempo de 5,6 meses necessário para recuperar o investimento realizado mostrou-se inferior ao tempo máximo tolerado.
- A partir dos dados analisados, não foi possível detectar evidência de correlação entre o erro de indicação e o tempo de uso dos hidrômetros, a um nível de significância de 5%.

Recomenda-se que sejam realizados estudos avaliando a influência da qualidade da água no funcionamento/precisão dos hidrômetros ao longo do tempo e comparando o desempenho de hidrômetros velocimétricos com o de hidrômetros volumétricos. Ademais, sugere-se que a vazão de início de movimento dos hidrômetros seja estipulada pelo INMETRO e que seja estabelecida sua submissão a erros máximos admissíveis, como ocorre com as demais vazões mencionadas na Portaria nº. 246 do INMETRO (2000), limitando dessa forma tanto possíveis erros negativos que causam prejuízo à concessionária quanto os positivos que prejudicam o consumidor. Por fim, salienta-se que uma política tarifária bem estruturada, tal como a vigente em Itabira-MG, pode induzir à redução do consumo de água no meio urbano e tornar mais justo o pagamento.

8 Referências Bibliográficas

ALEGRE, H; HIRNER, W; BAPTISTA, J. M; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. Tradução de Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime Melo Baptista. *International Water Association*, London, 2000. Título original: Performance indicators for water supply services.

ALMEIDA, F. S.; DIAS, D. M.; FRANCA, J. E. M.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da redução do volume mínimo tarifado mensal no sistema de abastecimento de água de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, Brasil: ABES, 2007.

ALMG - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Legislação Mineira - LEI 18309, de 03/08/2009 - Assembleia de Minas*. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=18309&com p=&ano=2009>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ARSAE-MG - AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *NOTA TÉCNICA*

04/2012: *Detalhamento do Cálculo da Revisão Tarifária do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira - SAAE de Itabira*. Resultado Final da Audiência Pública. Coordenadoria Técnica de Regulação e Fiscalização Econômico-Financeira. 2012. Disponível em: < http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/nota_tecnica_04_2012_revisao_tarifaria_saae_itabira.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2013

ARSAE-MG - AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *SAAE-Itabira encontra-se com Diretoria da ARSAE-MG em BH*. 2010. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/noticias/83-saaeitabira18052010>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ARREGUI, F; CABRERA, E; COBACHO, R; GARCÍA, J. *Key factors affecting water meter accuracy*. LEAKAGE, Halifax, Canada, 2005.

ARREGUI, F; COBACHO, R.; SORIANO, J.; GARCÍA-SERRA, J. Calculating the optimum level of apparent losses due to water meter inaccuracies. In: WATER LOSS 2010, Specialist Conference. *Proceedings...* São Paulo, SP, 2010. 8p.

AWWA. *Manual of water supply practices M36 (3rd ed)*. Water audits and loss control programs. Denver: AWWA, 2009.

BORGES, E. J. B. *Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição*. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm >. Acesso em: 17 mar. 2013.

COELHO, A. C. *Micromedição em sistemas de abastecimento de água*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009. 348 p.

CRIMINISI, A.; FONTANAZZA, C. M.; FRENI, G.; LA LOGGIA, G. Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply. *Water Science & Technology* - WST, 60.9, 2009.

DEPEXE, M. D.; GASPARINI, R. R. Determinação de taxas anuais de redução da eficiência da medição de hidrômetros. *Saneas*, v. 45, n. XII, 2012.

FANNER, P; STURM, R.; THORNTON, J.; LIEMBERGER, R. *Leakage management technologies*. Awwa Research Foundation. Denver, USA/London, UK: AWWA/IWA, 2007.

GONÇALVES, E.; ITONAGA, L. C. H. *Curso de perdas de distribuição de água*: nível 3. Brasília: RECESA, 2007. 238 p.

GO ASSOCIADOS. *Water utilities performance-based contracting manual in Brazil - WAUPBN*. International Finance Corporation and World Bank Group: 2013.

HOVANY, L. *Error in water meter measuring due to shorter flow and consumption shorter than the time the meter was calibrated*. [S.I]: Intech, 2012. DOI: 10.5772/51046.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Regulamento técnico metrológico a que se refere a portaria INMETRO Nº. 246 de 17 de outubro de 2000*. 2000.

LAPPONI, J. C. *Matemática financeira*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

LAMBERT, A. O.; BROWN, T. G.; TAKIZAWA, M.; WEIMER, D. (1999) A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Aquat. J. Water Serv. Res. Technol.*, 48 (6), 227–237. 1999.

MALHEIRO, R. M. G. *Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*. 2011. 120 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil) - Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2011.

MARTINS, R.; COELHO, F.; FORTUNATO, A. Water losses and hydrographical regions influence on the cost structure of the Portuguese water industry. *Journal of Productivity Analysis*, v. 38, p. 81-94. 2011.

MCKENZIE, R; SEAGO, C. Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. *Water Sci. Technol. Water Supply*, 5 (1), 33–40. 2005.

MIRANDA, E. C.; KOIDE, S. Indicadores de perdas de água: O que, de fato, eles indicam? In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22.; 2003, Joinville. *Anais...* Joinville, Brasil: ABES, 2003.

MIRANDA, E. C. Indicadores de perdas de água em sistemas de abastecimento: Qual o nível de credibilidade dos valores obtidos? In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23.; 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande, Brasil: ABES, 2005.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Assessment of apparent losses in urban water systems. *Water and Environment Journal*, v. 25, n. 3, p. 327–335, 2011.

PEREIRA, L. G.; ILHA, M. S. O. Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas, no estado de São Paulo. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 2, p. 7-21, 2008.

PNCDA - PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. DTA - *Documento Técnico de Apoio nº D3: micromedição*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2003a.

PNCDA - PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. DTA - *Documento Técnico de Apoio nº C2: Panorama dos sistemas públicos de abastecimento no país*. Casos selecionados de estratégias de combate ao desperdício. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2003b.

RICHARDS, G. L; JOHNSON, M. C; BARFUSS, S. L. Apparent losses caused by water meter inaccuracies at ultralow flows. *Journal American Water Works Association*, Denver, p. 123-133, maio. 2010.

ROSITO, C. Política nacional de saneamento: do Planasa ao Plansab. In: GRUPO DE ECONOMIA DO SANEAMENTO, ENERGIA & SOLUÇÕES AMBIENTAIS, 2012, São Paulo. *Anais...* [S.I.: s.n], [2012?].

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Visão geral da prestação dos serviços de água e esgotos - 2004*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2005.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. [Visão da prestação dos serviços de água e esgotos]. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2009.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2010*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012.

UEDA, S.; BENOVAHI, M. Accountable water and sanitation governance: Japan's experience. In: JAGANNATH, N. V; MOHAMED, A. S; KREMER, A. *Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations*. The International Bank of Reconstruction and Development/The World Bank, 2009.

Submetido em: 09/02/2015

Aceito em: 10/08/2015

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20140010R1V1932016>

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DA PERDA APARENTE DE ÁGUA EM ÁREAS URBANAS

CRISTINA MENDES SILVA
VALTER LÚCIO DE PÁDUA
JORGE MARTINS BORGES

Resumo: No Brasil, o valor médio do índice de perdas de faturamento das concessionárias de água é de aproximadamente 36%. Tal valor, resultante das elevadas perdas de água, alerta sobre a necessidade de melhoria na eficiência das prestadoras de serviço, principalmente no tocante à parcela das perdas aparentes que pode representar mais de 50% das perdas totais. Focando neste aspecto, na presente pesquisa avaliou-se a influência da classe metrológica e do tempo de uso dos hidrômetros na submedição, por meio do estudo em escala piloto e testes de bancada. Assim, comprovou-se redução significativa das perdas aparentes de água devido à substituição de hidrômetros classe B por hidrômetros classe C, e a viabilidade econômica desse investimento. Ademais, discorreu-se sobre a interferência do uso de caixas d'água e acerca da influência da política tarifária no desempenho financeiro das concessionárias e consumo dos usuários.

Palavras-chave: Perdas aparentes de água; Hidrômetros; Caixas d'água; Política tarifária.

Abstract: In Brazil, the average revenue losses of water utilities is around 36%. This value, resulting from high water losses, warns of the need for improvement in the efficiency of service providers, especially as regards the share of apparent losses which can represent more than 50% of total water losses. Focusing on this point, in this study was evaluated the influence of metrological class and the usage time of meters on under-registration, through study on pilot scale and tests in a laboratory scale. Thus, was proven significant reduction of apparent water losses due to the replacement of class B meters by the class C meters, and the economic viability of this investment. Furthermore, discoursed out about the interference of the use of water tanks and about the influence of tariff policy on the financial performance of the utilities and consumption of users.

Key-words: Apparent water losses; Meters; Water tanks; Tariff policy.

Resumen: En Brasil, el promedio de las pérdidas de facturación de las empresas operadoras de los servicios de agua es de aproximadamente 36%. Este valor advierte

acerca de la necesidad de mejorar la eficiencia de los servicios, especialmente en lo que se refiere a las pérdidas aparentes, que pueden representar más de 50% del total. Tomando en cuenta dicho aspecto, en este estudio se evaluó la influencia de la clase metrológica y del tiempo de servicio de los hidrómetros en la sub medición, por medio de estudio a escala piloto y de banco. Los resultados mostraron reducción significativa de las pérdidas aparentes debido a la sustitución de hidrómetros clase B por los C, y su viabilidad económica. Además, se pronunció acerca de la interferencia del uso de reservorios y sobre la influencia de la política arancelaria en los resultados financieros de las operadoras y en el consumo de los usuarios.

Palabras clave: Pérdidas aparentes de agua; Hidrómetros; Reservorios de almacenamiento de agua; Política arancelaria.
