

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM
SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO:
ENFOQUE NA INFLUÊNCIA DA CLASSE
METROLÓGICA E DO TEMPO DE USO DOS
HIDRÔMETROS**

Cristina Mendes Silva

Belo Horizonte

2014

**ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM SISTEMA
PÚBLICO DE ABASTECIMENTO: ENFOQUE NA
INFLUÊNCIA DA CLASSE METROLÓGICA E DO
TEMPO DE USO DOS HIDRÔMETROS**

Cristina Mendes Silva

Cristina Mendes Silva

**ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM SISTEMA
PÚBLICO DE ABASTECIMENTO: ENFOQUE NA
INFLUÊNCIA DA CLASSE METROLÓGICA E DO
TEMPO DE USO DOS HIDRÔMETROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Saneamento

Linha de Pesquisa: Políticas Públicas e Gestão em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientador: Valter Lúcio de Pádua

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

S586a

Silva, Cristina Mendes.

Análise das perdas de água em um sistema público de abastecimento [manuscrito]: enfoque na influência da classe metrológica e do tempo de uso dos hidrômetros / Cristina Mendes Silva. - 2014.
x, 106 f., enc.: il.

Orientador: Valter Lúcio de Pádua.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos e apêndices: f. 78-106.

Bibliografia: f. 72-77.

1. Saneamento - Teses. 2. Meio ambiente - Teses. 3. Abastecimento de água - Teses. 4. Hidrômetro - Teses. I. Pádua, Valter Lúcio de, \d 1968-. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Valter Lúcio de Pádua pela atenção, compreensão, paciência e ensinamentos – fundamentais para que eu conseguisse desenvolver este trabalho. Agradeço-lhe, ainda, por transcender a ementa acadêmica, de forma a contribuir não apenas para formar profissionais com conhecimento técnico-científico, mas também para a formação de seres humanos conscientes.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-graduação SMARH que no decorrer do mestrado me instruíram e apoiaram.

Ao SAAE de Itabira que forneceu suporte técnico e financeiro para realização dessa pesquisa e a todos os seus funcionários que de diferentes formas contribuíram; em especial, ao Jorge Borges, que acompanhou várias fases do trabalho.

À FINEP/CNPq pela concessão de uma bolsa de iniciação científica e à Luciana Morais, bolsista que trabalhou diariamente com a coleta dos dados em campo.

À URBEL por ter me liberado de algumas horas de trabalho, possibilitando a minha presença nas aulas e dedicação às demais atividades do mestrado; principalmente à Mônica Alvarez Pires pelo apoio inicial e à Vera Cristina de Souza Lima por ter compreendido a minha ausência em determinadas ocasiões, devido aos meus compromissos com o curso.

Aos alunos do SMARH que compartilharam comigo esse momento de aprendizado e desafios, especialmente àqueles que cederam um pouco do seu tempo para de alguma forma me ajudar e aos que, com boa vontade, concordaram em fazer reuniões de trabalho à noite e durante finais de semana por causa das minhas restrições de horários.

A todos os amigos que colaboraram durante esta minha trajetória.

Ao meu namorado Roberto pelo companheirismo, apoio e exemplo de amor à vida acadêmica.

Ao meu irmão Vinícios pela amizade de sempre e à minha mãe Maria Aparecida que conseguiu, durante o curto tempo em que estivemos juntas, me passar valores/ensinamentos que carrego comigo e que contribuem em todas as etapas da minha vida.

Ao meu guia espiritual pelo auxílio constante e a Deus por me conceder a vida, oportunidade de crescimento.

RESUMO

No Brasil, o valor médio do índice de perdas de faturamento das concessionárias de água é de aproximadamente 36%. Esse valor, considerado elevado, é devido às perdas de água, que correspondem não somente às perdas reais (vazamentos em tubulações, extravazamento de reservatórios, etc.), mas também às denominadas perdas aparentes (ligações clandestinas, submedição em hidrômetros, erros de leitura, etc.), que podem representar mais de 50% das perdas totais de água. A presente pesquisa teve como objetivo geral analisar as perdas de água em um sistema público de abastecimento, avaliando a influência da classe metrológica e do tempo de uso dos hidrômetros nas perdas aparentes ocasionadas por submedição. Esse trabalho foi dividido em três etapas: (i) quantificação e análise das perdas de água de um condomínio localizado em Itabira-MG, constituído por 83 ligações ativas, mediante a realização de leituras diárias dos hidrômetros classe B, que já estavam instalados no condomínio, e posteriormente dos hidrômetros de classe C, que substituíram os primeiros, para comparação do desempenho dessas classes; (ii) cálculo do tempo de retorno do investimento na substituição dos hidrômetros, visando verificar a viabilidade econômica dessa ação; e (iii) realização de testes em escala de bancada em 12 dos 83 hidrômetros classe B do condomínio para determinar os erros de indicação e verificar a existência de uma possível correlação entre este parâmetro e o tempo de uso dos hidrômetros. As médias das perdas de água do condomínio foram 18,9% e 10,4%, para micromedição realizada com hidrômetros classes B e C, respectivamente. Foi comprovado que a substituição dos hidrômetros de classe B pelos de classe C reduziu significativamente as perdas aparentes de água do condomínio, a um nível de significância de 1%. O tempo necessário para recuperar o capital investido na substituição dos aparelhos foi estimado em 5,6 meses, sendo o investimento considerado economicamente viável. 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%.

ABSTRACT

In Brazil, the average revenue losses of water utilities is around 36%. This value, considered very high, is due to water losses, that corresponds not only to the real losses (leaks in pipes, reservoir overflow, etc.) but also correspond to the so-called apparent losses (illegal service connection, meter under-registration, reading errors, etc.), which can represent more than 50% of total water losses. This study aimed to analyze the water losses in a public supply system, evaluating the influence of metrological class and usage time of meters on apparent losses caused by under-registration. This research was divided into three stages: (i) quantification and analysis of water losses in a condominium located in Itabira-MG, with 83 active connections, by performing daily meters readings of class B meters, that were already installed in the condominium, and posteriorly of the class C meters, which replaced the firsts, in order to compare their performance; (ii) calculation of return time of the investment in meters replacements, aiming to assess the economic viability of this action; and (iii) performing tests in a laboratory scale in 12 of the 83 class B meters of the condominium to determine their indication errors and verify the existence of a possible correlation between this parameter and the usage time of these meters. The condominium average water loss reached 18,9% and 10,4% for micro-measurement performed with class B and C meters, respectively. It was proven that the replacement of class B meters by the class C meters significantly reduced apparent water losses of the condominium, at the 1% significance level. The required time to recover the invested capital for the meters replacement was estimated to occur in 5,6 months, and this investment was considered economically viable. Could not detect evidence of correlation between the indication errors and usage time of meters, at the 5% significance level.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1 PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO	5
3.1.1 <i>Conceito de perdas de água e balanço hídrico</i>	5
3.1.2 <i>Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água</i>	7
3.1.3 <i>A realidade das perdas de água no Brasil e no mundo</i>	11
3.2 POLÍTICA TARIFÁRIA RELATIVA AO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	18
3.3 HIDRÔMETROS	22
3.3.1 <i>A importância da micromedição</i>	22
3.3.2 <i>Tipos de hidrômetros e princípio de funcionamento</i>	25
3.3.3 <i>Vazões e classificação metrológica</i>	28
3.4 FATORES INTERVENIENTES NAS PERDAS APARENTES DE ÁGUA POR SUBMEDIÇÃO	30
3.4.1 <i>Classe metrológica dos hidrômetros</i>	32
3.4.2 <i>Tempo de uso dos hidrômetros</i>	39
3.4.3 <i>Uso de caixa d'água com boia acoplada</i>	44
4 MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS CLASSE B POR HIDRÔMETROS CLASSE C NAS PERDAS DE ÁGUA	51
4.2 ETAPA 2: VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS DE CLASSE B POR HIDRÔMETROS DE CLASSE C	54
4.3 ETAPA 3: ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO TEMPO DE USO NA PRECISÃO DE HIDRÔMETROS CLASSE B	55
5 RESULTADOS	58
5.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS CLASSE B POR HIDRÔMETROS CLASSE C NAS PERDAS DE ÁGUA	58
5.2 ETAPA 2: VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS DE CLASSE B POR HIDRÔMETROS DE CLASSE C	60
5.3 ETAPA 3: ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO TEMPO DE USO NA PRECISÃO DE HIDRÔMETROS CLASSE B	62
6 DISCUSSÃO.....	68
7 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICES.....	78
APÊNDICE A - RESPOSTA DOS CONDÔMINOS AO QUESTIONÁRIO APLICADO	79
APÊNDICE B - VOLUMES REGISTRADOS NO MACROMEDIDOR E NOS 83 HIDRÔMETROS DO CONDOMÍNIO	82
APÊNDICE C – PERCENTUAIS DE PERDAS DE ÁGUA DO CONDOMÍNIO	95
APÊNDICE D – TESTES ESTATÍSTICOS.....	97
ANEXOS	100
ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MACROMEDIDOR	101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1: Comparação entre o percentual de água não faturada em algumas cidades do Japão com o de outras cidades/países de diversas partes do mundo.	12
FIGURA 3.2: Representação espacial do índice de perdas de faturamento dos prestadores de serviços de abastecimento de água participantes do SNIS em 2010, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.....	13
FIGURA 3.3: Comparação entre o preço e o consumo de água em alguns países.....	17
FIGURA 3.4: Faturas residenciais em Itabira antes e após a reestruturação tarifária de 2012.	21
FIGURA 3.5: Relação entre o índice de micromedição e o índice de perdas de faturamento de alguns dos prestadores de serviço participantes do SNIS em 2009.....	23
FIGURA 3.6: Relação entre o índice de micromedição, o índice de hidromedição e o índice de perdas de faturamento de alguns dos prestadores de serviço participantes do SNIS em 2009.	23
FIGURA 3.7: Princípio de funcionamento de hidrômetros de velocidade monojato e multijato.....	25
FIGURA 3.8: Mecanismos de transmissão mecânica de hidrômetros, à esquerda, e magnética, à direita.	27
FIGURA 3.9: Porcentagem média de hidrômetros que registraram vazões inferiores a mínima, durante monitoramento de 7 dias.	33
FIGURA 3.10: Erros de indicação de hidrômetros classe B e C em diferentes vazões.	37
FIGURA 3.11: Representação de perdas por submedição em hidrômetros com 1, 4, 5 e mais de 10 anos de serviço.....	41
FIGURA 3.12: Curva de erros resultantes de ensaios de hidrômetros domiciliares velocimétricos com tempo de instalação de 1 ano.	42
FIGURA 3.13: Curva de erros resultantes de ensaios de hidrômetros domiciliares velocimétricos com 10 ou mais anos de instalação.	42
FIGURA 3.14: Comportamento das vazões ao longo do tempo para as boias convencional e de alta vazão.	45
FIGURA 3.15: Volumes registrados pelos hidrômetros situados a montante e a jusante dos reservatórios e altura da coluna d'água da rede, ao longo dos períodos de monitoramento.	48
FIGURA 4.1: Representação esquemática das etapas do estudo.	51
FIGURA 4.2: Local onde foi desenvolvido o estudo em escala real: a) portaria do condomínio; b) ponto no qual o macromedidor foi instalado; e c) instalação do macromedidor.	52
FIGURA 4.3: Representação esquemática de uma bancada de ensaios para determinação da curva de erros dos hidrômetros.....	56
FIGURA 5.1: Perdas de água contabilizadas no condomínio antes e após a substituição dos hidrômetros de classe metrológica B pelos de classe C.	59
FIGURA 5.2 Box-whisker das perdas de água no condomínio com a micromedição realizada por hidrômetros de classes metrológicas B e C.....	60
FIGURA 5.3: Distribuição dos valores dos tempos de uso dos 83 hidrômetros de classe B do setor de abastecimento de água em estudo.	62
FIGURA 5.4: Volumes percentuais micromedidos no condomínio pelos hidrômetros classes B e C, de acordo com o tempo de uso dos aparelhos.	63
FIGURA 5.5: Curvas de erros de indicação dos 12 hidrômetros de classe B selecionados dentre os 83 hidrômetros do condomínio, com tempo de uso variando de 1 e 12 anos.	65
FIGURA 5.6: Erros de indicação dos 12 hidrômetros, de diferentes tempo de uso, selecionados do condomínio em estudo	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Balanço hídrico englobando as componentes do consumo autorizado e das perdas de água.	5
TABELA 3.2 – Benefícios obtidos com a redução das perdas reais e aparentes de água em um sistema público de abastecimento.....	6
TABELA 3.3 – Indicadores percentuais relacionados às perdas de água definidos pelo SNIS.	10
TABELA 3.4 - Distribuição das perdas de água na Região Metropolitana de São Paulo.....	14
TABELA 3.5 – Balanço hídrico da SABESP em 2001.....	15
TABELA 3.6 – Influência dos hidrômetros no consumo per capita de Porto Alegre - RS.....	16
TABELA 3.7 – Valores das vazões mínimas e de transição, conforme as classes metrológicas e as vazões nominais dos hidrômetros.....	29
TABELA 3.8 - Vazões de início de funcionamento de diferentes tipos de hidrômetro, de acordo com suas classes metrológicas e vazão máxima.....	34
TABELA 3.9 – Recomendação da vazão nominal ideal do hidrômetro, de acordo com o registro de consumo mensal do cliente.....	35
TABELA 3.10 – Vida útil de diferentes tipos de hidrômetros em função do tempo de uso e do volume acumulado.....	36
TABELA 3.11 – Erros de indicação de hidrômetros classe B e C testados em escala de bancada.	37
TABELA 3.12 – Erros de aferição de hidrômetros classe B usados de Q_{max} de $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$ e novos de Q_{max} de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, com respectivos pesos em função do perfil de abastecimento...	39
TABELA 3.13 – Identificação, por meio de testes de laboratório, das vazões de início de movimento e dos erros médios de indicação em hidrômetros com faixa etária variando entre zero e 45 anos de uso.	43
TABELA 3.14 – Vazões de enchimento de um reservatório a uma pressão de 30 mca, relativas ao abaixamento de até 2,5 cm do nível devido a uma vazão de saída de 507 L/h.....	46
TABELA 3.15 – Perdas aparentes devido à utilização de caixas d'água obtidas a partir do monitoramento de edificações localizadas na cidade de Palermo (Itália), abastecidas em diferentes períodos do dia.....	49
TABELA 5.1 – Estatística descritiva dos valores percentuais de perdas de águas mensurados no condomínio	59
TABELA 5.2 – Aplicação do método do <i>Payback</i> Descontado para o primeiro cenário	61
TABELA 5.3 – Aplicação do método do <i>Payback</i> Descontado para o segundo cenário.....	62
TABELA 5.4 – Erros de indicação dos 12 hidrômetros classe B selecionados dentre os 83 do condomínio	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGESPISA - Águas e Esgotos do Piauí

ALMG - Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais

ANA - Agência Nacional de Águas

ARSAE-MG - Agência Reguladora dos Serviços de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais

ASSEMMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

AWWA - American Water Works Association

CAEMA - Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão

CAER - Companhia de Águas e Esgotos de Roraima

CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia

CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

CAESA - Companhia de Água e Esgoto do Amapá

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CASAL - Companhia de Saneamento de Alagoas

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos

CESAN - Companhia Espírito-Santense de Saneamento

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CORSAN - Companhia Rio-Grandense de Saneamento

COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará

DEAS - Departamento Estadual de Água e Saneamento

DEMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos

DESO - Companhia de Saneamento de Sergipe

DTA - Documento Técnico de Apoio

EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.

ETA - Estação de Tratamento de Água

H₀ - Hipótese Nula

H_a - Hipótese Alternativa

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO - International Organization for Standardization
IWA - International Water Association
LAO - Liceu de Artes e Ofício de São Paulo
OIML - Organização Internacional de Metrologia Legal
ONU - Organização das Nações Unidas
PBD - Payback Descontado
PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PROLAGOS - Concessionária de Serviços Públicos de Água e Esgoto
Q_{max} - Vazão máxima
Q_{min} - Vazão Mínima
Q_n - Vazão Nominal
Q_t - Vazão de transição
R_p - Redutor de Perdas
RMM - Registro Máximo Mensal
SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A
SANEATINS - Companhia de Saneamento do Tocantins
SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná
SANESUL - Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul
SETAE - Serviço de Tratamento de Água e Esgoto
SEMASA - Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UNICEF - United Nations Children's Fund
WAUPBM - Water Utilities Performance-Based Contracting Manual in Brasil
WFD - Water Framework Directive
WHO - World Health Organization

1 INTRODUÇÃO

Que impacto causa, na vida de um ser humano, a falta de acesso à água potável? Como já é sabido, indiscutível se mostra sua relação com a saúde da população. Então, porque ainda sim há tantos que não possuem esse serviço básico? Seria devido à escassez de recursos hídricos? De recursos financeiros? Uma questão de política pública? Talvez, por causa de todos esses, somados ainda a vários outros fatores... Mas, o que é feito com os recursos hídricos e financeiros disponíveis? Como são gerenciados pelas concessionárias e tratados pelo poder público?

No Brasil, agências reguladoras têm buscado estabelecer metas de desempenho para as concessionárias, a fim de reduzir o desperdício de recursos e o seu repasse ao consumidor. Entretanto, esse é um desafio para as empresas prestadoras de serviço público de abastecimento de água, que têm como grande obstáculo a redução das perdas de água nos sistemas, visto sua magnitude e consequente impacto econômico e ambiental.

Estimativas realizadas pela GO Associados (2013), com dados base do SNIS (2009) e de Rosito (2012), revelaram que, considerando um período de 17 anos (2009 até 2025) e um cenário otimista, no qual as perdas de água no Brasil seriam reduzidas em 50%, passando de 37,4% em 2009 para 18,7% em 2025, os ganhos brutos seriam de R\$ 37,27 bilhões. Já num cenário base, no qual a redução das perdas de água foi considerada igual a 38%, os ganhos brutos foram estimados em R\$29,93 bilhões. De acordo com uma análise dos mesmos, 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 (R\$ 7 bilhões).

Caso realmente alcançados, por meio da redução das perdas de água, tais ganhos financeiros poderiam ser utilizados para a expansão da prestação dos serviços no Brasil, pois, de acordo com dados do IBGE (2010), em 2008 apenas 78,6% dos domicílios eram abastecidos por rede geral de distribuição de água; percentual esse que varia muito no país, desde a maior cobertura (87,5%), na Região Sudeste, à menor (45,3%), na Região Norte. Muito embora a Região Hidrográfica Amazônica (abrange os Estados do Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia, Roraima e grande parcela do Pará e do Mato Grosso), que possui 5,1% da população nacional, concentre 81% da disponibilidade de recursos hídricos brasileiros (ANA, 2010).

No que tange esse aspecto a situação mundial também é crítica. Embora no relatório divulgado pela UNICEF/ WHO (2012) tenha sido demonstrado que o Objetivo do Milênio (ONU, 2000), que consistia em reduzir pela metade a porcentagem da população sem acesso a água potável entre os anos de 1990 e 2015, tinha sido alcançado em 2010 – 5 anos antes do estipulado –, o mesmo relatório revelou que ainda há muito trabalho a ser feito, apontando que em 2010, 780 milhões de pessoas, ou seja, mais de 10% da população mundial, não possuía acesso à água potável. Em contrapartida, a importância da água potável para a humanidade foi reforçada pela ONU (2010) que declarou em Assembleia Geral, conforme Resolução n^o. 64/292, que o acesso à água potável é um direito humano essencial ao pleno gozo da vida e de todos os outros direitos.

A legislação brasileira, com relação aos aspectos econômicos e sociais, prevê na Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007) que a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico terá, como uma de suas diretrizes, a ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços. De acordo com essa lei, poderão ser adotados subsídios para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. Contudo, dentre os municípios que efetuam abastecimento de água por rede geral de distribuição, apenas 1.810 (32,5%) possuem algum instrumento legal para regular a prestação do serviço (IBGE, 2010).

A regulamentação dos serviços, bem como o acompanhamento do desempenho das concessionárias, faz-se de extrema importância para melhor eficiência das mesmas. E como mencionado, um dos pontos nos quais as concessionárias brasileiras precisam de melhoria é na redução das perdas de água.

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, podendo perfazer até mais de 50% do total. Embora relevantes, as perdas aparentes normalmente não tem sido objeto das pesquisas sobre perdas de água, voltadas principalmente para a parcela de perdas reais. Observa-se, entretanto, que maior ganho ter-se-ia em reduzir, na mesma quantidade, as perdas aparentes ao invés das perdas reais, pois o valor do m³ pago pelo consumidor é, obviamente, superior ao valor gasto pela Cia para tratar e distribuir a água.

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. Sendo, portanto, essa uma alternativa às empresas prestadoras de serviços de saneamento para a melhoria do desempenho financeiro dos serviços prestados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as perdas de água em um sistema público de abastecimento, avaliando a influência da classe metrológica e do tempo de uso dos hidrômetros nas perdas aparentes, ocasionadas por submedição.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a interferência da substituição de hidrômetros usados de classe metrológica B por hidrômetros novos de classe metrológica C nas perdas de água do setor de abastecimento de Itabira em estudo;
- 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.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Perdas de água em sistema público de abastecimento

3.1.1 Conceito de perdas de água e balanço hídrico

No manual técnico intitulado “*Performance Indicators for Water Supply Services*” publicado pela *International Water Association (IWA)*, as perdas de água são definidas como a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado (ver TAB. 3.1), podendo para este cálculo ser considerado todo o sistema, ou apenas um subsistema, como o de adução ou de distribuição (ALEGRE *et al.*, 2000). Neste manual, as perdas de água, subdivididas em perdas reais (físicas) e aparentes (não físicas), são assim descritas:

- Perdas reais: perdas físicas de água do sistema em pressão, até o medidor do cliente, durante o período de referência. Engloba 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).

TABELA 3.1 - Balanço hídrico englobando as componentes do consumo autorizado e das perdas de água.

Água de entrada do sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluindo água exportada)	Água faturada	
			Consumo faturado não medido		
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada - perdas comerciais	
			Consumo não faturado não medido		
	Perdas de água	Perdas aparentes			Consumo não autorizado
					Perdas de água por erros de medição
		Perdas reais			Vazamento nas tubulações de adução e/ou distribuição
					Vazamento e extravasamento nos reservatórios
		Vazamento nos ramais (a montante do ponto de medição)			

Fonte: Adaptado de Alegre *et al.*(2000).

Logo, enquanto as perdas reais referem-se à água fisicamente perdida no sistema e não que chega até o consumidor, as perdas aparentes representam uma parcela da água, embora consumida pelo cliente, não registrada e tampouco paga pelo mesmo à prestadora de serviço.

O consumo não autorizado, uma das causas das perdas aparentes, pode dar-se por fraudes nos hidrômetros, *by pass*, ligações clandestinas, entre outros. E as imprecisões associadas à medição da água, outro motivo das perdas aparentes, se devem a erros de leituras, submedição de hidrômetros, etc.

Ressalta-se que as perdas de água causam danos tanto ao meio ambiente, devido à necessidade de captação de um maior volume de água, quanto ao consumidor adimplente que pode ter incorporado à sua tarifa o custo mais elevado da produção da água tratada e ainda o custo da água não faturada dos demais clientes pela prestadora de serviço. Desta forma, é razoável que as prestadoras de serviços trabalhem a fim de melhorar sua eficiência e assim diminuir as perdas de água.

A redução das perdas de água, em sistemas públicos de abastecimento, pode ser alcançada de várias maneiras, sendo que há um enfoque diferente entre as perdas reais e as aparentes, tanto no que diz respeito às ações de combate às perdas quanto aos benefícios alcançados com a redução das mesmas (ver TAB. 3.2).

TABELA 3.2 – Benefícios obtidos com a redução das perdas reais e aparentes de água em um sistema público de abastecimento.

Perdas	Perdas aparentes	Perdas reais
Ganhos	Aumento de Receita	Redução de custos Postergação de investimentos
Tipos de benefícios	Aumento do consumo medido e faturado	Menores custos com produtos químicos, energia e outros insumos.
		Diminuição da produção de água com o atendimento do mesmo número de pessoas. Atendimento de maior número de pessoas com a mesma quantidade produzida.
Ações enovidas	Troca de hidrômetros.	Melhora do controle da pressão na rede.
	Corte nas ligações fraudulentas.	Melhora no controle e detecção de vazamentos.
	Medição efetiva de todas economias (domiciliares, comerciais e públicas). Melhora no cadastro.	Melhoria e troca de tubulações, ligações, válvulas.

Fonte: Adaptado de GO Associados (2013).

Para que as prestadoras de serviço consigam reduzir as perdas de água é importante que seja feito um gerenciamento do sistema no qual haja a quantificação dessas perdas e a

identificação da origem das mesmas, de forma a distinguir as perdas físicas das perdas aparentes. De posse dessas informações, levantadas por meio de um diagnóstico e o monitoramento contínuo do sistema, as prestadoras podem definir mais facilmente quais são as ações mais adequadas a serem adotadas.

3.1.2 Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água

Os indicadores de desempenho podem auxiliar no gerenciamento do sistema de abastecimento, sendo úteis não apenas para as prestadoras de serviço, mas também, conforme mencionado por Alegre *et al.*(2000), para a administração nacional e regional, reguladores, entidades financiadoras, organizações supranacionais e para os consumidores. Mais especificamente, os indicadores de perdas têm a função de oferecer bases seguras para o planejamento das ações de redução e controle, e a avaliação de seus resultados; possibilitar a análise de desempenho, permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços; bem como contribuir na definição de políticas públicas para o setor saneamento (MIRANDA e KOIDE, 2003).

O primeiro estudo importante sobre perdas em sistemas de água foi iniciado no Reino Unido, em 1973, sendo consubstanciado no Report 26 em 1980 (RIDLEY, 1980 *apud* GONÇALVES e ITONAGA, 2007). Uma década depois, devido ao processo de privatização das companhias de saneamento na Inglaterra e no País de Gales a partir de 1989, tornou-se obrigatória a informação sobre as avaliações de perdas de água ao órgão regulador, o *Office of Water Services*, fomentando estudos que levaram ao desenvolvimento das bases atuais do gerenciamento de perdas (GONÇALVES e ITONAGA, 2007).

Franca e Libânio (2012) analisaram a influência de onze variáveis nas perda de água, a fim de elaborar um modelo matemático. O estudo baseou-se nos dados de um universo amostral composto por 103 sistemas de abastecimento de água do estado de Minas Gerais, divididos em 6 grupos – 5 relacionados a intervalos populacionais e 1 ao tipo de gestão do sistema de abastecimento. Entretanto, com base nos grupos estudados, os autores não conseguiram obter uma modelagem satisfatória, em apenas 2 grupos os modelos foram capazes de explicar cerca de 60% da variância.

Os indicadores de desempenho relacionados às perdas de água, descritos por Alegre *et al.* (2000), baseiam-se no cálculo do balanço hídrico (ver TAB 3.1). Esses autores observam que,

embora o balanço hídrico possa ser mais simples e não contemplar todas as componentes apresentadas, é importante completar o cálculo e, assim, distinguir da melhor maneira possível as perdas de água reais das aparentes, pois tal desagregação permite o cálculo de um conjunto de indicadores de desempenho de recursos hídricos, operacionais e econômico-financeiros. Afirmam ainda que no caso de balanços hídricos mais simples, tradicionalmente adotados, pode-se calcular um único indicador, indicador financeiro que relaciona a água não faturada com o volume.

Cabe destacar que, mesmo para o cálculo de balanços hídricos mais simples, são necessários dados operacionais que exigem certo nível de monitoramento do sistema, muitas vezes não realizado. Pesquisa desenvolvida no Brasil, com companhias estaduais de saneamento e serviços municipais autônomos, revelou que dos 39 prestadores de serviço¹ que responderam ao questionário, apenas 54% apresentavam alguma forma de macromedição, ainda que parcial (PNCDA, 2003a).

Indicadores aplicáveis na avaliação dos serviços de saneamento quanto à sua eficiência no aproveitamento da água foram apresentados no DTA A2 (PNCDA, 2003a) e relacionados às dificuldades envolvidas na obtenção das informações necessárias para sua construção. Esses indicadores foram divididos em três níveis: (i) o nível básico, derivado de informações técnicas e gerenciais mínimas, (ii) o nível intermediário, no qual as informações relativas às perdas reais e aparentes são separáveis e (iii) o nível avançado, que permite a comparação da eficiência operacional de distintos sistemas e operadores pela eliminação ou minimização de fatores peculiares de cada sistema, como a pressão e o material constituinte da tubulação. Nesse trabalho, o PNCDA (2003a, p.54) destacou a importância da confiabilidade das informações primárias que dão origem aos indicadores relatando que “[...] de pouco adiantaria estabelecer um elenco completo de indicadores que teoricamente dariam conta da exata situação operacional dos serviços, se a capacidade de coleta de informações primárias não corresponde ao nível de precisão necessário”. E completou informando que a maior parte dos prestadores de serviços brasileiros não tem condições de apurar indicadores do nível avançado.

¹ Dos 39 prestadores de serviços, 20 eram de capitais de estados operados por companhias estaduais, 17 relativos a serviços de interior também operados por companhias estaduais e 2 referentes a serviços municipais autônomos (Porto Alegre e Campinas).

O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos traz indicadores referentes a serviços de abastecimento de água de todo país, de acordo com uma amostra de prestadores de serviços que responde ao SNIS. Em 2012, com dados do ano de referência de 2010, foi publicado o décimo sexto diagnóstico de uma série atualizada anualmente desde 1995 (SNIS, 2012).

Embora reconhecida, em nível nacional, a relevância do referido diagnóstico, no qual consta um histórico de indicadores, algumas ressalvas precisam ser mencionadas antes de se lançar mão de tais dados para análises de desempenho de prestadores de serviços.

Como as informações que originam os cálculos desses indicadores são fornecidas pelos próprios prestadores de serviços é possível que ocorram erros nas mesmas. No diagnóstico de 2010 (SNIS, 2012, p.17), por exemplo, a notícia de que 165 prestadores de serviços de abrangência local possuíam índices de perdas de faturamento menor que 5% foi acompanhada do comentário de que “[...] para a realidade brasileira esses índices são pouco prováveis” e, assim, cogitada a hipótese de falhas nas informações fornecidas.

Outra questão é a de que os indicadores do SNIS nem sempre seguem o mesmo padrão de cálculo de outros índices indicados na literatura. Pode-se citar o índice de perdas de faturamento (TAB. 3.3) do SNIS, que não incorpora o volume de serviços (volume utilizado em atividades operacionais e especiais), referente a consumos autorizados não faturados. Esse critério é interessante do ponto de vista de que o percentual de volume de água não faturada em relação ao volume de entrada no sistema, encontrado nesse índice, representa apenas o percentual de água que a princípio seria faturado pela prestadora de serviço e não o é, devido a perdas reais e aparentes. Por outro lado, para uma mesma concessionária, tal percentual calculado como proposto pelo SNIS será menor que o percentual de água não faturada obtido segundo definição que consta no manual técnico publicado pela IWA, que considera o consumo autorizado não faturado.

Esse último ponto levantado é preocupante, visto que uma das funções dos indicadores é a de comparação entre diferentes sistemas e no PNCDA (2003a), por exemplo, foi relatado que o manual técnico publicado pela IWA foi aceito em vários países e deve ter uso praticamente generalizado pelo fato de ter sido recomendado pela *American Water Works Association* (AWWA). No trabalho de Miranda e Koide (2003), no qual houve uma análise bibliográfica de estudos de entidades/programas como a IWA, AGHTM e U. K. *Water Industry*, visando compreender as proposições de indicadores, também é mencionado que os indicadores de

perdas de faturamento correspondem a uma composição de perdas reais, perdas aparentes e consumos autorizados não faturados. Logo, a necessidade de padronização da fórmula de cálculo dos indicadores, bem como dos componentes que fazem parte da mesma, é evidente (GONÇALVES E ITONAGA, 2007; SEAGO E MCKENZIE, 2007).

TABELA 3.3 – Indicadores percentuais relacionados às perdas de água definidos pelo SNIS.

REF.	DEFINIÇÃO DO INDICADOR
IN ₀₀₉	<p>Índice de Hidrometração</p> $\frac{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água Micromedidas}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água}}$
IN ₀₁₀	<p>Índice de Micromedição Relativo ao Volume Disponibilizado</p> $\frac{\text{Volume de Água Micromedido}}{\text{Volume de Água Disponibilizado para Distribuição (VD) - Volume de Água de Serviços}}$
IN ₀₁₃	<p>Índice de Perdas de Faturamento</p> $\frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço) - Volume de Água Faturado}}{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)}}$

Sendo:

Quantidade de Ligações Ativas de Água = Quantidade de ligações ativas de água à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência.

VD = Volumes de água (produzido + tratado importado – tratado exportado).

Volume de Água de Serviços = Valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais (desinfecção de adutoras, limpeza de reservatórios, etc.) e especiais (consumo dos prédios próprios do operador, volumes consumidos pelo corpo de bombeiros, para rega de espaços verdes públicos, etc.), acrescido do volume de água recuperado.

Volume de Água Faturado = Volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado.

Fonte: Adaptado de SNIS (2010).

Ainda, é relevante mencionar, com relação ao índice de perdas de faturamento, que quando o prestador de serviço considera um volume mínimo para faturamento, caso o cliente tenha consumido um volume de água inferior a esse, ainda assim deve pagar pelo volume mínimo estabelecido, ou seja, o volume faturado será maior que o consumido, resultando na redução do valor percentual de tal índice. Assim, uma prestadora de serviço que não adota esse modelo de estrutura tarifária, pode ter um índice de perdas de faturamento maior do que outra que considera um volume mínimo para faturamento, sem que necessariamente apresente um desempenho inferior.

Almeida *et al.* (2007) analisaram o efeito da redução do volume mínimo tarifado na magnitude das perdas de faturamento do município de Belo Horizonte. Tal 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 – nesse sistema de abastecimento de água que supre cerca de 2,4 milhões de consumidores, distribuídos em seis distritos operacionais regionais, por meio de mais de 506 mil ligações e 850 mil economias – houve elevação das perdas de faturamento em todos os distritos regionais de Belo Horizonte, variando de 12 a 30%, conforme histórico de perdas de cada distrito.

É preciso cuidado ao analisar/comparar sistemas de diferentes regiões por meio de indicadores, devendo-se observar os seus conceitos, possíveis limitações que prejudiquem a confiabilidade dos dados de entrada e as restrições do próprio indicador. Miranda e Koide (2002) relataram que a grande quantidade de indicadores utilizados, a falta de uma linguagem uniforme e a imprecisão dos dados empregados impedem a comparação de desempenho entre sistemas e prestadores de serviços. Posteriormente, Miranda (2005) desenvolveu um trabalho propondo um modelo de análise de credibilidade dos indicadores, no qual foram criadas e testadas ferramentas que visavam qualificar os indicadores de perdas, determinando o seu grau de confiança.

Esclarece-se que embora haja inúmeros indicadores relacionados às perdas de água nos sistemas de abastecimento, o objetivo deste tópico do trabalho não é fazer o levantamento de uma grande gama de indicadores, descrevendo-os minuciosamente, uma vez que esse tipo de informação pode ser extraído das referências citadas e não é relevante para esta pesquisa. Pretendeu-se apenas elucidar sobre a importância dos indicadores, a cautela requerida ao utilizá-los e alertar sobre as deficiências de dados de prestadores de serviços brasileiros, principalmente no que tange à necessidade de separação de perdas reais e aparentes. Ademais, procurou-se prestar informações básicas para a interpretação de tópicos seguintes, por isso foi inserida a TAB. 3.3, que contém a descrição de indicadores abordados no decorrer desse trabalho.

3.1.3 A realidade das perdas de água no Brasil e no mundo

De acordo com Ueda e Benouahi (2009), o *Tokyo Metropolitan Water Bureau* talvez seja uma das melhores concessionárias do mundo, com aproximadamente 5,8% de água não faturada,

apresenta um serviço com 100% de cobertura para uma população de cerca de 12 milhões de habitantes e um volume diário médio de abastecimento de água de aproximadamente 4,4 milhões de m³. Nota-se quão baixo são os percentuais de água não faturada no Japão, quando os de algumas de suas concessionárias são comparados com o de outras prestadoras de serviço situadas em diversas regiões do mundo (ver FIG. 3.1), inclusive em países desenvolvidos; sendo superiores apenas ao percentual de Singapura. O único dado retratado do Brasil é o de Campinas que, ainda que nacionalmente esteja em uma situação melhor, possui um percentual de água não faturada maior que o triplo do apresentado como a média do Japão.

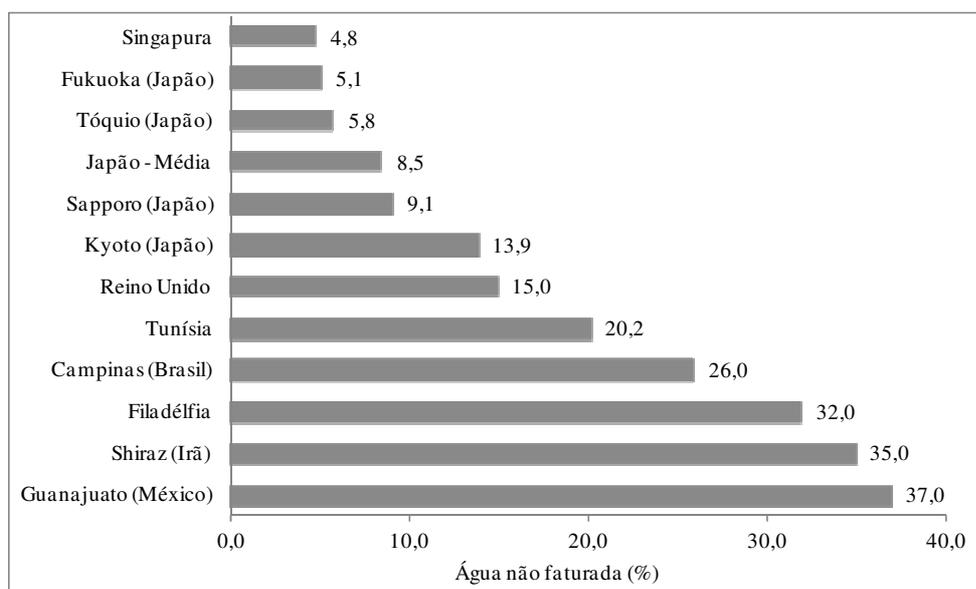


FIGURA 3.1: Comparação entre o percentual de água não faturada em algumas cidades do Japão com o de outras cidades/países de diversas partes do mundo.

Fonte: Ministry of Internal Affairs and Communication, Japan. March 2006; dados do Reino Unido de OFWAT Annual Report (2005); Irã (county report); Outros países (Water Supply and Sanitation Working Notes No. 9, May 2006) *apud* Ueda e Benouahi (2009). Adaptado.

Para obter uma visão mais abrangente do contexto nacional, pode-se recorrer ao “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2010”, o qual contemplou a apuração de informações sobre o serviço de abastecimento de água em 4.952 municípios, correspondendo a 97,7% da população urbana do país (SNIS, 2012). Neste diagnóstico, há a informação de que o valor médio do índice de perdas de faturamento para todo o conjunto de prestadores de serviços foi de 35,9% em 2010 e de que esse valor representou uma redução de 1,2% em comparação com o do ano anterior. O índice de perdas de faturamento dos prestadores de serviço participantes do SNIS em 2010 pode ser visualizado na FIG. 3.2.

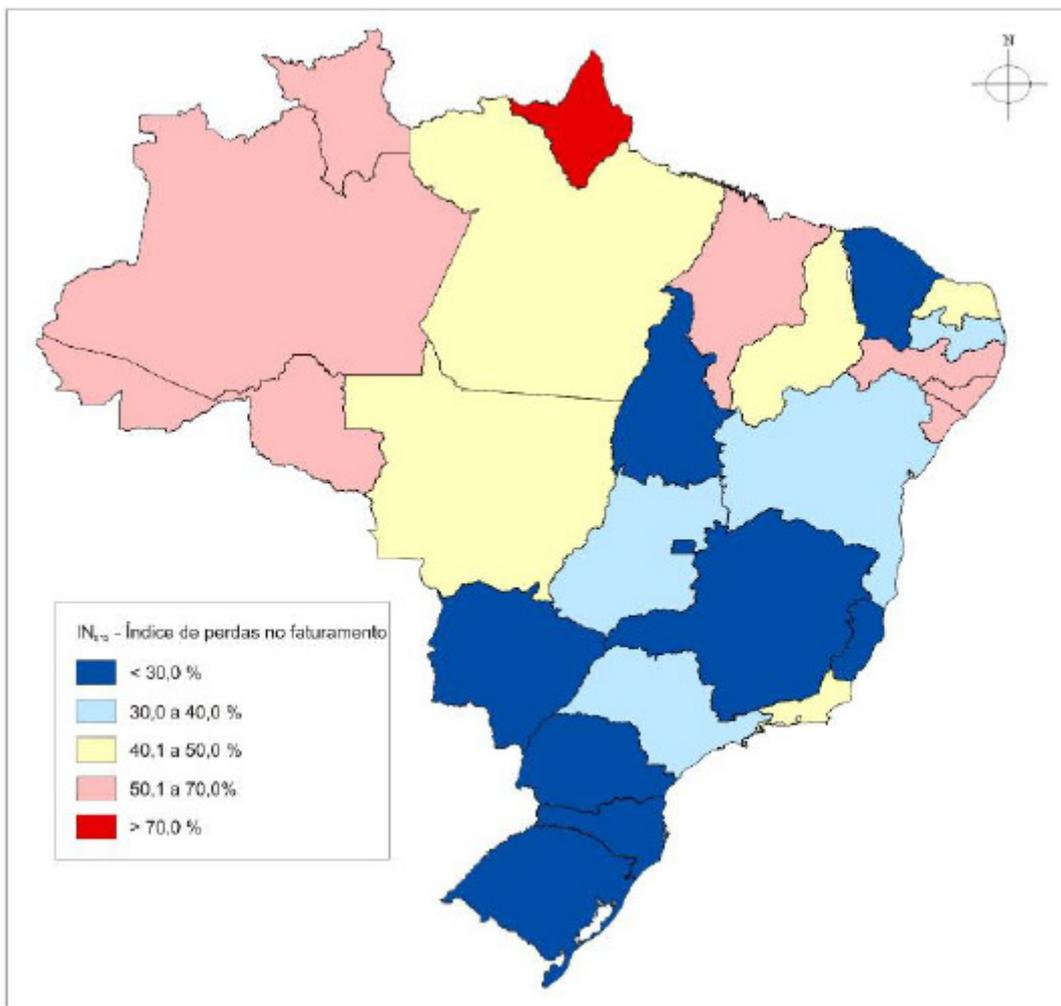


FIGURA 3.2: Representação espacial do índice de perdas de faturamento dos prestadores de serviços de abastecimento de água participantes do SNIS em 2010, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.

Fonte: SNIS (2012)

Observa-se que, conforme anteriormente mencionado, o índice de perdas de faturamento pode ser influenciado pela estrutura tarifária do prestador de serviço que, ao considerar um consumo mínimo para faturamento, ao invés do volume efetivamente registrado pelo hidrômetro, reduz o valor do referido índice. Neste caso, quanto maior for o percentual de consumidores que não atinge o nível mínimo de consumo, menor será o índice de perda de faturamento; devendo esse índice ser analisado de forma cautelosa para efeito de comparação entre locais que adotam diferentes políticas tarifárias.

Além disso, cabe destacar que esse indicador, assim como outros calculados pelo SNIS, representa uma composição de perdas reais (físicas) e aparentes (não físicas). 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”.

Contudo, esta distinção entre perdas reais e aparentes foi considerada ao serem contabilizadas as perdas de água na Região Metropolitana de São Paulo em um estudo realizado pela SABESP (2001 *apud* BORGES, 2007). Na TAB. 3.4, pode-se observar que do total de perdas apresentado, mais de 50% se referem a perdas aparentes e 29% estão relacionadas à micromedição.

TABELA 3.4 - Distribuição das perdas de água na Região Metropolitana de São Paulo.

Tipo de perda	Volume (m ³ /ano)	Perdas Reais (%)	Perdas Aparentes (%)	Perdas Totais (%)
Vazamentos	271.806.951	45,2	-	45,2
Macromedição	19.414.782	-	3,2	3,2
Micromedição	174.733.040	-	29,0	29,0
Gestão comercial	135.903.475	-	22,6	22,6
Total	-	45,2	54,8	100,0

Fonte: SABESP (2001 *apud* BORGES, 2007).

Essas perdas de água podem ainda ser visualizadas dentro do balanço hídrico (ver TAB 3.5) realizado. Sob este aspecto, as perdas aparentes de água e as perdas de água ocasionadas por erros de medição corresponderam a, respectivamente, 17% e 10% do volume de entrada de água no sistema.

De acordo com o PNCDA (2003a), em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição aproxime-se de 100%, as ligações clandestinas tenham pouca importância e exista eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, as perdas mensuráveis tendem a refletir apenas perdas reais de água.

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* MUTIKANGA *et al.*, 2011).

TABELA 3.5 – Balanço hídrico da SABESP em 2001.

<p>Volume de entrada no sistema</p> <p>1.941.478.226 m³</p> <p>100%</p>	<p>Consumo Autorizado Faturado</p> <p>1.222.837.496 m³</p> <p>63%</p>	<p>Consumo Medido faturado (cons. final)</p> <p>901.411.548 m³</p> <p>46,5%</p>	<p>Água Faturada</p> <p>1.222.837.496 m³</p> <p>63%</p>	
		<p>Consumo Estimado Faturado (atacado)</p> <p>321.425.948 m³</p> <p>16,5%</p>		
	<p>Consumo Autorizado Não Faturado</p> <p>120.259.331 m³</p> <p>6%</p>	<p>Consumo Medido Não Faturado (Usos Operacionais e emergenciais)</p> <p>9.707.801 m³</p> <p>0,5%</p>	<p>Água Não Faturada (ANF)</p> <p>71.834.694 m³</p> <p>37%</p>	
		<p>Consumo Estimado Não Faturado (usos sociais)</p> <p>106.781.302 m³</p> <p>5,5%</p>		
	<p>Perda de Água</p> <p>598.381.399 m³</p> <p>31%</p>	<p>Perdas Aparentes (Não Físicas)</p> <p>330.051.298 m³</p> <p>17%</p>		<p>Consumo Não Autorizado (gestão comercial)</p> <p>135.903.475 m³</p> <p>7%</p>
				<p>Erro de Medição (Macro e Micro)</p> <p>194.147.822 m³</p> <p>10%</p>
<p>Perdas Reais (Físicas)</p> <p>271.806.951 m³</p> <p>14%</p>		<p>Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios</p> <p>0 m³</p> <p>0%</p>		
		<p>Vazamentos em Adutoras e Redes e em Ramais até o ponto de medição do cliente</p> <p>271.806.951 m³</p> <p>14%</p>		

Fonte: SABESP (2001 *apud* CARVALHO *et al.*, 2004).

Em alguns países como a Inglaterra, por exemplo, não há medição individualizada de água, sendo que o volume de água que é distribuída para um determinado setor, medido na sua entrada, é rateado por sua população; nesses locais os contratos de fornecimento de água preveem um determinado nível de consumo, aferido anualmente, e assim, as companhias acabam focando somente na questão das perdas reais (GONÇALVES e ITONAGA, 2007).

De acordo com Mutikanga *et al.* (2011), o fato de existirem locais nos quais o faturamento é baseado em taxas fixas atribuídas por propriedade, faz com que o consumidor não tenha razões para furtar água, e talvez esse seja um motivo por haver menos pesquisas focadas nas perdas aparentes de água.

Seria esse então o caminho para redução/eliminação das perdas aparentes? Há que se atentar para o fato relatado por Seago e Mckenzie (2007), de que, na maioria das vezes, quando o consumidor deixa de pagar uma tarifa baseada em uma taxa fixa e começa a pagar pela água referente ao volume consumido medido, o consumo de água cai significativamente. Essa

mesma questão foi abordada por Rech (1999), que a ilustrou com dados de Porto Alegre (TAB. 3.6).

TABELA 3.6 – Influência dos hidrômetros no consumo per capita de Porto Alegre - RS.

Ano	Consumo per capita	Hidrômetros instalados
1928	278,0	zero
1929	277,5	zero
1930	242,0	7.194
1931	220,0	7.945
1932	199,3	10.004
1933	196,4	10.010
1934	200,2	10.084
1935	200,0	10.445
1936	200,3	11.600
1937	197,3	11.852
1938	189,1	19.051
1939	178,5	24.214
1940	161,8	25.213
1941	167,0	25.213
1942	172,0	24.838

Fonte: Rech (1999).

Pode-se observar diferença inclusive em um mesmo prédio, quando a conta de água deixa de ser dividida igualmente entre os condôminos e passa a ser cobrado de cada um o volume efetivamente consumido por apartamento. Souza Filho *et al.* (2005) fizeram avaliações quantitativa e qualitativa da redução do consumo em prédios antigos adaptados para medição individualizada, a partir do histórico de consumo antes e depois da individualização. Neste estudo, foram obtidos valores percentuais de economia na ordem de 36,52%.

A questão é simples, ao perceber que um consumo maior de água acarretará necessariamente em uma conta mais elevada, o cliente tende a economizar. No caso da Dinamarca, por exemplo, o aumento substancial de 54% no preço da água no período de 1993 a 2004, levou à redução do consumo per capita de 155 L/d para 125 L/d (OECD, 2010 e OECD, 2011 *apud* EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2013). Essa questão da relação inversa entre o preço da água para o cliente e o consumo per capita é reforçada nos dados apresentados na FIG. 3.3, cujos países listados apresentam paridade de poder aquisitivo (INNOVOLVE GROUP, 2010 *apud* ECONOMIC..., 2011).

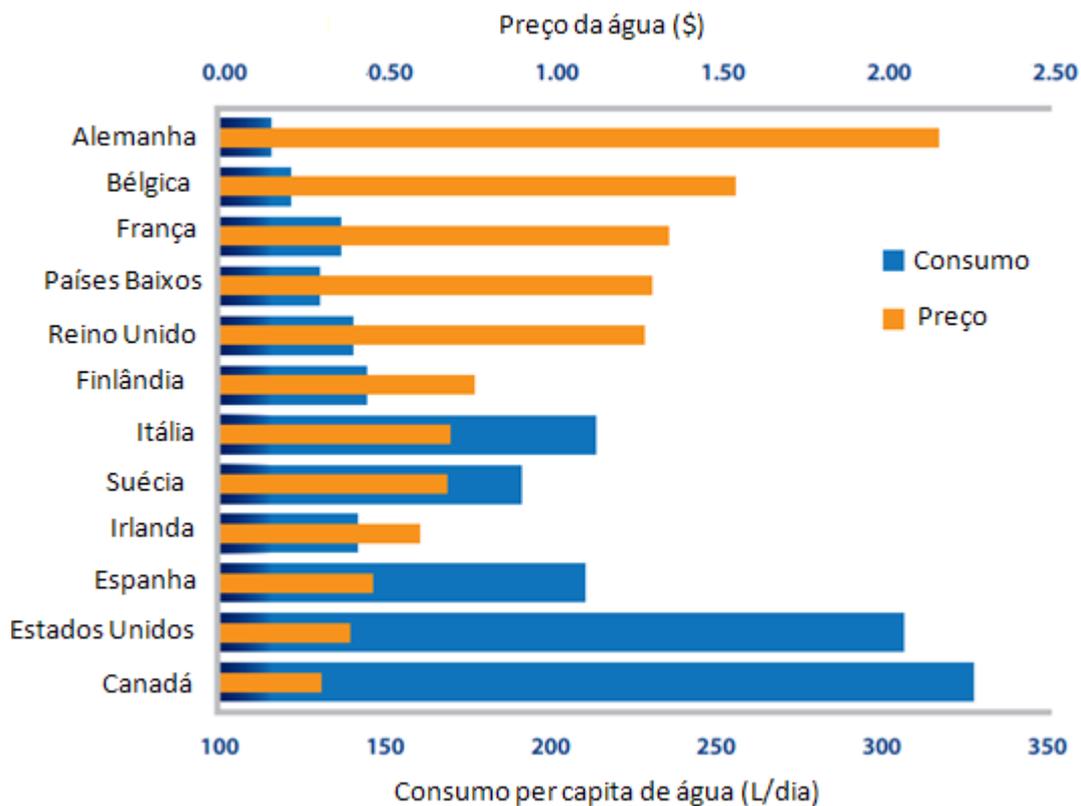


FIGURA 3.3: Comparação entre o preço e o consumo de água em alguns países
 Fonte: Innovolve Group (2010) *apud* Economic... (2011)

Assim sendo, optar por uma política tarifária na qual a cobrança é realizada por taxas fixas, embora elimine fatores intervenientes no aumento das perdas aparentes, pode elevar a demanda de água.

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. Corroborando essa afirmativa, os mesmos citam Seago e Mckenzie (2007) que, por sua vez, informam que países desenvolvidos computam perdas por submedição em hidrômetros como 2% da água faturada e a AWWA que recomenda que apenas 0,25% da água distribuída seja computada como consumo não autorizado.

Observe-se que no caso apresentado do balanço hídrico realizado pela SABESP em 2001 (TAB 3.4 e TAB 3.5), o volume de perdas de água referentes à submedição no âmbito da micromedição (174.733.040 m³) representa mais de 14% do volume faturado (1.222.837.496 m³) pela prestadora de serviço. Logo, neste exemplo, se houvesse a adoção do valor *default* de

2%, ao invés do percentual de 14% encontrado, esse procedimento não seria adequado para representar a realidade do sistema. Chega-se a mesma conclusão ao se comparar a recomendação da AWWA, de se computar 0,25% da água distribuída como consumo não autorizado, com os 7,0% resultantes do balanço hídrico da SABESP (TAB 3.5).

Outro estudo que retrata a inadequação do uso desses valores em alguns sistemas é o realizado por Mutikanga *et al.* (2011) na cidade de Kampala, capital de Uganda, no qual as perdas aparentes de água por submedição corresponderam a $22 \pm 2\%$ da água faturada, sendo que a perda aparente total foi equivalente a 37% da água faturada.

Tanto os dados de 2001 da SABESP, dos quais pode-se extrair que o volume da perda aparente de água ($330.051.298 \text{ m}^3$) corresponde a 27% do volume faturado ($1.222.837.496 \text{ m}^3$), quanto o percentual mencionado de 37% encontrado no estudo desenvolvido na cidade de Kampala, revelam uma realidade discrepante da apontada pela AWWA (2009, *apud* RICHARDS *et al.*, 2010) que menciona que a perda de receitas atribuíveis a perdas aparentes de água podem representar de 0,5 a 5% do faturamento total da prestadora de serviço.

3.2 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) que menciona que 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. No inciso IV do parágrafo 1^o do artigo 12 da referida lei, é mencionado que 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, conforme consta no inciso IV do parágrafo 1^o do artigo 29. 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 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.

A título de exemplo em nível municipal, abordou-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, de acordo com dados do IBGE (2013), abrange um território de 1.254 km² sendo que, no ano de 2010, possuía 109.783 habitantes.

Itabira 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, responsável pelos sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário que hoje atende a 30.919 residências na cidade, segundo relato da ARSAE-MG (2010).

De acordo com a ARSAE-MG (2012), em 20 de julho de 2010 foi assinado um convênio entre a mesma e o Município de Itabira, no qual foram delegadas à Agência as atribuições concernentes à regulação, à fiscalização e ao controle da prestação dos serviços públicos prestados pelo SAAE; atribuições essas baseadas na Lei Estadual 18.309/2009.

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 disponibilidade² (fixa) e

² Visa cobrir parte dos custos fixos da prestadora relacionados à disponibilização aos usuários de redes de distribuição de água e de capacidades de tratamento das ETAs.

tarifa por volume real (variável). Também foi estabelecida uma tarifa social, cujo critério de enquadramento é a inscrição no Cadastro Único e limite mensal de meio salário mínimo per capita. Com relação a essa reestruturação tarifária, o ARSAE-MG (2012) 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.

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 15m³ estipulados; circunstância essa que pode ter acarretado em desperdício de água por parte desses pequenos consumidores. Logo, a nova estrutura tarifária propicia que pequenos consumidores paguem faturas mais condizentes com o que de fato consumiram; o que serve de incentivo para que mantenham baixo o seu consumo de água. Cabe informar que essa situação corresponde a de uma grande parcela dos consumidores residenciais, pois dados da ARSAE-MG (2012) mostram que, de julho de 2010 a junho de 2011, 60% das unidades residenciais foram faturadas pelo consumo mínimo de 15 m³.

Sobre outro aspecto, aqueles clientes residenciais cujo consumo de água extrapolavam 10 m³ mensais, tiveram o valor da fatura elevada em 2012, após a reestruturação tarifária, conforme ilustrado na FIG. 3.4. Ressalta-se que essa alteração da forma de faturamento não teve nenhum efeito sobre a receita total do SAAE de Itabira e nem mesmo a Tarifa Social resultou em perda de receita tarifária para a prestadora, visto que se caracterizou como um sistema de subsídio cruzado, no qual usuários com maior capacidade de pagamento custeiam usuários carentes.

Vale relembrar que o faturamento de um consumo mínimo reduz o índice de perdas de faturamento, pois, nesta situação, a prestadora recebe do cliente por um volume que não foi consumido. Ou seja, esta parcela de pequenos consumidores de Itabira, outrora afetada pelo faturamento mínimo, com a reestruturação tarifária, tenderá a elevar o índice de perdas de faturamento do SAAE (como explicado, quando os clientes que consumiam um volume inferior ao estipulado no faturamento mínimo e tinham que pagar pelo mínimo passam a pagar apenas pelo que de fato foi contabilizado pelos hidrômetros, de acordo com o a nova

estrutura tarifária que não cobra a taxa mínima, o índice de perdas de faturamento aumenta, ver fórmula TAB 3.3).

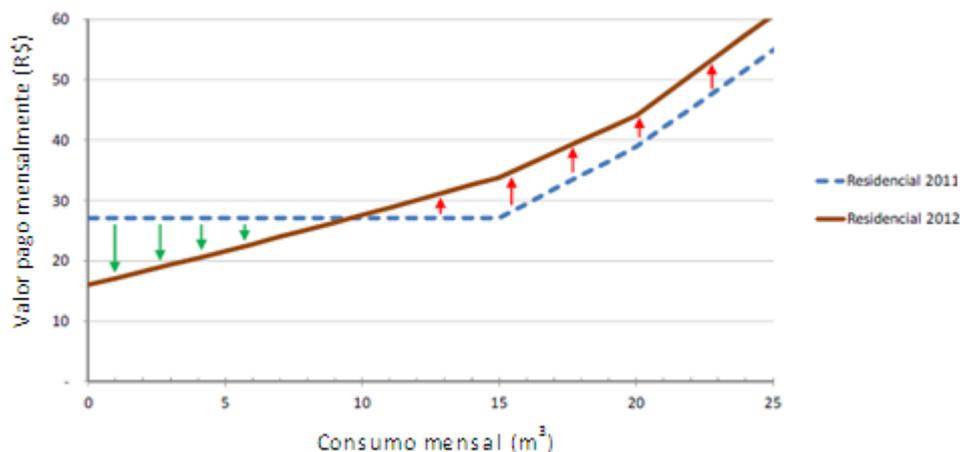


FIGURA 3.4: Faturas residenciais em Itabira antes e após a reestruturação tarifária de 2012. Fonte: ARSAE-MG, 2012.

Com relação ao desperdício de recursos, a ARSAE-MG (2012) detectou, entre outras questões, a de que o SAAE de Itabira possui altas perdas técnicas³, 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)⁴; e esses custos não foram inteiramente admitidos. Enfatizou-se ainda que, no que diz respeito às perdas não-técnicas⁵, embora sua redução não gere redução 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”; e explicitou que caso o SAAE de Itabira não envide esforços na redução dos custos de pessoal, de serviços de terceiros e do índice de perdas, a receita do SAAE pode não ser suficiente para cobrir os custos e investimentos previstos para a autarquia.

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*

³ Definidas pela ARSAE-MG como perdas referentes a vazamentos de água.

⁴ Resultante da divisão entre o volume produzido caso as perdas regulatórias fossem atingidas e o volume produzido verificado no Período de Referência.

(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 busca de outro manancial.

3.3 Hidrômetros

3.3.1 A importância da micromedição

Na Portaria n.º 436 do INMETRO (2011), o medidor de água potável é definido como um instrumento destinado a medir continuamente, memorizar e exibir o volume que escoou através do transdutor de medição, sob condições de medição.

O IBGE (2010) relatou que em 2008 o Brasil possuía mais de 40 milhões de ligações de água, das quais 84,2% dispunham de medidores de consumo. Informou ainda que houve no país um crescimento de 35% de ligações com o uso de hidrômetros entre os anos de 2000 e 2008. Isso demonstra uma melhoria na prestação do serviço de abastecimento, visto que passou a ocorrer medição de volumes consumidos que antes eram apenas estimados, ou ainda, pode estar retratando o aumento do cadastro de consumidores, com a inclusão e hidrometração de ligações que outrora não eram contabilizadas. De um ou de outro ângulo, é fato que a micromedição contribui para que haja um faturamento mais justo.

Na Irlanda, a *Irish Water* iniciou em agosto de 2013 um processo de instalação de hidrômetros em todo país, com previsão de que a maioria das residências tenha um aparelho instalado até 2016 (IRISH WATER, 2013). A taxa mais rápida estimada foi de 27 mil instalações mensais, sendo que até 2015, cerca de 500 mil proprietários de imóveis irão pagar taxas fixas, enquanto outros 500 mil pagaram pelo volume medido (O'BRIEN, 2012).

No SNIS (2005, p.90) é mencionado que somente essa ação de controle obtida pela hidrometração “seria suficiente para uma drástica redução nos valores médios dos índices de perdas de faturamento”. Corrobora essa assertiva a situação retratada na FIG. 3.5, na qual as prestadoras de serviço que apresentaram menor índice de perdas de faturamento foram as que possuíam maior índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado.

⁵ Definidas pela ARSAE-MG como perdas referentes à micromedição menor que o volume consumido pelos usuários.

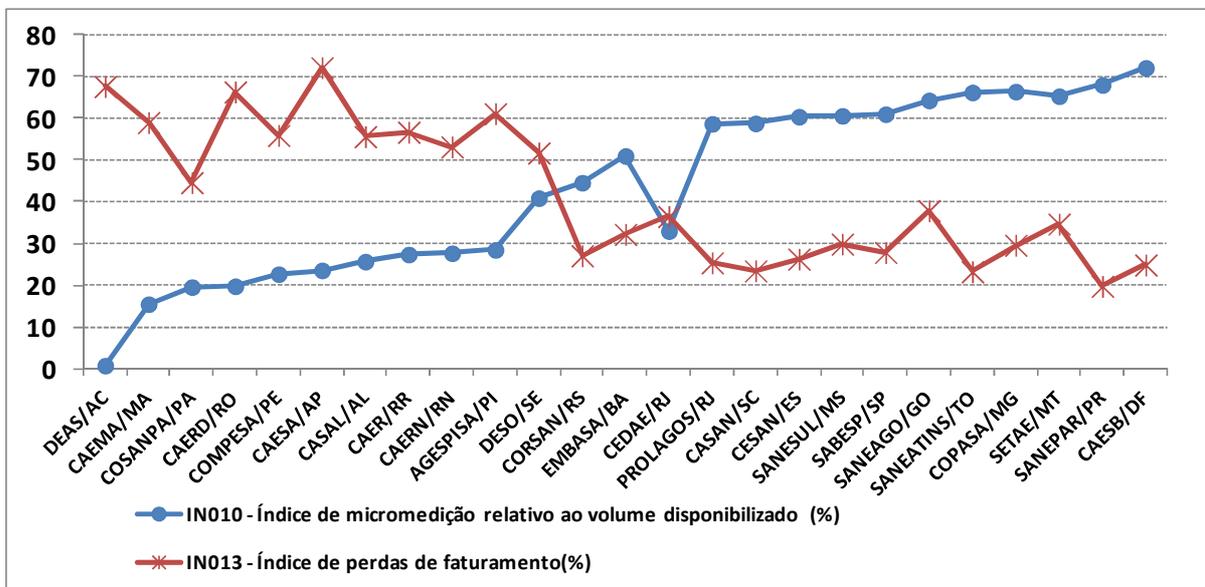


FIGURA 3.5: Relação entre o índice de micromedicação e o índice de perdas de faturamento de alguns dos prestadores de serviço participantes do SNIS em 2009.
 Fonte: Adaptado do SNIS (2011).

No que diz respeito à medição do volume de água consumido, há outra questão que merece ser refletida: a relação do índice de hidromedicação com os dois índices já abordados, o de micromedicação e o de perdas de faturamento, representados na FIG. 3.5. Assim, o índice de hidromedicação foi plotado, junto a esses outros dois, na FIG. 3.6, a fim de facilitar a comparação entre os mesmos.

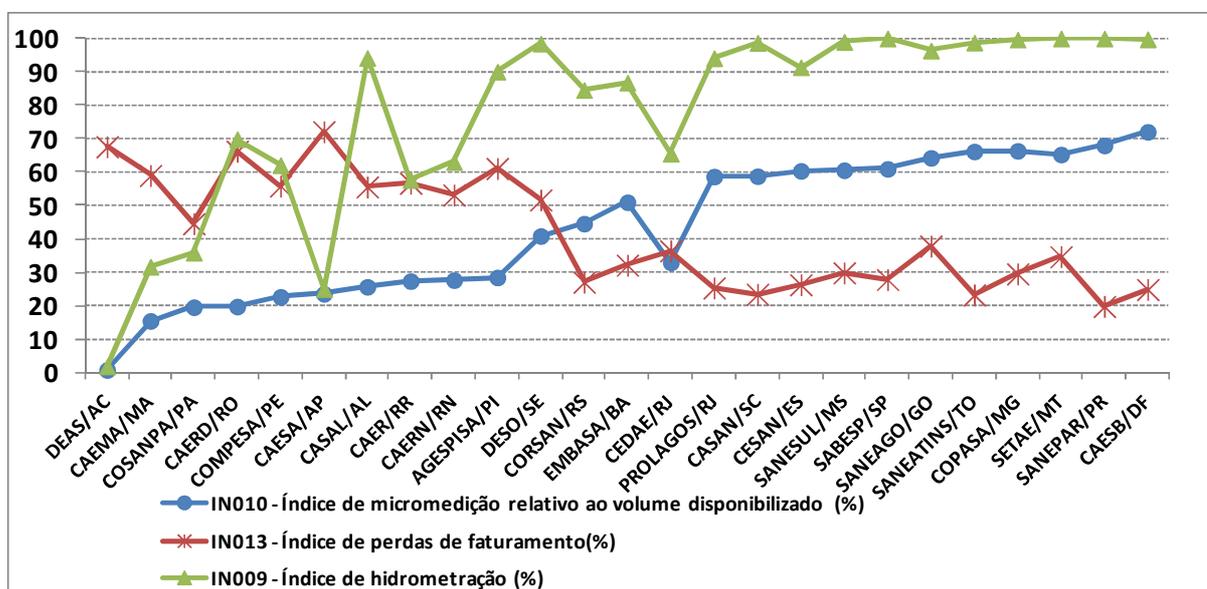


FIGURA 3.6: Relação entre o índice de micromedicação, o índice de hidromedicação e o índice de perdas de faturamento de alguns dos prestadores de serviço participantes do SNIS em 2009.

Fonte: Adaptado do SNIS (2011).

Em geral, pode-se observar que as prestadoras de serviço cujo índice de hidrometração era mais elevado apresentaram menor índice de perdas de faturamento. Nota-se ainda que, salvo os casos da CAESA/AP e da DEAS/AC, o índice de hidrometração das demais prestadoras de serviço se manteve num patamar muito superior ao do índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado. Vale lembrar que, conforme apresentado⁶ anteriormente, o índice de hidrometração é uma relação entre a quantidade de ligações ativas de água micromedidas e a de ligações ativas de água existentes, enquanto o índice de micromedição refere-se a uma relação entre o volume de água micromedido e o volume de água disponibilizado para distribuição, do qual é subtraído o volume de água de serviços (consumo próprio do operador, do corpo de bombeiros, etc.), referente a consumos autorizados não faturados. Então, enfatiza-se que, embora o percentual de ligações de água que possuem hidrômetro seja elevado, o percentual de volume disponibilizado medido por esses aparelhos é bem mais baixo.

O fato de uma parte do volume de água disponibilizado não ser micromedido deve se dar principalmente devido às perdas reais, como vazamentos nas tubulações, ou às perdas aparentes, como é o caso da submedição nos hidrômetros; ou ainda, pode ser que haja grandes consumidores cujos volumes utilizados sejam apenas estimados para o faturamento, podendo, inclusive, estar sendo subestimados. Nessa última hipótese, o volume relativo ao consumo faturado não medido⁷, caso subestimado, assim como as perdas de água, contribui para o aumento da parcela de água não faturada.

Com relação à cobrança da tarifa de grandes consumidores, a Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007) estabelece no artigo 41 que “Desde que previsto nas normas de regulação, grandes usuários poderão negociar suas tarifas com o prestador dos serviços, mediante contrato específico, ouvido previamente o regulador”.

Observa-se que, mesmo que haja deficiências na micromedição da água, há que se atribuir um saldo positivo a essa prática que, somada à adoção de sistemas tarifários adequados, além das vantagens já mencionadas, pode induzir a redução do consumo, uma vez que propicia a cobrança dos volumes efetivamente consumidos. Ademais, a hidrometração apresenta-se como uma ferramenta de auxílio na gestão do sistema de abastecimento, visto que produz

⁶Ver equações apresentadas na TAB. 3.3.

⁷Ver TAB. 3.1.

informações importantes para sua caracterização, como dados primários de entrada para o cálculo de diversos índices do prestador de serviço.

3.3.2 Tipos de hidrômetros e princípio de funcionamento

De acordo com seu princípio de funcionamento, os hidrômetros mais comumente utilizados podem ser classificados em volumétricos ou de velocidade; também conhecidos como taquimétricos, velocimétricos e inferenciais.

Os hidrômetros de velocidade têm seu mecanismo de funcionamento acionado pela ação da velocidade da água sobre uma parte móvel, como uma turbina ou uma hélice (RECH, 1999). O líquido é direcionado em um ou mais jatos (FIG. 3.7) e ao entrar em contato com essa parte móvel do medidor, gera na mesma um movimento de rotação. O número dessas rotações é proporcional ao volume de água escoado, indicado por um dispositivo totalizador. Logo, essa medição do volume do líquido é realizada de maneira indireta.

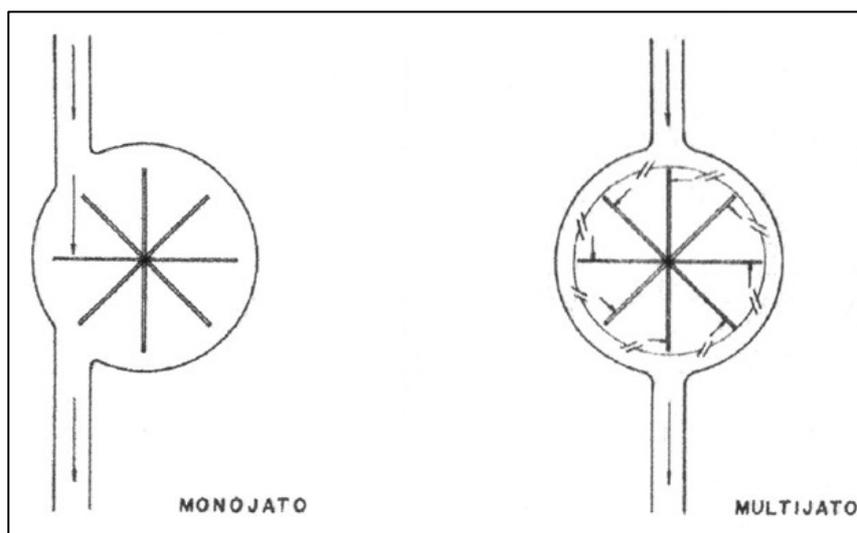


FIGURA 3.7: Princípio de funcionamento de hidrômetros de velocidade monojato e multijato. Fonte: Rech (1999).

Os hidrômetros do tipo multijato, apesar de apresentarem características metrológicas semelhantes às dos monojatos, possuem custo mais elevado e, no Brasil, são menos utilizados que os monojatos (COELHO, 2009).

Nos hidrômetros volumétricos, ao invés de haver um órgão móvel acionado pela passagem de jatos de água, há um êmbolo ou um anel e uma câmara de medida, que se enche e se esvazia sucessivamente com a passagem do líquido, transportando para a saída do medidor um

determinado volume. Esse transporte, que ocorre pela diferença de pressão entre a entrada e a saída do aparelho, provoca um movimento giratório do êmbolo em torno do seu próprio eixo, acarretando o acionamento do totalizador. Assim, a cada movimento do êmbolo é medido o volume que atravessa o hidrômetro (RECH, 1999).

Os hidrômetros volumétricos são mais precisos e sensíveis que os hidrômetros de velocidade, apresentando uma eficiência significativamente maior (RECH, 1999). Contudo, os hidrômetros volumétricos possuem maior custo; segundo Coelho (2009), seu preço de aquisição é cerca do dobro de um similar velocimétrico.

Outra característica negativa dos aparelhos volumétricos, quando comparados aos velocimétricos, é a de que eles são mais susceptíveis à influência de sólidos em suspensão, estando desta forma, mais sujeitos ao travamento e conseqüente interrupção do fluxo de água. De acordo com Rech (1999), o sistema de câmara rotativa dos hidrômetros volumétricos exige grande precisão construtiva e pequenas folgas entre as paredes, sendo que esse tipo de aparelho pode parar com facilidade caso alguma impureza se aloje entre as paredes da câmara e da carcaça; motivo pelo qual os mesmos possuem altos índices de paralisações com pouco tempo de uso. Como forma de reduzir a sensibilidade dos hidrômetros volumétricos às partículas contidas na água, alguns fabricantes introduzem um dispositivo antiparalisação nas câmaras de medida. Tal dispositivo consiste em ranhuras nas bordas da base da câmara de medida, de forma que, se, por exemplo, passar algum grão de areia, este não seja capaz de interromper o funcionamento do hidrômetro (COELHO, 2009).

Consta no Documento Técnico de Apoio (DTA) D3, uma das publicações do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA, 2003b), que os modelos volumétricos ainda são muito utilizados principalmente nos Estados Unidos, Grã-Bretanha e outros países de língua inglesa, bem como para aplicações onde ainda é necessária grande exatidão, principalmente em vazões baixas, e menor sensibilidade à instalação. Neste mesmo DTA, foi relatado que os hidrômetros de velocidade começaram a ser utilizados a partir da década de 1940 e, devido ao seu custo mais baixo, simplicidade de manutenção e tamanho compacto, foram se generalizando, sendo atualmente, a maioria absoluta de medidores instalados tanto no Brasil quanto no restante do mundo, especialmente na América Latina e na Europa.

Os hidrômetros de velocidade mais comuns são os tipos seco e úmido. Medidores do tipo seco possuem transmissão magnética, na qual o movimento da turbina desloca um ímã colocado no extremo da primeira engrenagem do totalizador, que fica totalmente isolado da água. Enquanto, nos de tipo úmido, o totalizador é imerso na água e a transmissão é mecânica, ocorrendo por meio da transferência dos movimentos por um eixo que atravessa a placa separadora, que separa a parte seca da parte molhada do hidrômetro (FIG. 3.8). Embora apresentem melhor precisão em vazões menores (COELHO e MAYNARD, 1999 *apud* CARVALHO, 2010), os hidrômetros do tipo úmido possuem custos mais elevados (RECH, 1999) e podem ter seu funcionamento prejudicado devido a um possível depósito de partículas presentes na água nas suas engrenagens, visto que as mesmas se encontram totalmente submersas.

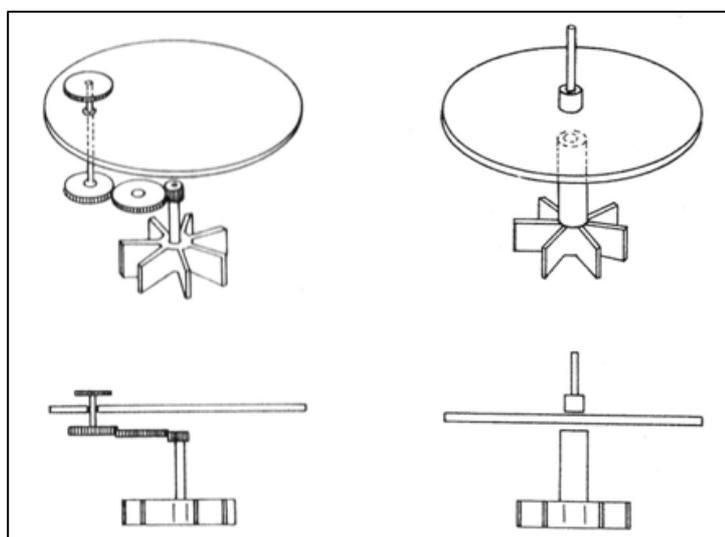


FIGURA 3.8: Mecanismos de transmissão mecânica de hidrômetros, à esquerda, e magnética, à direita.

Fonte: Rech (1999).

Ademais, o dispositivo totalizador do hidrômetro pode ser do tipo imerso em meio próprio, ou ainda, podem ser utilizados outros tipos, desde que aprovados pelo INMETRO (2000).

Estão surgindo novos hidrômetros para medição unifamiliar de tecnologia avançada, como o do tipo ultrassônico. Esse aparelho utiliza o princípio de eco em tempos diferentes, não possui peças móveis, tem ampla durabilidade, além de exercer várias outras funções, como detecção de vazamento e integração a um sistema de leitura por radiofrequência (COELHO, 2009); contribuindo, assim, para o melhor gerenciamento do sistema e para a minimização de perdas de água, tanto reais quanto aparentes.

Contudo, de acordo com Coelho (2009), os hidrômetros volumétricos também podem ser fabricados pré-equipados para a telemetria. O autor informou que em São Paulo e Recife, estados brasileiros, a radiofrequência já está sendo utilizada em larga escala na medição individualizada de água em apartamentos.

3.3.3 Vazões e classificação metrológica

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.

Após as definições supracitadas, vale mencionar ainda que a vazão nominal corresponde a 50% da vazão máxima, conforme explicitado por Rech (1999).

As vazões mínimas e de transição, referentes aos hidrômetros para água fria de vazão nominal até $15 m^3/h$, estão listadas na TAB 3.7, segundo a classe metrológica dos aparelhos.

TABELA 3.7 – Valores das vazões mínimas e de transição, conforme as classes metrológicas e as vazões nominais dos hidrômetros.

Classes Metrológicas		Vazão Nominal (m ³ /h)									
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
A	Q _{min} (m ³ /h)	0,024	0,030	0,040	0,040	0,100	0,140	0,200	0,240	0,400	0,600
	Q _t (m ³ /h)	0,060	0,075	0,100	0,150	0,250	0,350	0,500	0,600	1,000	1,500
B	Q _{min} (m ³ /h)	0,012	0,015	0,020	0,030	0,050	0,070	0,100	0,120	0,200	0,300
	Q _t (m ³ /h)	0,048	0,060	0,080	0,120	0,200	0,280	0,400	0,480	0,800	1,200
C	Q _{min} (m ³ /h)	0,006	0,0075	0,010	0,015	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100	0,150
	Q _t (m ³ /h)	0,009	0,0110	0,015	0,0225	0,0375	0,0525	0,075	0,090	0,150	0,225

Fonte: Adaptado de INMETRO (2000).

Das três classes metrológicas contempladas na TAB 3.7, pode-se observar que a mais sensível a baixas vazões é a classe C, cuja vazão mínima corresponde a 1% da vazão nominal. Para a classe B esse valor dobra, ou seja, a vazão mínima equivale a 2% da vazão nominal. Ainda assim, de acordo com Coelho (2009), os hidrômetros do tipo velocimétrico são os tradicionalmente utilizados no Brasil, predominando os de classe metrológica B.

Ao se analisar a sensibilidade dos hidrômetros em vazões baixas, é importante ainda levar em consideração a vazão de início de movimento, pois abaixo dessa, o erro de medição será de 100%, ou seja, o hidrômetro será incapaz de registrar qualquer volume que o atravesse. Contudo, a vazão de início de movimento não é abordada pela ISO 4064 – I 2005 (CRIMINISI *et al.*, 2009), pela NBR 15538 (ABNT, 2011) e nem pelo INMETRO (2000). A título de exemplo, cita-se o hidrômetro classe B de vazão nominal de 1,5 m³/h que, embora possua vazão mínima de 30 L/h, inicia seu funcionamento com vazões entre 12 e 15 L/h (COELHO, 2009).

Além das classes metrológicas A, B e C, de acordo com o PNCDA (2003b), normas internacionais, entre elas a norma ISO 4064, classificam também a classe metrológica D, que se aplica exclusivamente a medidores volumétricos, não sendo, portanto, utilizada com frequência no Brasil, e tampouco normalizada no país. De acordo com Rech (1999), mesmo os hidrômetros de classe C foram incluídos na normalização brasileira tardiamente, em 1997, depois que os fabricantes brasileiros já dispunham de tal produto e quando em outros países já estavam sendo fabricados os de classe D.

Contudo, Coelho (2009) mencionou que existe uma tendência de serem extintas as classes metrológicas A, B, C e D, sendo essas substituídas por outro conceito que estabelece hidrômetro tipo 1 e tipo 2, de acordo com uma associação entre a vazão nominal e a mínima.

O autor citou o texto da Resolução nº 49 da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML, 2006), como um elemento básico para a reformulação da nova Portaria do INMETRO, que substituirá a Resolução nº 246 de 2000.

3.4 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 erros na leitura do medidor, fraudes nos hidrômetros, *by pass*, ligações clandestinas na rede, submedição dos hidrômetros, erros na manipulação de dados e no faturamento, entre outros fatores.

A submedição dos hidrômetros nada mais é do que o registro pelo hidrômetro de um volume de água inferior ao que realmente atravessou o aparelho, acarretando o aumento da quantidade de água que chega ao consumidor e não é paga à prestadora de serviço, ou seja, as perdas aparentes de água.

A submedição dos hidrômetros pode ser ocasionada tanto por características inerentes desses aparelhos, como seu o princípio de funcionamento e classe metrológica, quanto por fatores externos, como: (i) hidrômetros que deveriam estar na posição horizontal sendo instalados com inclinação lateral, (ii) o uso de boia e caixas d'água, que atuam como redutoras da faixa de vazão que atravessa o hidrômetro e (iii) até mesmo pequenos vazamentos que ocorrem em tubos situados a jusante do medidor, torneiras gotejando, etc. De acordo com Richards *et al.*(2010), esses tipos de vazamentos ocorrem durante períodos de tempo prolongado e, apesar das vazões serem baixas, o volume de água acumulado corresponde a significativas perdas de receitas anuais para a concessionária, caso não seja registrado pelos hidrômetros.

Observa-se, contudo, que tanto os vazamentos de água que ocorrem dentro da propriedade do cliente, quanto o uso de reservatórios domiciliares, a princípio, não são passíveis de interferência das concessionárias. Por outro lado, as perdas aparentes podem ser combatidas pelas companhias de saneamento de várias formas em campo.

Almeida e Fontes (2009), após inspecionarem 40 ligações domiciliares de um bairro situado na cidade de Belo Horizonte e agirem corretivamente substituindo hidrômetros travados, embaçados, instalados incorretamente e eliminando *by pass*, obtiveram redução de 39% da perda de água local. Gonçalves e Itonaga (2007) relataram um levantamento realizado na

CAESB de 2000 a 2002, no qual houve incidência de mais de 3.000 casos de fraudes inicialmente, caindo para cerca de 1600 após programa de controle de fraude; sendo que, a maior parte dos casos foi originada por furo no visor do hidrômetro (ação realizada por clientes com o intuito de impedir o mecanismo do hidrômetro de contabilizar a água consumida).

Gonçalves e Itonaga (2007) apontaram ainda que atenção especial deve ser dada ao reposicionamento de hidrômetros instalados em posição inclinada, informando que esta atividade é negligenciada pelas companhias de saneamento, perpetuando como um fator de submedição no sistema de micromedição. Esses autores citaram o trabalho de Mello (1997), que demonstrou que o emprego de hidrômetros multijatos fora da posição horizontal ocasiona perdas de 100% da medição a partir de vazões próximas a 40 L/h para uma pressão de rede da ordem de 40 mca, e que, quanto menor a pressão, mais alta é a vazão em que o hidrômetro deixa de registrar o volume de água consumido. Já de acordo com Coelho (2009, p.103), “hidrômetros comuns, mono e multijato, quando inclinados, apresentam erros que podem alcançar 20 a 30% [...]”. Uma opção ao posicionamento adequado desses aparelhos é a utilização de hidrômetros volumétricos que, conforme mencionado pelo autor, podem ser instalados em qualquer posição.

Com relação à pressão, na pesquisa desenvolvida por Rizzo e Cilia (2005), que buscou quantificar a submedição de hidrômetros instalados a montante de reservatórios domiciliares comparando o volume contabilizado pelos mesmos com o registrado por hidrômetros instalados a jusante, foi verificado que as alterações na pressão de abastecimento não ocasionaram mudanças significativas nos resultados obtidos ao longo de todos os testes. Borges (2007), mesmo afirmando que a pressão atuante na rede de distribuição de água influencia na totalização do volume micromedido pelo hidrômetro, verificou em seu trabalho que sob mesmas pressões atuantes na rede, nem sempre as diferenças de medição entre os hidrômetros se apresentaram semelhantes e concluiu que a pressão, para os dados levantados na sua pesquisa, não apresentou relação direta com a diferença de medição encontrada.

Já o balanço de água na rede de distribuição, que ocorre devido às variações de pressão entre a mesma e os ramais, de acordo com Scalize e Leite (2013), exerce influência sobre o volume de água medido. Vale salientar que, ao invés de submedição, na parte de campo desse estudo, foi detectada medição acima do consumo, registrada por hidrômetro velocimétrico. Os autores

mencionaram que em locais onde existe balanço de água na rede de distribuição é necessária a substituição de medidores velocimétricos por volumétricos ou, em casos nos quais se deseje utilizar hidrômetros velocimétricos, torna-se imprescindível a aquisição de medidores com mesma sensibilidade de medição no fluxo e no refluxo, ou ainda, a instalação de válvula anti-retorno, o que evitaria o refluxo. Ainda no que tange à sobremedição, Lopes *et al.* (2011) realizaram uma pesquisa em escala piloto, visando quantificar o volume de ar aferido por hidrômetros residenciais velocimétricos. Para condições de desabastecimento, os autores constataram que quanto maior a duração da paralisação do abastecimento e o comprimento do setor da rede de distribuição, maior será a afluência de ar aos ramais domiciliares. Contudo, concluíram que “Sob condições normais de operação da rede, o volume de ar medido pelo hidrômetros é comparável ao encontrado na água natural, não justificando a instalação de equipamento de eliminação de ar de qualquer natureza”.

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.

3.4.1 Classe metrológica dos hidrômetros

Quando a vazão que atravessa o hidrômetro é inferior à vazão de início de movimento nenhum volume é registrado pelo aparelho; e se a vazão que atravessa o aparelho 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. Ainda assim, em ambos os casos, o hidrômetro está de acordo com o INMETRO (2000), que não prevê valores limites de erros de medição quando os aparelhos trabalham nessas faixas de vazão. Essas situações, que podem gerar perdas aparentes de água por submedição em hidrômetros, quando ocorrem de maneira frequente em determinada ligação, podem indicar a inadequação da classe metrológica do aparelho instalado ao perfil de consumo do cliente.

No estudo de Malheiro (2011), no qual foram realizadas leituras em períodos de 5 minutos, durante 7 dias, foi observado que 5,4% dessas leituras foram registradas abaixo da vazão

mínima dos hidrômetros, que era de 15,6 L/h. O autor ressaltou o fato de que “[...] muitos caudais inferiores ao mínimo não foram sequer registrados.” A porcentagem média dos medidores que, ao longo do tempo, registraram vazões inferiores à mínima está apresentada na FIG. 3.9.

Cita-se ainda, como exemplo, o estudo de Garcia (2007 *apud* COELHO, 2009), cujo resultado demonstrou que hidrômetros domiciliares de 3 m³/h registraram apenas 16,7% dos consumos abaixo da vazão mínima.

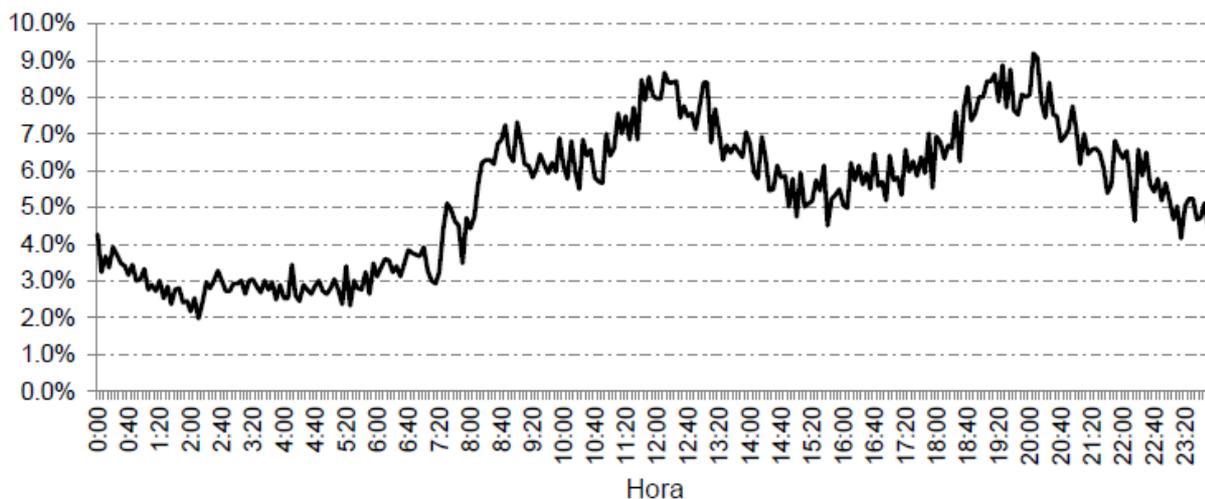


FIGURA 3.9: Porcentagem média de hidrômetros que registraram vazões inferiores a mínima, durante monitoramento de 7 dias.

Fonte: Malheiro (2011).

A minimização da submedição pode ser obtida por meio da instalação de hidrômetros mais sensíveis a baixas vazões. Coelho (2009) mencionou que hidrômetros volumétricos modernos classe C reduzem as perdas por submedição, pois, de acordo com o autor, os de vazão máxima de 3,0 m³/h iniciam seu funcionamento em vazão variando entre 1 e 2 L/h, contra 12 a 15 L/h de hidrômetros velocimétricos tradicionais (TAB. 3.8).

TABELA 3.8 - Vazões de início de funcionamento de diferentes tipos de hidrômetro, de acordo com suas classes metrológicas e vazão máxima.

DN (mm)	Q _{max} (m ³ /h)	Classe	Tipo Hidrômetro	Vazões (L/h)	
				Início func.	Q _{min}
15/20	1,5	B	Mono/multi	8	15
		C	Volumétrico	1	8
15/20	3	B	Mono/multi	12	30
		C	Volumétrico	2	15
25	7	B	Mono/multi	25	70
		C	Volumétrico	5	35
40	20	B	Mono/multi	25	70
		C	Volumétrico	5	35

Fonte: Adaptado de Coelho (2009).

Logo, a escolha do hidrômetro mais adequado a cada caso, ou seja, capaz de medir com precisão satisfatória o volume de água que o atravessa, é uma etapa importante no processo de micromedição. Segundo Gonçalves e Itonaga (2007), para o correto dimensionamento do hidrômetro é necessário o levantamento de dados como a vazão de pico, a vazão média ou normal de operação, a vazão mínima que se tem interesse de medir e a exatidão esperada na medição. A partir dessas informações é possível definir a classe metrológica e a vazão nominal que deve ter o hidrômetro para que a micromedição seja realizada de maneira mais apropriada em uma situação específica.

Rech (1999) relatou que embora normas brasileiras e mesmo internacionais definam a vazão nominal (metade da vazão máxima) dos hidrômetros como sendo a vazão de serviço, considerada a vazão ideal de trabalho, o recomendável é que para o regime de 10 horas por dia, a vazão máxima de trabalho do hidrômetro domiciliar seja apenas 50% da vazão nominal (TAB. 3.9). Tal assertiva baseou-se em experiência realizada pelo autor (RECH, 1991), na qual duas baterias de 10 hidrômetros em série, de vazão nominal 1,5 m³/h (vazão máxima 3 m³/h), foram submetidas a trabalhar em condições forçadas durante 34 dias, 24 horas por dia. A primeira bateria de hidrômetros foi submetida a vazões próximas a 50% da vazão nominal (média de 757,64 L/h) e a segunda a vazões próximas a vazão nominal (média 1612,22 L/h). Os hidrômetros foram aferidos antes e após esse experimento, para verificação, por meio do erro percentual, da influência do desgaste acelerado. Os hidrômetros que trabalharam em vazões próximas de 50% da vazão nominal tiveram variação média de 0,9% a mais no erro percentual, enquanto os que trabalharam com vazões próximas a nominal tiveram variação de 1,8%. Logo, a vazão de trabalho interferiu no desgaste do mecanismo interno dos hidrômetros, fazendo com que os mesmos registrassem volumes acima dos que de fato

escoaram; sendo o efeito maior para os hidrômetros que foram submetidos às vazões mais elevadas. Casos como esse, de sobremedição, embora não causem perdas aparentes e correspondente prejuízo financeiro às concessionárias, lesam o consumidor; não representando, portanto, a situação ideal, que seria, na verdade, a micromedição precisa.

TABELA 3.9 – Recomendação da vazão nominal ideal do hidrômetro, de acordo com o registro de consumo mensal do cliente.

Hidrômetro - Q_n (m ³ /h)	Registro máximo mensal* (m ³)
1,50	225
3,50	525
5,00	750
10,00	1500
15,00	2250

* RMM = 0,5 Q_n x 10 horas x 30 dias

Fonte: Rech (1999).

Essa recomendação de Rech (1999), embora seja uma referência para concessionárias que, com relação aos dados dos clientes, disponham apenas do consumo mensal (TAB. 3.9), não garante que, caso tal regra seja aplicada, não atravessem pelos hidrômetros vazões até superiores às máximas, uma vez que tal cálculo não leva em consideração as variações diárias do consumo. 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. Contudo, de acordo com Pereira e Ilha (2008), o método baseado na determinação do volume total consumido em determinado período, para dimensionamento dos hidrômetros, é um dos mais utilizados pelas concessionárias.

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 medição (ARREGUI, *et al.*, 2005, *apud* MALHEIRO, 2011; GONÇALVES e ITONAGA, 2007; PNCDA, 2003b). Deve-se ainda, conforme corroborado pelo PNCDA (2003b), 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, deve ser verificado 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.

Observa-se ainda que, de acordo com Coelho (2009), a vida útil de um hidrômetro de vazão máxima de 3,0 m³/h classe C é o dobro da vida útil de um hidrômetro de mesma vazão máxima classe B (TAB. 3.10). Logo, essa é mais uma questão a ser ponderada pela concessionária quando da verificação da rentabilidade da utilização de uma classe de hidrômetros em detrimento de outra.

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), mais específicos, a verificação da viabilidade de substituição dos hidrômetros de classe metrológica B por hidrômetros classe C, principalmente para as ligações com maior consumo médio.

TABELA 3.10 – Vida útil de diferentes tipos de hidrômetros em função do tempo de uso e do volume acumulado.

DN (mm)	Q _{max} (m ³ /h)	Classe	Tipo Hidrômetro	Vida útil	
				Tempo (ano)	Vol. acum (m ³)
15/20	1,5	B	Mono/multi	5	1.200
		C	Volumétrico	10	2.400
15/20	3	B	Mono/multi	5	2.400
		C	Volumétrico	10	4.800
25	7	B	Mono/multi	4	28.880
		C	Volumétrico	4	28.880
40	20	B	Mono/multi	3	36.000
		C	Volumétrico	3	36.000

Fonte: Adaptado de Coelho (2009).

Oliveira (2014) está realizando um experimento, em escala de bancada, simulando abastecimento indireto, para verificação do erro de indicação de dois hidrômetros, um de classe B e outro de classe C. Esses aparelhos estão sendo testados em 4 vazões distintas, por intervalos de 1 hora, a pressão de 3,5 x 10² Pa. Até o momento, foram realizados 14 testes nas vazões de 20 L/h e 10 L/h, 13 testes na vazão de 15 L/h e 18 na vazão de 8 L/h. Os resultados encontrados estão representados na TAB. 3.11 e na FIG. 3.10.

Pode-se observar que para as vazões de 10 L/h, 15L/h e 20L/h, como era de se esperar, o hidrômetro de classe C apresentou erros de indicação menores do que os encontrados no

hidrômetro classe B. Intrigante, contudo, foi o valor de 78,8% de submedição do hidrômetro de classe C na vazão de 8 L/h, menor vazão de teste. Esse valor é muito superior aos 9,4%, obtido para o hidrômetro classe C na vazão de 10 L/h e ultrapassa até mesmo os 39,7% de submedição na vazão de 8L/h, do hidrômetro classe B, considerado menos preciso em vazões menores.

TABELA 3.11 – Erros de indicação de hidrômetros classe B e C testados em escala de bancada.

Vazão de Teste (L/h)	Número de Testes (unid.)	Erro Médio (%)		Desvio Padrão	
		Hidrômetro Classe B	Hidrômetro Classe C	Hidrômetro Classe B	Hidrômetro Classe C
8	18	-39,7	-78,8	31,1	24,4
10	14	-41,5	-9,4	29,5	14,6
15	13	-5,7	3,3	13,1	3,7
20	14	-11,8	2,8	5,5	5,0

Fonte: Adaptado dos dados cedidos por Oliveira (trabalho em fase de elaboração).

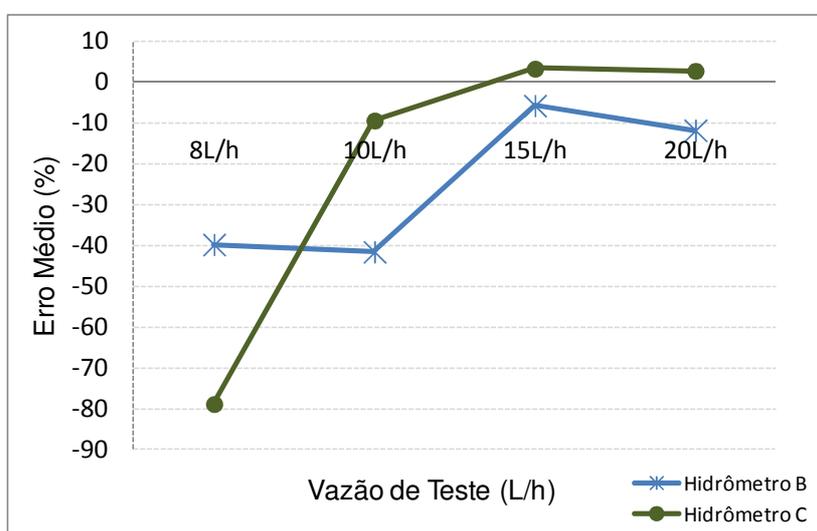


FIGURA 3.10: Erros de indicação de hidrômetros classe B e C em diferentes vazões.
Fonte: Adaptado dos dados cedidos por Oliveira (trabalho em fase de elaboração).

Borges (2007) comparou a micromedição entre essas duas classes de hidrômetros, em um estudo realizado em 25 domicílios de Uberlândia abastecidos pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Neste estudo os domicílios foram amostrados aleatoriamente, aparelhos classe C foram instalados em série com os de classe B, que já se encontravam nas residências, e monitorados durante três períodos de uma semana cada. A vazão nominal dos hidrômetros era de 1,5 m³/h. Não foi informado se os hidrômetros eram do tipo úmido ou seco e, tampouco, o tempo de uso dos aparelhos de classe B. Os valores médios de pressão variaram de 1 a 5 kgf/cm². O autor verificou que, em média, os equipamentos de classe C registram um volume 13,56% superior ao medido pelos aparelhos de classe B. No final de seu

trabalho Borges (2007) mencionou, entre uma das recomendações, a necessidade de além de relacionar a eficiência da micromedição com a determinação de um índice de perdas, relacioná-la ainda ao prejuízo financeiro das companhias de saneamento.

Experimento realizado sob a supervisão técnica do Liceu de Artes e Ofício de São Paulo (LAO), em parceria com o SEMASA (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André), que também buscou verificar se a vantagem metrológica do hidrômetro classe C em relação ao de classe B se confirma em campo, através da comparação simultânea dos aparelhos, abordou inclusive aspectos financeiros (PNCDA, 2003c). Tal experimento se consistiu na realização de leituras em campo a cada 15 dias, a princípio, durante 3 anos de estudo, em domicílios que representavam o usuário residencial médio da cidade. Todos os hidrômetros utilizados possuíam vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo que os de classe C eram do tipo úmido, enquanto os de classe B eram do tipo seco, com transmissão magnética. Os dados de pressão não foram mencionados. Os resultados demonstram que os hidrômetros classe C mediram 12% a mais de volume do que os de classe B; valor esse próximo aos 13,56% encontrado por Borges (2007). Neste estudo, concluiu-se que para a SEMASA a diferença de preço entre os hidrômetros de classe C e classe B se paga em aproximadamente cinco meses.

Além de substituir hidrômetros de uma classe por outra mais precisa a baixas vazões, para reduzir a submedição, pode-se recorrer a um hidrômetro de mesma classe, porém com menor vazão nominal. Por exemplo, ao invés de substituir hidrômetros classe B de vazão nominal igual a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão mínima de $0,030 \text{ m}^3/\text{h}$), por hidrômetros classe C também de vazão nominal $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão mínima de $0,015 \text{ m}^3/\text{h}$), pode-se optar em substituí-los pelos de classe B de vazão nominal $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão mínima de $0,015 \text{ m}^3/\text{h}$). Opção essa adotada no experimento realizado por Pereira e Ilha (2008), que levantaram o perfil de consumo de 22 residências que possuíam hidrômetros classe B de vazão máxima de $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Posteriormente, substituíram esses aparelhos por outros novos previamente aferidos em laboratório em 13 faixas de vazão e, em seguida, aferiram os antigos (TAB. 3.12). Observa-se que o erro médio ponderado encontrado nos hidrômetros que já possuíam um tempo de uso foi maior que 15%, enquanto os novos apresentaram um valor de 8,2%. De acordo com os autores, poderiam ter sido usados hidrômetros volumétricos ou velocimétricos classe C, contudo seriam obtidos melhores resultados com os aparelhos volumétricos classe C.

Ressalta-se que, tanto nesse último estudo citado, quanto no de Borges (2007), a redução obtida na submedição deve ter sido alcançada não apenas devido às características metrológicas dos aparelhos, mas também por causa da diferença do tempo de utilização dos mesmos. Na pesquisa de Borges (2007), foram instalados hidrômetros classe C novos em série com hidrômetros classe B que já vinham sendo utilizados pelos consumidores e isso tem que ser levado em consideração. Seriam obtidos os mesmos resultados se todos os hidrômetros tivessem sido instalados simultaneamente, em série, nos domicílios? Provavelmente a diferença de submedição entre eles seria menos acentuada.

TABELA 3.12 – Erros de aferição de hidrômetros classe B usados de Qmax de 3,0 m³/h e novos de Qmax de 1,5 m³/h, com respectivos pesos em função do perfil de abastecimento.

Faixas de vazão (L/h)	Perfil de abastecimento encontrado na amostra (Peso)	Hidrômetro retirado de campo		Hidrômetro novo	
		Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento	Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento
0-8	8,03	-100,00	-8,030	-100,00	-8,030
8-15	8,20	-66,35	-5,441	-2,67	-0,219
15-30	10,86	-18,11	-1,966	0,83	0,090
30-45	7,72	-4,24	-0,327	0,88	0,068
45-60	6,38	-0,78	-0,050	0,88	0,056
60-75	4,72	0,28	0,013	0,30	0,014
75-90	4,83	0,69	0,033	0,23	0,011
90-120	5,74	0,85	0,049	0,34	0,020
120-150	4,86	0,89	0,043	0,21	0,010
150-500	26,18	0,53	0,139	-0,62	-0,162
500-750	9,17	0,63	0,058	-0,79	-0,073
750-1050	2,92	0,70	0,020	-0,62	-0,018
1050-1500	0,39	0,79	0,003	-0,78	-0,003
erro médio ponderado			-15,454		-8,235

Fonte: Pereira e Ilha (2008).

3.4.2 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.

A princípio, tendo afetada sua precisão, o hidrômetro pode computar vazões maiores do que as que realmente o atravessaram (erro positivo) ou menores (erro negativo); contudo, experimentos recentes vêm demonstrando erros negativos. No estudo desenvolvido por Scalize *et al.* (2007) foram examinados 862 hidrômetros de classes A e B, de seis diferentes marcas, fabricados entre 1995 e 2006. Esses aparelhos foram retirados da rede de distribuição

e submetidos a teste em bancada em três vazões, 15 L/h (classe B) e 30 L/h (classe A), 75 L/h (classe A e B) e 750 L/h (classe A e B). Foram considerados os valores de erros máximos admissíveis previstos na Portaria n.º 246 do INMETRO (2000). O estudo demonstrou que dos 862 hidrômetros avaliados, 37,1% foram reprovados registrando a menos e não foi encontrado nenhum hidrômetro marcando a mais. Rech (1999) elucidou que o erro positivo é atribuído apenas a medidores antigos, os quais possuíam órgãos medidores em seção circular, com orifícios menores e em maior quantidade, comparados aos atuais. Tais características acarretavam na incrustação de partículas em suspensão presentes na água, reduzindo ainda mais o diâmetro dos orifícios de passagem e elevando a velocidade do jato de água incidente sobre a turbina, o que gerava o erro percentual positivo. O autor afirmou que nos hidrômetros atuais já houve a eliminação das causas que provocavam erros positivos (contra o consumidor), mas ainda há erros negativos (contra a concessionária), provocados pelos desgastes que ocorrem, mesmo com o uso normal, gerando resistências passivas nas peças móveis e fazendo o medidor registrar menos do que deveria.

No estudo realizado por Depexe e Gasparini (2012), com dados de um parque de hidrômetros com mais de 1 milhão de ligações (clientes com consumo médio variando entre 11 e 50 m³/mês e que utilizavam aparelhos de classe metrológica B com até 11 anos de instalação), foi observada uma taxa de redução do volume micromedido médio de aproximadamente 1,0% ao ano. Os autores mencionaram que Arregui *et al.* (2010) consideram usuais taxas de redução de eficiência entre 0,1% e 0,9% e citaram Ferréol (2005) que, por sua vez, afirmou que a eficiência do parque cai aproximadamente 1% ao ano – valor que coincide com o resultado encontrado pelos mesmos.

Em vertente semelhante, Mutikanga *et al.* (2011) realizaram um experimento no qual 250 hidrômetros, agrupados em diferentes faixas etárias, foram testados em 11 vazões em um laboratório. Os resultados demonstram submedição variando de 15 a 20% para hidrômetros com menos de 5 anos e de 28% para hidrômetros com mais de 12 anos, sendo que a maioria dos hidrômetros com mais de 5 anos foi incapaz de registrar fluxos menores que 100 L/h.

No trabalho de Fournior (2004 *apud* COELHO, 2009), no qual foi avaliado um parque de hidrômetros, também foram registradas submedições maiores em aparelhos que estavam a mais tempo em uso, como retratado na FIG. 3.11. Verificou-se que as submedições foram de 14,5%, 29,5%, 36,6% e 47,8% nos hidrômetros com 1, 4, 5 e mais de 10 anos de uso,

respectivamente. Valores esses superiores aos encontrados por Mutikanga *et al.* (2011) e Depexe e Gasparini (2012), mas que, da mesma forma, evidenciam a perda de precisão dos aparelhos no decorrer do tempo de uso.

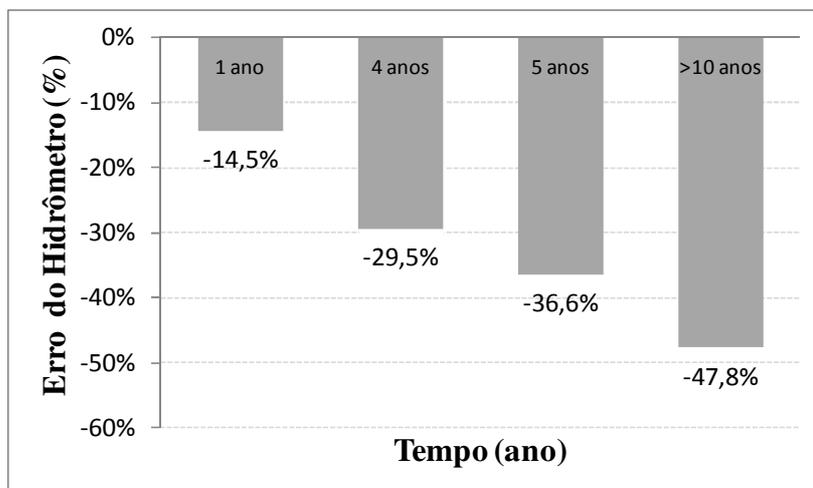


FIGURA 3.11: Representação de perdas por submedição em hidrômetros com 1, 4, 5 e mais de 10 anos de serviço.

Fonte: Adaptado de Fournior (2004 *apud* COELHO, 2009).

Contudo, Coelho (2009) advertiu que dados de submedição de um parque de hidrômetros de uma concessionária não representam a realidade de outra, mencionado que fatores como a qualidade da água, regime de funcionamento do sistema de abastecimento, padrão de utilização, fraudes, projeto e qualidade do hidrômetro utilizado, afetam a exatidão do aparelho ao longo do tempo. O autor enfatizou a necessidade das concessionárias avaliarem, em condições reais, as perdas por submedição, destacando que atualmente existe pouca informação sobre a performance dos hidrômetros instalados ao longo do tempo e sobre os diversos fatores que afetam a exatidão desses aparelhos. Scalize *et al.* (2007) alertaram que a troca indiscriminada de hidrômetros pode trazer resultados negativos ao invés de benefícios. No trabalho desenvolvido, os mesmos verificaram a necessidade de implantação de um programa para análise do desempenho metrológico dos hidrômetros instalados, de forma a possibilitar a troca pontual dos medidores com submedição.

Outra questão a ser abordada é que para as vazões mais baixas os erros são maiores, como pode ser verificado nos resultados de ensaios realizados no estudo de Fournior (2004 *apud* COELHO 2009) em hidrômetros velocimétricos de 3 m³/h de vazão máxima, retratados nas curvas de erros a seguir (FIG. 3.12 e 3.13). Observa-se que à medida que a vazão foi aumentando as medições foram apresentando erros mais próximos de zero. E, fica nítido, ao comparar essas figuras, que na FIG. 3.13, na qual foram representadas curvas de erros para

hidrômetros com 10 anos ou mais de instalação, as curvas estão muito mais dispersas que as da FIG. 3.12, traçadas a partir de ensaios de hidrômetros que tinham apenas um ano de uso. Assim, nessas ilustrações, pode-se visualizar o aumento da perda de precisão desses aparelhos tanto em função da redução das vazões, quanto devido ao aumento do tempo de uso.

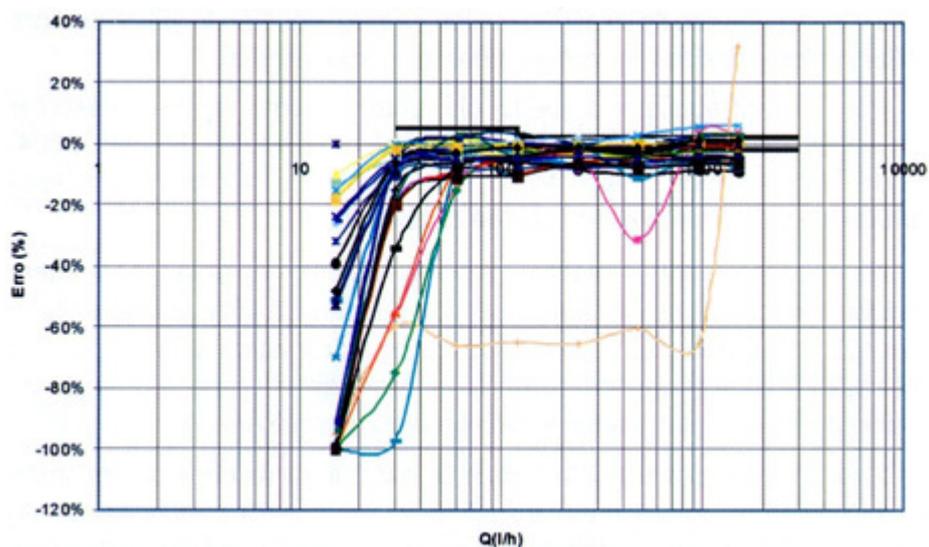


FIGURA 3.12: Curva de erros resultantes de ensaios de hidrômetros domiciliares velocimétricos com tempo de instalação de 1 ano.
Fonte: Fournior (2004 *apud* COELHO, 2009).

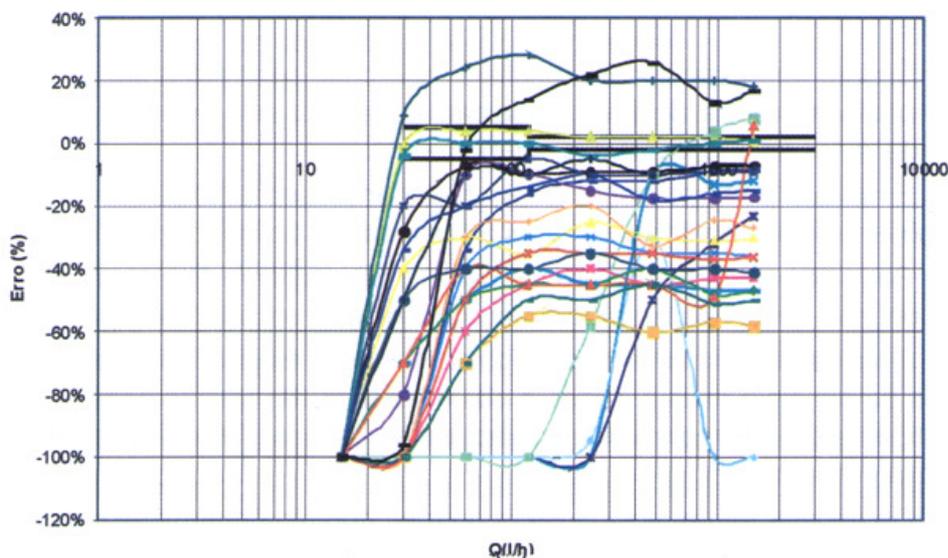


FIGURA 3.13: Curva de erros resultantes de ensaios de hidrômetros domiciliares velocimétricos com 10 ou mais anos de instalação.
Fonte: Fournior (2004 *apud* COELHO, 2009).

A ocorrência de aumento da imprecisão dos hidrômetros associada ao aumento do tempo de uso e redução da vazão também foi observada na pesquisa desenvolvida por Criminisi *et al.*

(2009). O estudo envolveu 180 hidrômetros, coletados de residências situadas na cidade de Palermo (Itália), que possuíam entre 0 e 45 anos de uso. Os aparelhos foram testados em laboratório, em uma pressão de 0,8 atm, sendo identificadas as vazões de início de movimento e os erros de medição nas vazões de 35 e 120 L/h (TAB. 3.13).

TABELA 3.13 – Identificação, por meio de testes de laboratório, das vazões de início de movimento e dos erros médios de indicação em hidrômetros com faixa etária variando entre zero e 45 anos de uso.

Faixa de idade dos hidrômetros* (anos)	Quantidade de hidrômetros testados (unid.)	Vazão média de início de movimento (L/h)	Erro médio na vazão de 35 L/h**	Erro médio na vazão de 120 L/h***
0-5	20	5,69	-2,60	0,78
5-10	20	6,69	-8,80	1,18
10-15	20	12,31	-8,90	2,67
15-20	20	11,48	-7,90	1,44
20-25	20	16,43	-19,50	-1,57
25-30	20	9,92	-7,90	-2,59
30-35	20	16,48	-36,80	-6,10
35-40	20	18,74	-45,10	-8,47
40-45	20	33,40	-83,10	-17,92

* Os hidrômetros com mais de 10 anos de instalação são da classe B e os demais da classe C.

** Como a maior vazão média de início de movimento encontrada foi de 33,40 L/h, foi escolhida uma vazão maior que essa, de 35 L/h, para os testes.

*** Vazão de transcrição de novos hidrômetros classe B

Fonte: Adaptado de Criminisi *et al.* (2009).

Com exceção das faixas de 15 a 20 e de 25 a 30 anos de uso, pode-se notar, para vazão de 35 L/h, um claro aumento do erro de medição nos hidrômetros com mais idade. Enquanto os hidrômetros com menos de 5 anos apresentaram submedição de 2,6%, os que tinham entre 40 e 45 anos de uso tiveram submedição de 83,6%. Observa-se ainda que para todas as faixas etárias os erros médios dos hidrômetros foram mais elevados no teste com a vazão de 35L/h do que no teste com a vazão de 120 L/h.

O estudo também demonstrou o aumento da vazão de início de movimento para hidrômetros com maior tempo de utilização, ressalvadas as duas faixas etárias 15 a 20 e 25 a 30 anos, mencionadas anteriormente. O que justifica parte da elevação dos erros de medição dos hidrômetros ao longo do tempo. Os autores mencionaram que 8% dos hidrômetros testados apresentaram vazão de início de movimento maior que 65 L/h.

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, registram um volume maior do que de fato o atravessou, prejudicando o consumidor.

Divergindo, portanto, da afirmação de Rech (1999) já mencionada, que dizia que nos hidrômetros atuais já houve a eliminação das causas que provocavam erros positivos.

A redução na precisão dos aparelhos ao longo do tempo de uso é de certa forma, como se poderá notar, admitida pela Portaria n^o. 246 do INMETRO (2000). Conforme consta na mesma, os hidrômetros, antes de serem comercializados, devem ser submetidos a ensaios para aprovação. Dentre eles, é exigida a determinação dos erros de indicação – curva de erros, nas quais são utilizadas vazões pré-determinadas e admitidos os seguintes erros máximos na indicação do volume escoado pelos hidrômetros: (i) $\pm 5\%$ entre Q_{min} , inclusive, e Q_t , exclusive, e, (ii) $\pm 2\%$ entre Q_t , inclusive, e Q_{max} , inclusive. No entanto, para verificações periódicas e eventuais de hidrômetros em uso, as quais devem ser realizadas dentro de um limite não superior a cinco anos de utilização do aparelho, a mesma portaria considera, na determinação da curva de erros, valores menos rigorosos para os erros máximos admissíveis, a saber: (i) $\pm 10\%$ entre Q_{min} , inclusive, e Q_t , exclusive, e, (ii) $\pm 5\%$ entre Q_t , inclusive, e Q_{max} .

3.4.3 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.

Durante o enchimento de uma caixa d'água, há que se considerar que quanto mais a haste da boia se aproximar da posição horizontal, na qual ocorre o fechamento, menor será a vazão que afluirá na caixa d'água e, portanto, que atravessará o hidrômetro. Outra questão é a de que quanto maior for a área superficial da caixa d'água, mais lento será o movimento vertical da

haste da boia até a interrupção total do fluxo. Enfatiza-se, porém, que esse comportamento é mais acentuado nas boias convencionais.

Pereira e Ilha (2008) compararam o comportamento de uma boia de alta vazão com o de uma boia convencional, quando do enchimento de um reservatório (FIG. 3.14). Observaram que para a boia de alta vazão, durante todo o período de enchimento do reservatório, os valores de vazão registrados foram superiores à vazão nominal do hidrômetro de teste e, quando o nível de fechamento foi atingido, o fluxo de entrada de água foi rapidamente interrompido. Contudo, para a boia convencional parte do enchimento ocorreu na faixa abaixo da vazão mínima, ocasionando a submedição.

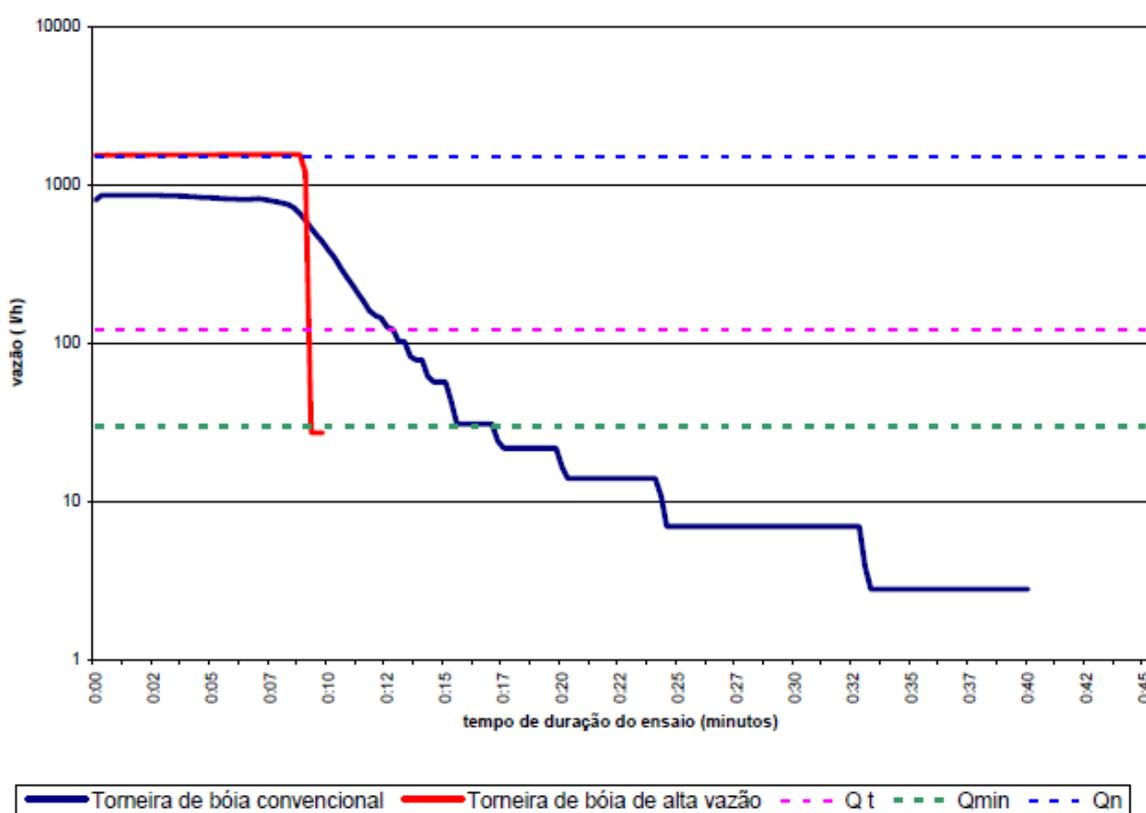


FIGURA 3.14: Comportamento das vazões ao longo do tempo para as boias convencional e de alta vazão.

Fonte: Pereira e Ilha (2008).

No experimento realizado no DEMA E de Porto Alegre por Rech (TAB. 3.14), pôde ser observada a diferença entre a vazão de um ponto típico de consumo e a vazão que entra no reservatório, amortizada por uma boia. O experimento foi iniciado com o reservatório completamente cheio e torneira boia totalmente vedada, sendo instalados um funil e canalização especial para desviar a água que entraria no reservatório após abertura da boia.

Primeiramente, foi retirado da torneira de uma cozinha, alimentada pelo referido reservatório, um litro de água, a uma vazão de 507 L/h, e observado o comportamento da boia que permaneceu fechada. Após ser retirado o segundo litro, houve o início do processo de enchimento (desviado para fora) do reservatório, à vazão de uma gota a cada 6,5 segundos. Com três litros consumidos, o espaço de tempo entre uma gota e outra foi de 3 segundos, e assim sucessivamente. Quando o nível do reservatório abaixou 2,5 cm, a vazão atingiu 272,73 L/h.

TABELA 3.14 – Vazões de enchimento de um reservatório a uma pressão de 30 mca, relativas ao abaixamento de até 2,5 cm do nível devido a uma vazão de saída de 507 L/h.

CONSUMO (*) NA TORNEIRA t_1	ENTRADA NO RESERVATÓRIO		
	TEMPO (s)	VOLUME	VAZÃO (L/h)
1 litro	—	—	—
2 litros	6,50	1 gota	—
3 litros	3,00	1 gota	—
4 litros	2,00	1 gota	—
5 litros	1,70	1 gota	—
6 litros	0,90	1 gota	—
7 litros	0,50	1 gota	—
8 litros	95,33	100 mL	3,78
9 litros	47,87	100 mL	7,52
10 litros	21,83	100 mL	16,49
11 litros	11,87	100 mL	30,33
12 litros	16,50	200 mL	43,64
13 litros	19,37	300 mL	55,76
14 litros	48,33	1 litro	74,49
15 litros	37,37	1 litro	96,33
16 litros	28,32	1 litro	127,12
17 litros	23,97	1 litro	150,19
18 litros	20,60	1 litro	174,76
19 litros	17,53	1 litro	205,36
20 litros	15,50	1 litro	232,26
21 litros	13,85	1 litro	259,93
22 litros	13,20	1 litro	272,73

(*) Consumo é a retirada sucessiva de litros de água na torneira t_1 , à vazão de 507 L/h.

Fonte: Rech (1999).

Segundo Rech (1999), a observação local quanto ao enchimento do reservatório, durante o dia, realizada por vários dias e o auxílio das informações da TAB 3.14, permitiram supor que os medidores tenham sua faixa de atuação frequente próxima a 40 L/h. O que está de acordo com o que foi mencionado por Gonçalves e Itonaga (2007), que relataram que em uma edificação que possui reservatório individual, a vazão média de operação do hidrômetro é de

cerca de 40 L/h, enquanto em uma edificação que não possui reservatório, o medidor trabalha em faixa de vazão média de varia aproximadamente de 500 a 800 L/h. Assim sendo, Miranda e Koide (2003) alertaram para o fato de que uma comparação das perdas aparentes e das águas não faturadas, entre sistemas que utilizam caixas d'água e aqueles onde o abastecimento é direto, não é apropriada.

Silva (2008) demonstrou em sua pesquisa que a submedição provocada pelo uso de reservatórios pode ser muito elevada, e que mesmo com a utilização de hidrômetros novos, pode ultrapassar 40%, dependendo do perfil de consumo.

No trabalho de Mutikanga *et al.*(2011), realizado na cidade de Kampala, no qual houve uma pesquisa envolvendo dados de 90 consumidores, avaliados semanalmente durante 4 meses, 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 residência que possuíam caixa d'água (82% dos consumidores) e inferior a 3% para residência com abastecimento direto (18% dos consumidores). Dessa forma, os autores atribuíram como provável razão para os altos erros de medição encontrados na cidade de Kampala a existência de caixas d'água na residência de mais de 80% dos consumidores.

Rizzo e Cilia (2005) desenvolveram uma pesquisa na qual, primeiramente, foram instalados hidrômetros novos de classe D ($Q_n = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$) a montante e a jusante dos reservatórios de três domicílios situados em Malta. Tais aparelhos foram monitorados e os resultados demonstraram que os hidrômetros instalados a montante dos reservatórios registraram um volume de 5 a 9% menor do que o registrado pelos hidrômetros a jusante. Em seguida, as boias comuns, acopladas aos reservatórios dessas três residências, foram substituídas por válvulas solenóides, que permitiam a passagem da água apenas em vazões acima da Q_{min} . Nessa nova configuração, os registros dos hidrômetros de montante e jusante coincidiram, sendo que houve um aumento de 5 a 9% dos volumes registrados pelos aparelhos instalados a montante. Após isso, foi realizado outro experimento no qual foi mantido um hidrômetro instalado a montante de um reservatório, com 5 anos de uso, e instalado um hidrômetro novo apenas a jusante. Com o monitoramento desse sistema foi verificado que mais de 92% do

volume registrado pelo hidrômetro novo não foi contabilizado pelo hidrômetro em funcionamento a montante do reservatório. De acordo com os autores, as alterações na pressão de abastecimento não ocasionaram mudanças significativas nos resultados obtidos ao longo de todos os testes.

Criminisi *et al.* (2009), após avaliarem as perdas aparentes, devido à influência de boias, em 4 residências e de um edifício constituído por 38 apartamentos, observaram diferença entre os casos nos quais o abastecimento indireto era constante daqueles cujo o fornecimento de água era realizado em apenas um período do dia. Os pesquisadores instalaram hidrômetros a montante e a jusante dos reservatórios, para averiguar a diferença de medição entre eles, atribuída à amortização da vazão causada pela presença dos reservatórios. Os volumes de água registrados nos hidrômetros situados a montante e a jusante das caixas d'água, das residências A, B e do edifício, assim como a altura da coluna d'água da rede, estão representados na FIG. 3.15.

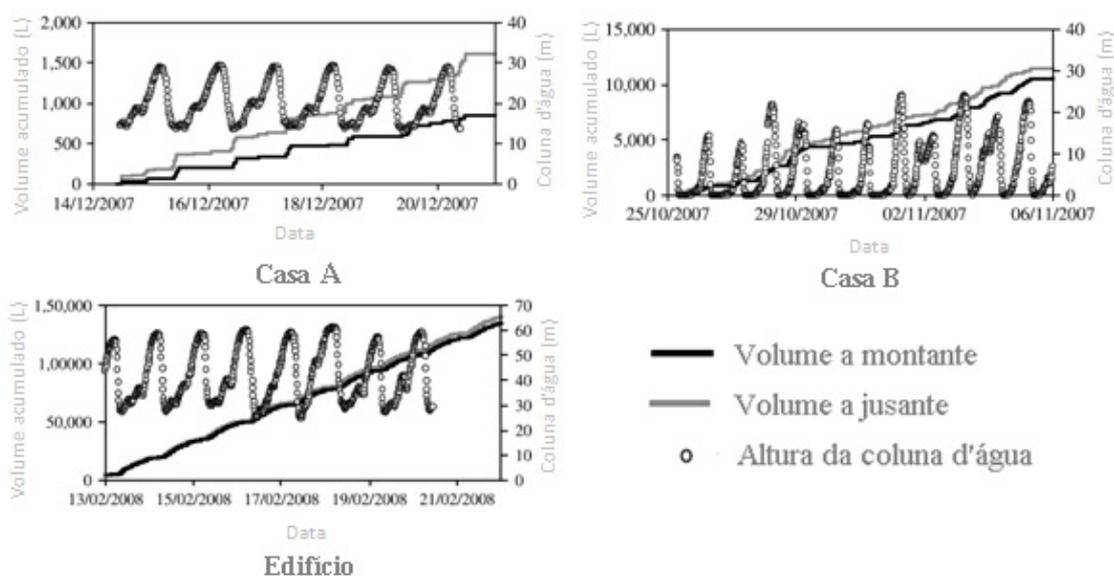


FIGURA 3.15: Volumes registrados pelos hidrômetros situados a montante e a jusante dos reservatórios e altura da coluna d'água da rede, ao longo dos períodos de monitoramento. Fonte: Adaptado de Criminisi *et al.* (2009).

Os resultados dessa pesquisa, apresentados na TAB. 3.15, demonstraram uma perda de 49% na casa A, na qual a família recebia água da rede constantemente e de 8% para casa B, que era abastecida de forma intermitente, com um período de serviço de cerca de 16 h. Para as casas C e D, que tinham o abastecimento realizado somente durante a noite, de acordo com os

autores, as perdas aparentes devido à utilização de boias foram desprezíveis. Já para o edifício residencial, também abastecido de forma contínua, como a casa A, com o nível d'água do reservatório sempre próximo do máximo, as perdas foram de apenas 4%. Os autores relataram que, nesse caso, as perdas aparentes não foram maiores porque as vazões do sistema eram mais elevadas do que a vazão de início de movimento dos hidrômetros e, ainda, provavelmente, devido às características da boia do local, que permitiam apenas a passagem de fluxos mais elevados, mesmo quando o reservatório estava quase cheio.

TABELA 3.15 – Perdas aparentes devido à utilização de caixas d'água obtidas a partir do monitoramento de edificações localizadas na cidade de Palermo (Itália), abastecidas em diferentes períodos do dia.

Local de estudo	Período de abastecimento	Perdas aparentes devido à caixa d'água (%)
Casa A	Alimentação contínua da caixa d'água	49
Casa B	Alimentação da caixa d'água de forma intermitente durante o dia	8
Casa C	Alimentação da caixa d'água durante a noite	-
Casa D	Alimentação da caixa d'água durante a noite	-
Edifício	Alimentação contínua da caixa d'água	4

Fonte: Adaptado de Criminisi *et al.* (2009).

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. 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, que fazem com que vazões baixas, que possam adentrar no reservatório, sejam transformadas em pulsos de alta vazão. 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 os fatores intervenientes – principalmente no que tange à parcela de perdas aparentes – conforme objetivos listados, o presente trabalho buscou analisar especificamente a influência de duas variáveis: a classe metrológica e o tempo de uso dos hidrômetros; sendo a metodologia apresentada a seguir.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de uma cooperação entre o SAAE de Itabira e a UFMG. A metodologia foi constituída por três etapas, sendo que cada uma visava atender a um dos objetivos específicos mencionados. A representação esquemática das etapas do estudo pode ser visualizada na FIG. 4.1.

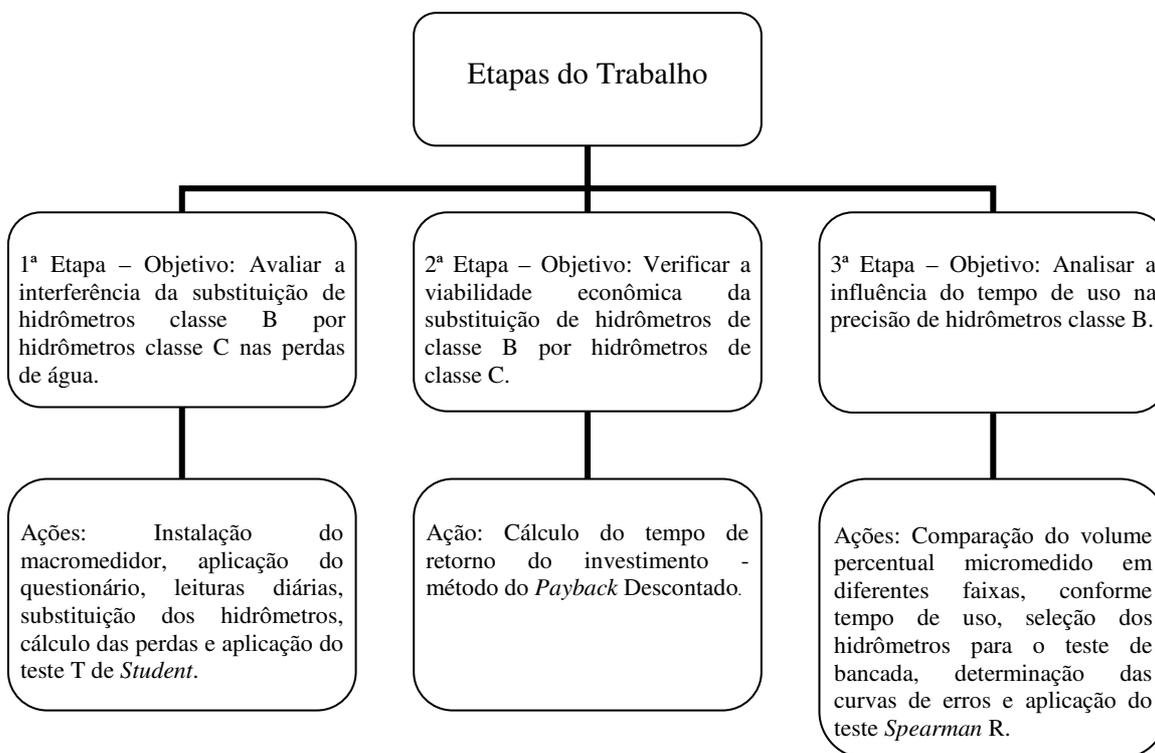


FIGURA 4.1: Representação esquemática das etapas do estudo.

4.1 Etapa 1: avaliação da interferência da substituição de hidrômetros classe B por hidrômetros classe C nas perdas de água

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, com pressão média de distribuição de água variando entre 1 e 3 kgf/cm². As redes de distribuição de água foram instaladas no local no ano de 1995, ou seja, 18 anos antes do início da presente pesquisa.

Nesse condomínio havia 83 ligações ativas de água, providas de hidrômetros em funcionamento regular. Dessas ligações, 73 eram de edificações residenciais⁸, 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 da presente pesquisa foi a instalação de um macromedidor eletromagnético para contabilizar o volume de água afluyente ao condomínio (FIG. 4.2). Observa-se que foi instalado um aparelho novo, previamente calibrado (certificado de calibração em anexo). Trata-se de um macromedidor do modelo *waterflux 3070 c* que, de acordo com o fabricante, devido à formação de um campo magnético forte e homogêneo, mede fluxos altos e baixos com grande exatidão e, ao contrário dos mecânicos, é livre de obstrução e não provoca perda de pressão; além disso, mantém sua precisão ao longo do tempo, pois não possui peças internas sujeitas ao desgaste.

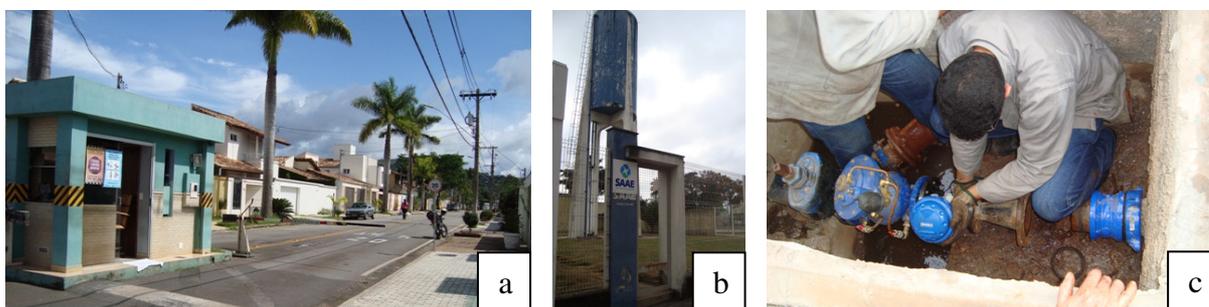


FIGURA 4.2: Local onde foi desenvolvido o estudo em escala real: a) portaria do condomínio; b) ponto no qual o macromedidor foi instalado; e c) instalação do macromedidor.

Após a instalação do macromedidor, 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, ou seja, os hidrômetros de classe metrológica C também eram velocimétricos, multijato, do tipo seco, com transmissão magnética e de Q_n

⁸ Duas das edificações residenciais estiveram em reforma e sem moradores durante a pesquisa, uma por aproximadamente metade do tempo

igual a 1,5 m³/h. Esses hidrômetros classe C foram monitorados de forma a totalizar mais 25 dias de leitura.

Observa-se que houve situações nas quais alguns moradores não foram encontrados nas suas residências e, não sendo possível realizar a leitura dos hidrômetros, os volumes consumidos foram estimados através de interpolação linear.

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 (EQ. 4.1). Portanto, foram obtidos 24 valores para perda total de água quando da micromedição com hidrômetros de classe B e outros 24 com a utilização dos hidrômetros de classe C.

$$\text{Perda total de Água (\%)} = \frac{\text{Volume Macromedido} - \sum (\text{Volume Micromedido})}{\text{Volume Macromedido}} \times 100 \quad (4.1)$$

A fim de melhor embasar a interpretação dos resultados dos percentuais de perdas totais de água encontrados no condomínio, foi aplicado um questionário aos condôminos. Esse questionário foi constituído por 4 questões, a saber:

- a) Qual é o tipo de abastecimento de água da sua residência?
() direto () indireto () misto;
- b) Nos casos de abastecimento indireto ou misto:
 - b.1) Quantas caixas d'água você tem?
 - b.2) Qual o volume da(s) caixa(s) d'água da sua residência?
- c) Nos casos de abastecimento misto:
 - c.1) Existem quantos pontos com alimentação direta?

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*, sendo formuladas as seguintes hipóteses:

e a outra durante todo o período.

- 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: verificação da viabilidade econômica da substituição de hidrômetros de classe B por hidrômetros de classe C

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.

Para o cálculo do capital investido na substituição dos aparelhos foram considerados dois cenários distintos. No primeiro, partiu-se da premissa de que os hidrômetros de classe B foram substituídos pelos de classe C sem a obrigatoriedade da realização dessa ação, que se deu meramente com o intuito de aumentar a micromedição, ou seja, reduzir as perdas aparentes. No segundo cenário, mais realista, considerou-se que a prestadora de serviço foi obrigada a substituir os hidrômetros porque, devido a desgastes, eles já não atendiam aos padrões estabelecidos pelo INMETRO.

Conforme informações repassadas pela equipe do SAAE de Itabira, o valor de aquisição de um hidrômetro novo classe B, com as mesmas características metrológicas dos que estavam instalados no condomínio, é de R\$ 75,00, enquanto que o de um hidrômetro classe C, como os utilizados para substituir os primeiros, é de R\$ 135,00. Ainda, de acordo com o SAAE, o custo relativo à mão de obra para substituição de cada um dos hidrômetros é de 0,33 homem-hora, equivalente a R\$4,67.

No primeiro cenário, o capital investido totalizou o valor de R\$ 11.593,00, referente aos gastos com a aquisição dos 83 hidrômetros classe C (R\$ 135,00 cada) e com a mão de obra para substituição desses aparelhos (R\$4,67 para cada hidrômetro). Para o segundo cenário, o capital investido computado foi de R\$ 4.980,00, relativo à diferença entre o valor de aquisição

dos hidrômetros classe C em relação aos de classe B.

O TMT foi considerado igual a 5 anos, que corresponde ao período máximo admissível pelo INMETRO (2000) para verificação dos hidrômetros e indicado no *Water Utilities Performance-Based Contracting Manual in Brasil – WAUPBM* (GO Associados, 2013) como tempo de vida útil desses aparelhos.

Para o cálculo mensal do valor do presente dos retornos do investimento (EQ. 4.2) considerou-se como retorno mensal o preço total de venda do volume médio de água registrado a mais pelos hidrômetros de classe C em relação aos de classe B. Foi utilizada a tarifa que mais se enquadra ao perfil médio de consumo do condomínio⁹, da categoria residencial normal maior que 30 m³, 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%¹⁰, de acordo com a recomendação do setor financeiro do SAAE.

$$\text{Valor Presente} = \frac{\text{Valor Futuro}}{(1 + \text{taxa})^{\text{tempo}}} \quad (4.2)$$

4.3 Etapa 3: análise da interferência do tempo de uso na precisão de hidrômetros classe B

Conforme mencionado, os 83 hidrômetros de classe B já estavam em funcionamento nas residências do condomínio no início desta pesquisa. Esses aparelhos 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 do tempo de uso na precisão dos aparelhos, o primeiro procedimento realizado nesta etapa foi segregar os hidrômetros classe B retirados do condomínio em grupos, de acordo com o tempo de utilização dos mesmos.

Com os dados do primeiro e último dia de leitura dos hidrômetros classe B, foi verificado, para cada grupo, o volume percentual de água registrado em relação ao volume total

⁹ Considerando-se o primeiro e o último dia de leitura dos hidrômetros classe B, o volume médio mensal micromedido por ligação foi igual a 30,7 m³, logo o incremento de medição relativo à substituição desses aparelhos pelos de classe C deu-se na última faixa de consumo estabelecida para tarifação da categoria residencial normal, referente ao consumo superior a 30 m³.

¹⁰ Taxa relativa ao mês de outubro de 2013.

contabilizado no macromedidor. Em seguida, foi calculado o volume percentual medido pelos hidrômetros classe C, considerando os dados do primeiro dia de leitura, após substituição de todos os 83 aparelhos classe B pelos de classe C, e do último dia de leitura. Visando analisar os resultados, os dados dos hidrômetros classe C também foram separados em grupos, correspondentes aos dos hidrômetros classe B, conforme ligações.

Os percentuais encontrados nos grupos de hidrômetros de classe B foram comparados aos de classe C, objetivando-se verificar, para os mesmos grupos de usuários, se os que possuíam hidrômetros classe B mais antigos, após substituição por hidrômetros classe C novos, apresentariam maior incremento no percentual do volume medido.

Após análise dos volumes percentuais registrados por todos os hidrômetros, foram realizados testes de bancada em 12 dos 83 aparelhos de classe B que estavam instalados no condomínio. Os hidrômetros 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). Tal ensaio restringiu-se apenas a 12 hidrômetros porque um número maior de aparelhos testados significaria um dispêndio financeiro mais elevado.

Nesse experimento, os hidrômetros são dispostos em uma bancada, na qual um determinado volume de água os atravessa num fluxo pré-estabelecido (Ver FIG.4.3).

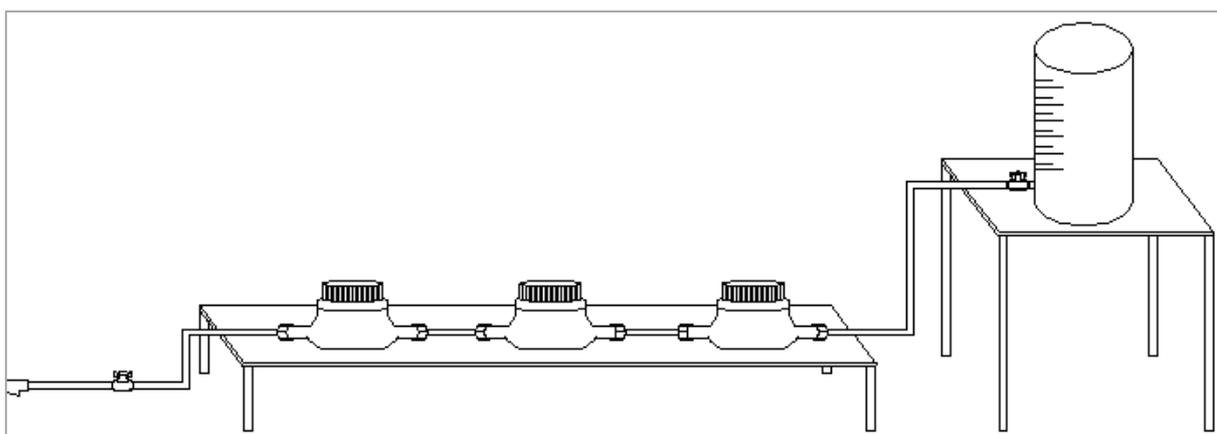


FIGURA 4.3: Representação esquemática de uma bancada de ensaios para determinação da curva de erros dos hidrômetros.

Na representação gráfica da curva de erros, as vazões de ensaio são apresentadas no eixo das abscissas e o valor dos erros de indicação no eixo das ordenadas. Sendo que, de acordo com o

INMETRO (2000), cada erro de indicação, apresentado graficamente, corresponde à média aritmética dos resultados de três ensaios em uma faixa de vazão pré-estabelecida. Contudo, neste estudo, ao invés de três ensaios foram feitos apenas dois, sendo os demais procedimentos realizados conforme preconizado pela referida portaria.

O erro relativo (percentual) apresentado pelo hidrômetro em cada um dos ensaios é calculado segundo a EQ. 4.3:

$$E = \frac{(L_f - L_i) - V_e}{V_e} \times 100 \quad (4.3)$$

na qual:

E = erro relativo (%)

Li = leitura inicial do hidrômetro

Lf = leitura final do hidrômetro

Ve = volume escoado, recolhido na medida de capacidade aferida

Para “Verificações Periódicas e Eventuais” de hidrômetros em uso, como é o caso da presente pesquisa, o INMETRO (2000) estabelece ainda que cada aparelho testado seja ensaiado pelo menos nas 3 seguintes faixas de vazão: a) entre Q_{\min} e $1,1 Q_{\min}$; b) entre Q_t e $1,1 Q_t$; e c) entre $0,45 Q_{\max}$ e $0,50 Q_{\max}$. Os hidrômetros são considerados aprovados caso os erros não ultrapassem a: a) $\pm 10\%$ entre Q_{\min} , inclusive e Q_t , exclusive; e b) $\pm 5\%$ entre Q_t , inclusive e Q_{\max} , inclusive.

De posse desses resultados do teste de “Determinação dos erros – Curva de erros”, para cada uma das faixas de vazão mencionadas, 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. 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: avaliação da interferência da substituição de hidrômetros classe B por hidrômetros classe C nas perdas de água***

O questionário referente ao tipo de abastecimento das 83 ligações de água do condomínio foi respondido por 77,1% dos condôminos. O resultado demonstrou que 4,8% das ligações correspondiam ao abastecimento direto, sendo que essas se referiam a 4 das 5 ligações que estavam sob responsabilidade do condomínio, cujo uso era destinado, por exemplo, à irrigação de áreas verdes comuns. Um percentual de 72,3% dos abastecimentos era do tipo misto e no condomínio não havia nenhuma edificação com abastecimento indireto.

As ligações referentes ao abastecimento direto apresentaram de 1 a 4 pontos com alimentação direta e uma média de 1,75 pontos por ligação.

Nos abastecimentos mistos, o número de caixas d'água variou de 1 a 6 unidades, havia em média 2,3 caixas d'água por ligação e o volume mínimo das mesmas era de 250L e o máximo de 5000L. Para esse tipo de abastecimento, a quantidade de pontos com alimentação direta variou de 1 a 5 e havia em média 2,2 pontos por ligação.

No condomínio, portanto, preponderou o tipo de abastecimento misto. Embora a utilização de pontos de alimentação direta possa representar parte expressiva do volume de água consumido, pois, 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.

Outro passo desta etapa da pesquisa consistiu na medição das perdas totais de água do condomínio, primeiramente quando os condôminos utilizavam hidrômetros de classe metrológica B e posteriormente quando esses foram substituídos pelos de classe C, totalizando 24 dados para cada uma das classes.

Na FIG. 5.1, pode-se observar os percentuais das perdas de água mensurados, ao longo do período de monitoramento, sendo que a medição com hidrômetros classe C foi iniciada dia

21/10/13¹¹. Apenas por essa figura já é possível notar percentuais mais baixos referentes aos hidrômetros classe C.

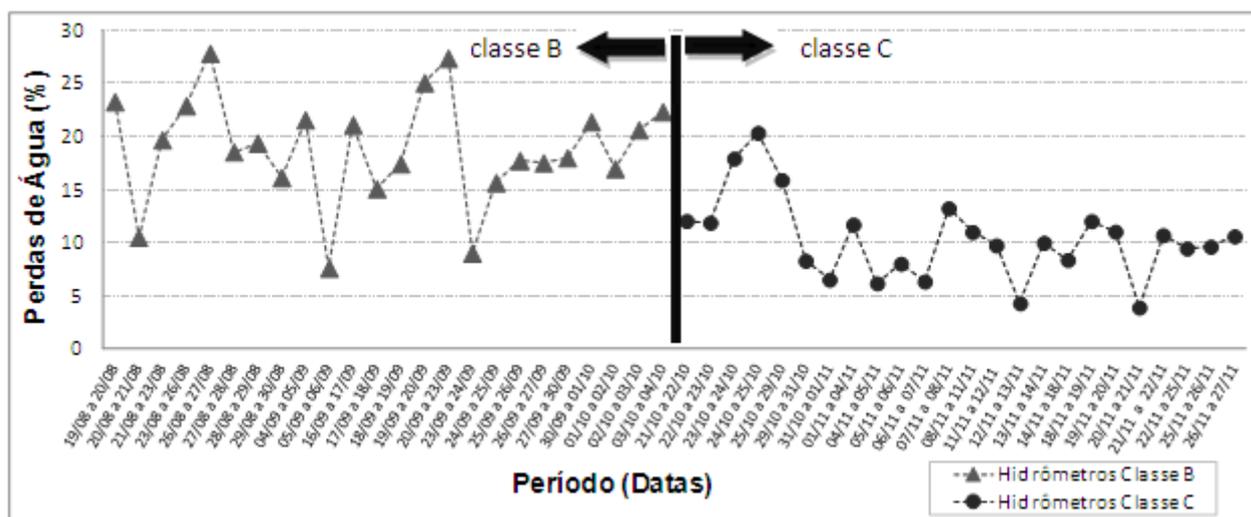


FIGURA 5.1: Perdas de água contabilizadas no condomínio antes e após a substituição dos hidrômetros de classe metrológica B pelos de classe C.

De fato, 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).

A estatística descritiva dos valores percentuais das perdas de água está listada na TAB. 5.1. Observa-se que os valores apresentados referentes à amostra da micromedição com hidrômetros de classe B são todos superiores aos encontrados na amostra mensurada com a classe C. Ressalta-se ainda que a proximidade entre os valores das médias e medianas, em cada uma dessas duas amostras, pode ser um indício que os dados de ambas seguem a distribuição normal.

TABELA 5.1 – Estatística descritiva dos valores percentuais de perdas de águas mensurados no condomínio

Classe Metrológica dos Hidrômetros	Número de dados	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
B	24	7,6	27,9	18,9	19,0	5,1
C	24	3,9	20,3	10,4	10,3	3,9

¹¹ No dia 21/10/13 haviam sido substituídos 81 dos 83 hidrômetros de classe B pelos de classe C. Dos 2 hidrômetros que faltavam ser substituídos, um foi trocado duas semanas após terem sido iniciadas as leituras com os hidrômetros classe C e o outro, 4 semanas depois.

Na FIG. 5.2, na qual estão representados 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. Pode-se ainda observar no *box-whisker* a simetria dos conjuntos de dados dessas amostras, que parecem estar normalmente distribuídos; fato confirmado com a aplicação do teste *Shapiro Wilk W* (ver apêndice).

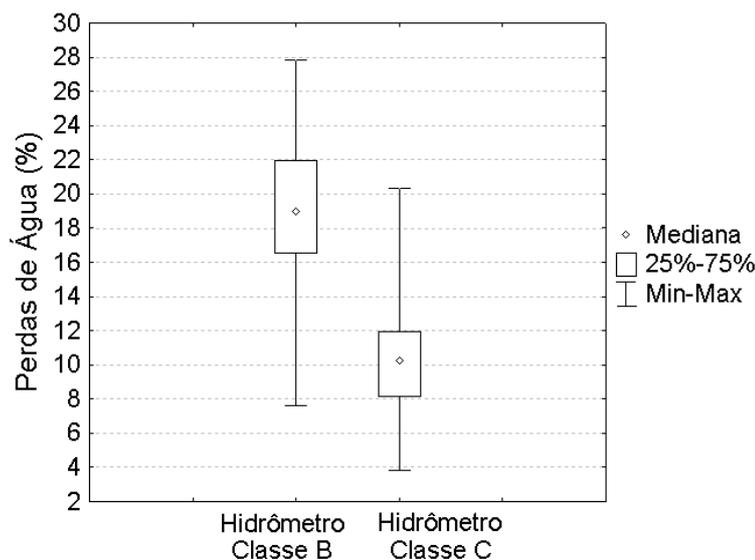


FIGURA 5.2 Box-whisker das perdas de água no condomínio com a micromedicação realizada por hidrômetros de classes metrológicas B e C.

Após a verificação da normalidade dos dados, foi comprovado pelo teste *T de Student*, a um nível de significância de 1%, que a substituição dos hidrômetros usados 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: verificação da viabilidade econômica da substituição de hidrômetros de classe B por hidrômetros de classe C

O período de monitoramento do condomínio, no qual foram realizadas leituras tanto nos hidrômetros quanto no macromedidor, iniciou-se no dia 19/08 e se estendeu até o dia 27/11/2013. Nesse intervalo de tempo, que correspondeu a 100 dias de consumo, foi registrado pelo macromedidor o volume total de água consumido no condomínio igual a 10.427,68 m³. Considerando-se um mês de 30 dias, tal volume equivale a um consumo mensal de 3.128,30 m³.

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 um consumo mensal de 3.128,30 m³, esse percentual corresponde a 265,91 m³ de água sendo medidos mensalmente a mais no condomínio pelos hidrômetros classe C.

No primeiro cenário, considerando os R\$11.593,00 investidos para a substituição dos hidrômetros de classe B do condomínio pelos de classe C, o volume de água de 265,91 m³ medido mensalmente a mais pelo hidrômetro de classe C, uma tarifa de R\$ 3,419/m³ e uma taxa requerida mensal igual a 0,81%, o tempo necessário para recuperar o capital investido e remunerado (PBD) obtido foi de 13,5 meses (ver TAB. 5.2). Logo, o PBD resultou em um valor menor que o tempo máximo tolerado (TMT) de 5 anos, o que indica que, neste estudo de caso, esse projeto de investimento se apresentou economicamente viável.

TABELA 5.2 – Aplicação do método do *Payback* Descontado para o primeiro cenário

Meses	Capitais (R\$)	Valor Presente (R\$)	Valor Presente Acumulado (R\$)
0	(11.593,00)	(11.593,00)	(11.593,00)
1	909,15	901,84	(10.691,16)
2	909,15	894,60	(9.796,56)
3	909,15	887,41	(8.909,16)
4	909,15	880,28	(8.028,88)
5	909,15	873,20	(7.155,68)
6	909,15	866,19	(6.289,49)
7	909,15	859,23	(5.430,26)
8	909,15	852,32	(4.577,94)
9	909,15	845,48	(3.732,46)
10	909,15	838,68	(2.893,78)
11	909,15	831,94	(2.061,83)
12	909,15	825,26	(1.236,57)
13	909,15	818,63	(417,95)
14	909,15	812,05	394,11

No segundo cenário, considerando o capital inicial investido igual a R\$ 4.980,00, o resultado foi ainda mais atrativo. Conforme demonstrado na TAB. 5.3, o tempo necessário para recuperar o capital investido e remunerado (PBD) obtido foi de 5,6 meses.

TABELA 5.3 – Aplicação do método do *Payback* Descontado para o segundo cenário

Meses	Capitais (R\$)	Valor Presente (R\$)	Valor Presente Acumulado (R\$)
0	(4.980,00)	(4.980,00)	(4.980,00)
1	909,15	901,84	(4.078,16)
2	909,15	894,60	(3.183,56)
3	909,15	887,41	(2.296,16)
4	909,15	880,28	(1.415,88)
5	909,15	873,20	(542,68)
6	909,15	866,19	323,51

5.3 Etapa 3: análise da interferência do tempo de uso na precisão de hidrômetros classe B

Os hidrômetros classe B retirados do condomínio possuíam diferentes tempos de uso, conforme representado nos histogramas de frequências simples absoluta e relativa acumulada da FIG. 5.3.

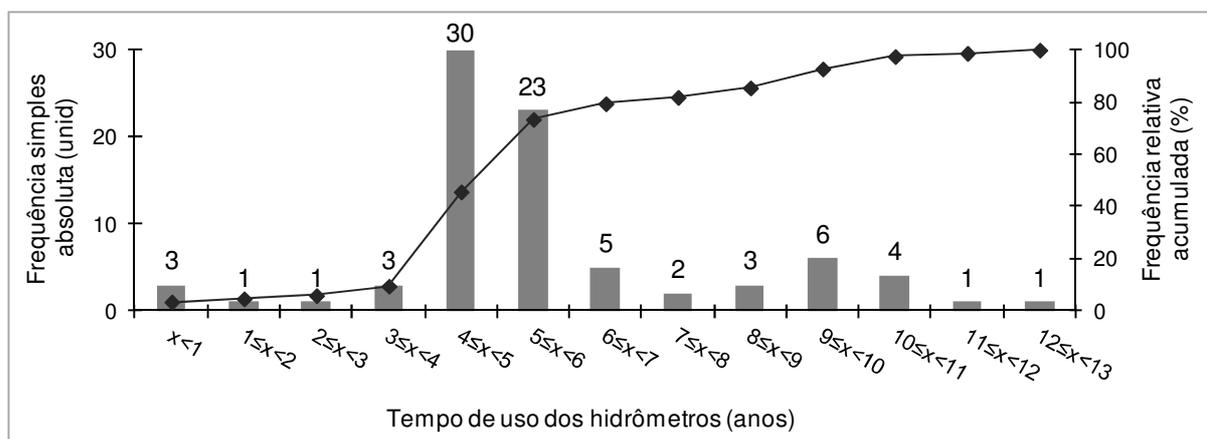


FIGURA 5.3: Distribuição dos valores dos tempos de uso dos 83 hidrômetros de classe B do setor de abastecimento de água em estudo.

Pode-se verificar na FIG. 5.3 que mais de 70% dos hidrômetros possuía menos de 6 anos de uso, estando a maioria dos aparelhos concentrada nas faixas de $4 \leq x < 5$ e $5 \leq x < 6$ anos.

Visto que os hidrômetros novos classe C mediram com maior precisão que os usados de classe B, reduzindo as perdas de água do condomínio, buscou-se verificar se, além da classe metrológica, o tempo de uso dos aparelhos também influenciou nesses resultados. Para isso, quantificou-se para cada faixa etária o volume percentual micromedido pelos aparelhos classe B e comparou-se com o percentual medido nas mesmas ligações pelos aparelhos classe C, após substituição. Os resultados estão demonstrados na FIG. 5.4.

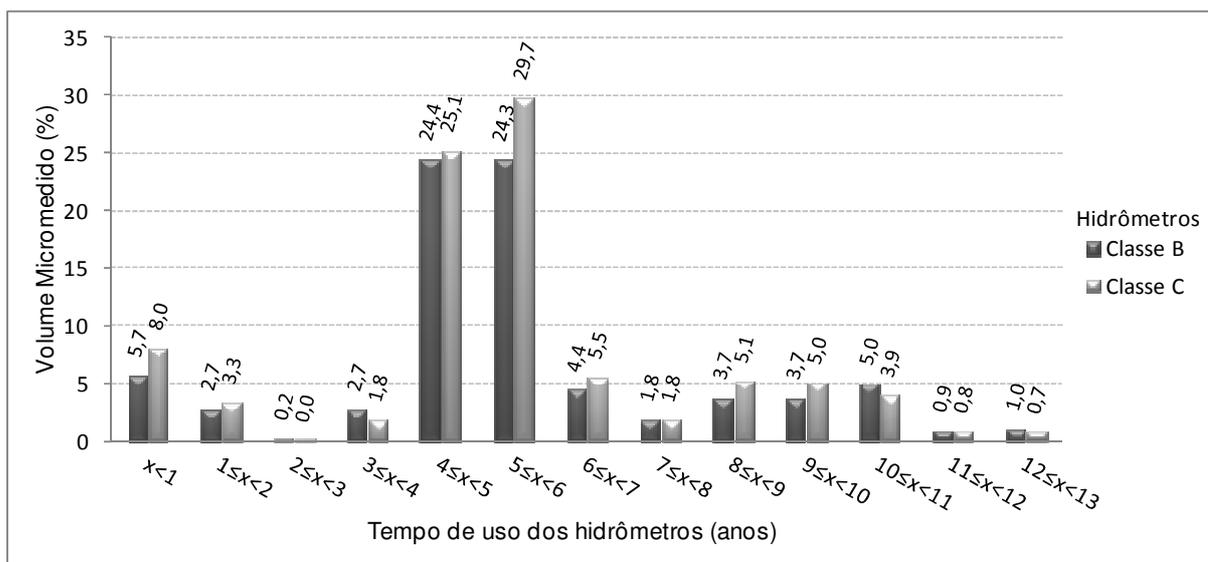


FIGURA 5.4: Volumes percentuais micromedidos no condomínio pelos hidrômetros classes B e C, de acordo com o tempo de uso dos aparelhos.

Partindo da premissa de que no período em que esta pesquisa foi realizada no condomínio não houve variação do percentual do consumo de água nas ligações, entende-se que qualquer alteração do percentual micromedido se daria apenas devido à substituição dos hidrômetros, fato, a princípio, relacionado à classe e ao tempo de uso dos aparelhos. Assim sendo, analisando a hipótese de que os hidrômetros com menos tempo de uso são mais precisos, esperava-se que o percentual médio medido a mais nos hidrômetros classe C, em relação aos de classe B, fosse mais acentuado para as ligações que tinham hidrômetros classe B com maior tempo de uso. Ou seja, o mesmo que dizer que o acréscimo na micromedidação em uma ligação seria mais elevado caso o hidrômetro a ser substituído por um aparelho novo tivesse, por exemplo, 12 anos de uso ao invés 4.

Contudo, os valores representados na FIG. 5.4 demonstraram percentuais menores de medição dos hidrômetros classe C, em relação aos de classe B, nas ligações cujos aparelhos classe B possuíam mais de 11 anos de uso. Na faixa de $7 \leq x < 8$ anos, o percentual medido por ambas as classes foi o mesmo. Já na faixa $x < 1$ ano, na qual se esperava um acréscimo menor após substituição dos aparelhos, o percentual variou de 5,7% para 8%.

A partir desses resultados não foi possível verificar, para os hidrômetros classe B do condomínio, se os aparelhos com maior tempo de uso eram menos precisos. Pode ser que o tempo de uso de fato não tenha influenciado nos resultados de redução das perdas de água ou,

embora tenha havido interferência dessa variável, devido a outros fatores – como alteração do volume consumido após substituição dos aparelhos e do perfil de consumo – não foi possível demonstrá-la.

Ainda, a fim de avaliar a possível interferência do tempo de uso na precisão dos hidrômetros, foram realizados testes em escala de bancada. De cada intervalo de classe demonstrado na FIG. 5.3, 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 $10 \leq x < 11$, no qual não foi selecionado nenhum aparelho. Totalizaram 12 hidrômetros, os quais foram submetidos ao teste de determinação da curva de erros, realizado em três diferentes vazões. Os laudos desses testes foram inseridos no anexo, sendo os resultados listados de forma sintetizada na TAB. 5.4.

TABELA 5.4 – 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 $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, o hidrômetro com 1 ano de uso possui Q_n igual a $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo as vazões de testes do mesmo diferentes das listadas acima, a saber: 15, 62 e 740 L/h .

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} , 8 hidrômetros, dentre os 12 testados, foram reprovados no teste por apresentarem erros de

indicação superiores ao erro máximo admissível de $\pm 10\%$ estabelecido para essa faixa de vazão.

Dos 36 resultados apresentados, 9 erros de indicação foram positivos, ou seja, os hidrômetros mediram um volume maior do que o que de fato atravessou o aparelho, caso no qual o consumidor é prejudicado.

Observa-se que a média dos erros de indicação na vazão de 31 L/h foi de $-16,39\%$, valor esse muito superior aos $-0,58\%$ e $-0,68\%$, obtidos nas vazões de 123 e 1473 L/h, respectivamente, apontando, como era de se esperar, para uma imprecisão maior dos aparelhos quando da medição em vazões mais próximas da Q_{min} .

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 $-10,95\%$. Já os dois hidrômetros de 5 anos de uso apresentaram erros de indicação bem próximos entre si, mas percentualmente superiores, por exemplo, aos do hidrômetro de 8,5 anos de uso.

Os resultados desses testes de bancada podem ser visualizados na curva de erros (FIG. 5.5), na qual fica nítida a presença de erros mais acentuados na vazão de 31 L/h, menor vazão de teste, referente à Q_{min} .

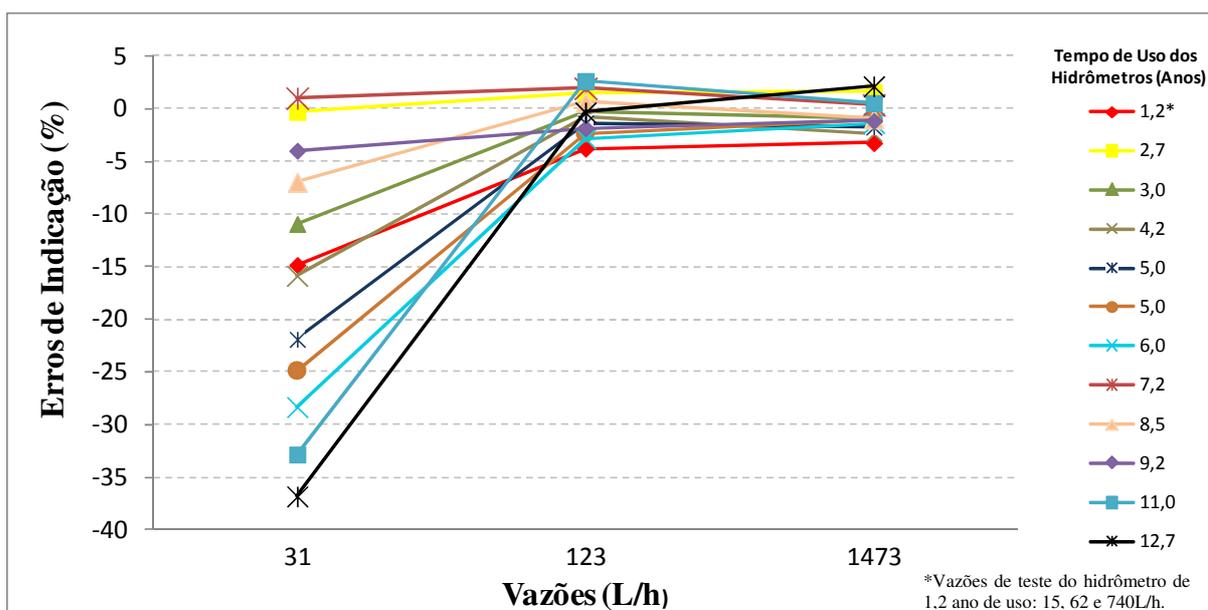


FIGURA 5.5: Curvas de erros de indicação dos 12 hidrômetros de classe B selecionados dentre os 83 hidrômetros do condomínio, com tempo de uso variando de 1 e 12 anos.

Os mesmos resultados foram plotados novamente (FIG. 5.6) com os erros de indicação e o tempo de uso sendo representados no eixo das ordenadas e das abcissas, respectivamente. Esse gráfico, distinto da convencional curva de erros, foi gerado a fim de demonstrar de maneira mais clara a diferença entre os erros de indicação de um mesmo hidrômetro nas 3 vazões de teste.

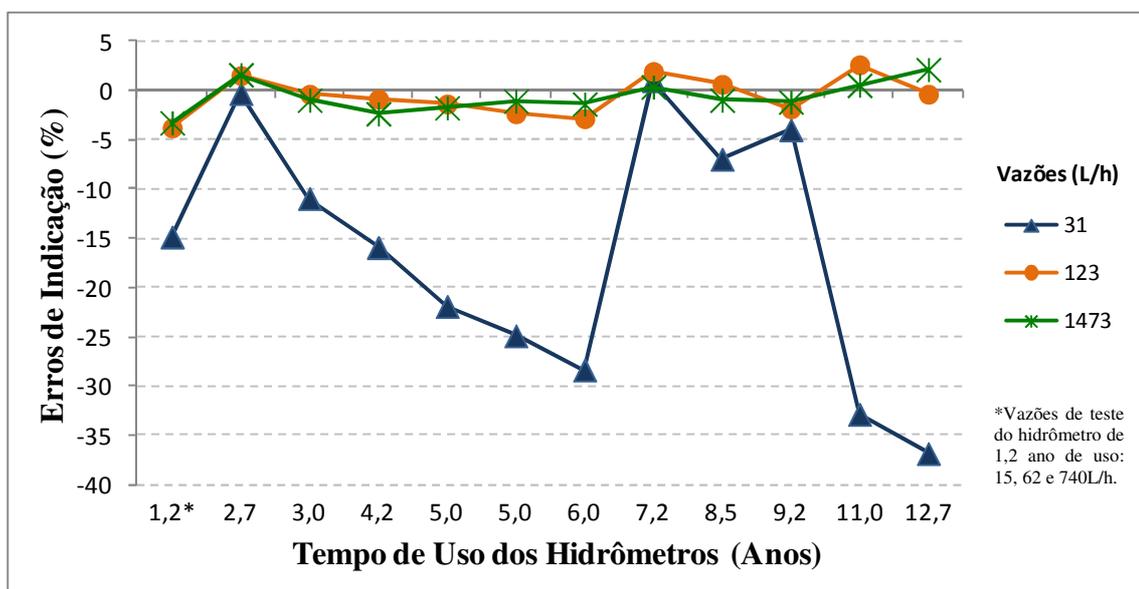


FIGURA 5.6: Erros de indicação dos 12 hidrômetros, de diferentes tempo de uso, selecionados do condomínio em estudo

Com exceção dos hidrômetros de 2,7 anos, 7,2 anos e 9,2 anos, cujos erros de indicação foram semelhantes nas 3 faixas de vazão, os demais aparelhos apresentaram erros muito mais elevados na vazão de 31 L/h. Nota-se ainda, na vazão de 31 L/h, que os erros de indicação aumentaram do hidrômetro de 2,7 anos ao de 6 anos, foram menores nos de 7,2 a 9,2 anos, e voltaram a subir nos hidrômetros de 11 e 12,7 anos de uso.

Para verificar a existência de correlação entre o tempo de uso e o erro de indicação dos hidrômetros, foram realizados testes *Spearman R* (ver apêndice), 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.

Pode realmente não existir correlação entre os erros de indicação e o tempo de uso dos hidrômetros do condomínio, entretanto pode existir correlação e o pequeno número de amostras não ter permitido mostrar a 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 hidrômetros, 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.

Contudo, admitindo-se que as condições de micromedição de água na cidade de Itabira fossem similares às do condomínio estudado e que o mesmo procedimento de substituição dos hidrômetros fosse realizado em toda a cidade, com a obtenção do mesmo resultado, no município, as perdas de água passariam de 38,3% para 29,8%.

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, 2003c) 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 os perfis de consumo, os tipos e o tempo de uso dos hidrômetros.

Em primeiro lugar, salienta-se o fato de que, enquanto nos estudos citados a medição do volume consumido de água ocorreu de forma simultânea em ambos hidrômetros, neste experimento o volume foi registrado inicialmente pelos hidrômetros de classe B e posteriormente pelos de classe C, sendo comparado ao volume consumido registrado pelo macromedidor. Dessa forma, por exemplo, caso tenha ocorrido uma pequena variação do perfil de consumo após a substituição dos aparelhos, e os condôminos tenham consumido a

água em vazões menores, é possível que os erros de medição tenham aumentado, conforme ocorreu nos ensaios realizados no citado estudo de Fournior (2004 *apud* COELHO, 2009). Entretanto, é pouco provável que tenha havido grande variação do perfil de consumo no condomínio e que isso tenha de fato influenciado as perdas de água no setor, uma vez que da primeira à última leitura transcorreu um curto período de tempo de 100 dias. Sob outra perspectiva, contudo, a diferença do perfil de consumo de água que provavelmente existe entre os condôminos desta pesquisa e os consumidores dos demais experimentos deve ter influenciado na diferença do percentual medido a mais pelos hidrômetros de classe C.

Outro fator que merece destaque é o de que os hidrômetros de classe C utilizados pelo SEMASA (PNCDA, 2003c) eram do tipo úmido, enquanto os de classe B desse mesmo experimento e os de classe B e C do condomínio da presente pesquisa eram do tipo seco, com transmissão magnética. Como aparelhos do tipo úmido apresentam melhor precisão na determinação de vazões menores do que os de tipo seco (COELHO e MAYNARD, 1999 *apud* CARVALHO, 2010), essa questão pode explicar parcialmente a diferença entre o resultado obtido pelo SEMASA e o encontrado no condomínio.

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.

Ademais, ao se comparar os resultados deste trabalho com o de Borges (2007), pode-se levantar a possibilidade de que o parque de hidrômetros classe B da presente pesquisa tinha menos tempo de uso do que o utilizado por Borges (2007) e que este fato também tenha contribuído para que os resultados apresentados pelo autor fossem mais atrativos do que os encontrados neste estudo.

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, em ambos cenários, os 13,5 e 5,6 meses necessários para recuperar o investimento realizado representam intervalos de tempo inferiores 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 outros estudos acerca das perdas de água relacionadas à micromedição, a saber: i) avaliação da influência da qualidade da água no funcionamento/precisão dos hidrômetros ao longo do tempo; ii) comparação do desempenho de hidrômetros velocimétricos com o de hidrômetros volumétricos; iii) análise da precisão dos hidrômetros velocimétricos do tipo úmido em relação aos do tipo seco; e iv) averiguação das possíveis vantagens e desvantagens na utilização do medidor ultrasônico. 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).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15538: Medidores de água potável: Ensaio para avaliação de eficiência*. Rio de Janeiro, 2011.

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, A.; FONTES, P. E. R. Identificação de perdas volumétricas em um sistema de abastecimento de água no município de Belo Horizonte/MG. In: II SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2009, Taubaté. *Anais...* Taubaté, Brasil: IPABHi, 2009. Disponível em: <<http://www.ipabhi.org/serhidro/anais/anais2009/doc/pdfs/p106.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2013

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&comp=&ano=2009>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água*. Panorama nacional. vol. 1. Brasília: ANA, 2010.

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_saa_e_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 micromedidação 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/l11445.htm >. Acesso em: 17 mar. 2013.
- CARVALHO, W. F. *Medição individualizada de água em apartamentos*. 2010. 109 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- CARVALHO, F. S.; PEPLAU, G. R.; CARVALHO, G. S.; PEDROSA, V. A. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. In: VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7., 2004, São Luis. *Anais...*São Luis, Brasil: ABRH, 2004.
- COELHO, A. C. *Micromedidação em sistemas de abastecimento de água*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009. 348 p.
- COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. *Medição individualizada de água em apartamentos*. Recife: Comunicarte, 1999.
- 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.
- ECONOMIC instruments for water management in Canada: case studies and barriers to implementation. *Sustainable Prosperity*, Ottawa, set. 2011. Disponível em: <http://www.blue-economy.ca/sites/default/files/reports/resource/2460_SP_Water_web.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2014.
- European Environment Agency. Assessment of cost recovery through water pricing. *EEA Technical Report*, Luxembourg, n. 16, sep. 2013. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/assessment-of-full-cost-recovery>>. Acesso em: 22 fev. 2014.
- FANNER, P.; STURM, R.; THORNTON, J.; LIEMBERGER, R. *Leakage management technologies*. Awwa Research Foundation. Denver, USA/London, UK: AWWA/IWA, 2007.
- FERRÉOL, E. How to measure and reduce the water meter park inefficiency? In: IWA LEAKAGE 2005 CONFERENCE, *Proceedings...*, Halifax, Canada, 2005. 4 p.
- FOURNIOR, M. *Avaliação do parque de hidrômetros*. Maceió: [s.n], 2004.
- FRANCA, J. E. M.; LIBÂNIO, M. Assessing the intervening factors on water loss in 103 water supply systems of Minas Gerais state (Brazil). In: IWA WORLD WATER CONGRESS EXHIBITION, 2012, Busan. *Proceedings...* Busan: IWA, 2012. ref. 8988.
- GARCIA, M. A. [Submedição em hidrômetros]. In: SEMINÁRIO DE PERDAS, 2007, [S.I]. *Anais...* [S.I]: PMSS, 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.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades@*. IBGE, 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313170&search=minas-geraislitabira>>. Acesso em: 29 nov. 2013.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Regulamento técnico metrológico a que se refere a portaria INMETRO N.º 246 de 17 de outubro de 2000*. 2000.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Portaria n.º 436, de 16 de novembro de 2011*. 2011.
- Innovolve Group. *Water and the Future of the Canadian Economy. Canadian Water Summit*, Toronto, 2010.
- Irish Water. *In august 2013, Irish Water began the process of installing water meters countrywide*. The majority of households will have a meter fitted by 2016. Irish Water: Irish, 2013. Disponível em: <<http://www.water.ie/billing-and-metering/metering-explained/>>. Acesso em: 26 fev. 2014.
- 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.
- LOPES, N. P.; LARA, M.; LIBÂNIO, M. Quantificação em escala de bancada do volume de ar em ligações prediais de água. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.16, n. 4, p. 343-352, out/dez. 2011.
- 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.
- MELLO, E. J. Perdas na medição. A contribuição do hidrômetro inclinado. In: ASSEMBÉLIA NACIONAL DA ASSEMAE, 24., 1997, Brasília. *Anais...* Brasília: ASSEMAE, 1997.
- MIRANDA, E. C.; KOIDE, S. Indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2002, Cancun. *Anais...* Cancun, México: AIDIS, 2002.

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.

O'Brien, S. Homeowners face water meter delay. *Sunday Times*, London, 23 sept. 2012. p.2, ISSN: 0956-1382.

OECD. Economic Instruments for Water Management. *OECD*, Paris, 2011.

OECD. Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services. *OECD*, Paris, 2010.

OIML - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL. *Resolução n^o 49*. Parte 1: requisitos metrológicos e técnicos. 2006.

OLIVEIRA, W. S. *Desenvolvimento de uma válvula boia para reservatórios domiciliares que minimize a submedição em hidrômetros*. [mensagem pessoal]. Não publicado. Mensagem recebida por <crstinamendes.silva@yahoo.com.br> em 30 jan. 2014.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Resolution adopted by the General Assembly. 55/2. United Nations Millennium Declaration*. 2000. Disponível em: <<http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Resolution adopted by the General Assembly. 64/292. The human right to water and sanitation*. 2010. Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em: 26 abr. 2013.

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 n^o A2: indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2003a.

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

PNCDA - PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. *DTA - Documento Técnico de Apoio n^o D3: micromedição*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2003b.

RECH, A. L. *Água, micromedição e perdas*. 2. ed. São Paulo: Scortecci, 1999. 189 p.

RECH, A. L. Capacidade mensal do hidrômetro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16., 1991, Goiânia. *Anais...* Goiânia: DMAE, 1991. 24 p.

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.

RIDLEY, W. F. *Leakage control policy and practice (Report 26)*. Technical Working Group on Waste of Water. Reino Unido: Water Research Centre, 1980. Parte 1 (23 p.), Partes 2 e 3 (151 p.)

RIZZO, A.; CILIA, J. Quantifying meter under-registration caused by the ball valves of roof tanks (for indirect plumbing systems). In: LEAKAGE 2005 - CONFERENCE, 2005, [S.I.]. *Proceedings...* Halifax: IWA, 2005.

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?].

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. [*Balanco hídrico*]. [São Paulo], 2001.

SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A. Variação na micromedicação do consumo de água no funcionamento correto e reversível do hidrômetro. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 6, n. 1, p. 9-15, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/index.php/reec/article/view/21240/13102>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

SCALIZE, P. S.; PERRONI, J. C. A.; LEITE, W. C. A. Proposta de critérios para substituição racional de hidrômetros nos sistemas de abastecimento de água. In: Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, 11., 2007, Guarulhos, SP. *Anais...* Brasília: ASSEMAE, 2007. p. 1-9. Disponível em: <<http://www.saneamentobasico.com.br/portal/wp-content/uploads/2013/02/PROPOSTA-DE-CRIT%C3%89RIOS-PARA-SUBSTITUI%C3%87%C3%83O-RACIONAL-DE-HIDR%C3%94METROS-NOS-SISTEMAS-DE-ABASTECIMENTO-DE-%C3%81GUA.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

SEAGO, C. J.; MCKENZIE, R. S. *An Assessment of Non-Revenue Water in South Africa*. Report No TT 300/07. South Africa: WRC, 2007.

SILVA, N. R. *Estudo de metodologias para avaliação de submedição de hidrômetros domiciliares em sistema de água*. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2008.

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. *Glossário e Relação dos Indicadores*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2010.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Planilhas com dados agregados e desagregados, em excel*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2011.

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

SOUZA FILHO, A. F.; CAVALCANTI, D. J. H.; BARBOZA, M. G.; PEDROSA, V. A. Hidrometração individualizada como instrumento disciplinador de consumo. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...*Campo Grande: ABES, 2005. Ref. I-237.

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.

UNICEF; WHO. *Progress on sanitation and drinking-water 2012 update*. Geneva; New York: World Health Organization, Unicef, 2012.

APÊNDICES

Apêndice A - resposta dos condôminos ao questionário aplicado

Tabela A.1- Respostas dos condôminos ao questionário aplicado

Hidrômetro	1) Qual o tipo de abastecimento de água de sua residência?			2) Quantas caixas d'água você tem?	3) Qual o volume da(s) caixa(s) d'água da sua residência?	4) Existem quantos pontos com alimentação direta?
	a) Direto	b) Indireto	c) Misto			
A02L248810			X	2	2x1000L	3
A08N301799	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301847			X	2	2x1000L	2
A08N301921			X	2	2x1000L	3
A08N301845			X	2	1x1000L; 1x500L	3
A08N301912			X	3	3x500L	2
A04S225970			X	3	3x1000L	3
A07N382785			X	2	1x1000L; 1x500L	1
A06N241891			X	2	1x1000L; 1x500L	4
A08N301869			X	3	2x1000L; 1x600L	1
A06N242151			X	2	2x1000L	1
A04S413910			X	3	3x1000L	2
A03S225167			X	2	1x1000L; 1x500L	2
A03S225161			X	2	2x500L	3
A06N016933			X	2	1x500L; 1x2000L	3
A10L216224	X			0		1
A08N301911			X	2	2x1000L	2
A08N577629	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A03S225166			X	6	6x1000L	1
A08N301867			X	2	2x500L	2
A03N241672			X	3	3x500L	2
A08N301892			X	3	2x1000L; 1x500L	2
A08N301928	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301175	X			0		1
A08N577461	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301726			X	2	2x1000L	1
A08N183141			X	3	1x500L; 2x1000L	3
A08N301829			X	2	2x1000L	3
A07N382926			X	2	2x1000L	3
A07N621043			X	2	1x1000L; 1x500L	2
A08N301729			X	3	1x500L; 2x1000L	2
A08N301727	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A03S299256			X	1	1000L	1
A08N301866			X	3	3x500L	3
A08N301719			X	2	2x500L	3
A08N301228			X	3	3x1000L	1
A08N301721	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A07N382952	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301730			X	1	1x5000L	3
A08N301718			X	1	1x1000L	3
A08N301868			X	NR	NR	1
A08N564697			X	3	1x1000L; 2x500L	1

NR Pergunta não respondida

Hidrômetro	1) Qual o tipo de abastecimento de água de sua residência?			2) Quantas caixas d'água você tem?	3) Qual o volume da(s) caixa(s) d'água da sua residência?	4) Existem quantos pontos com alimentação direta?
	a) Direto	b) Indireto	c) Misto			
A08N301725			X	3	3x500L	3
A04S156727			X	2	2x600L	1
A08N301722			X	2	NR	4
A03S299402	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A04N216215			X	2	NR	2
A08N301870	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301723			X	3	1x1000L; 2x500L	1
A08N301728			X	2	2x3000L	4
A06N242153	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A07N381845			X	2	2x1000L	3
A08N301922			X	3	3x1000L	1
A03N118008			X	2	NR	1
A09N573632			X	2	NR	1
A08N301724			X	2	2x1000L	3
A04S415094			X	1	1x1000L	4
A01N388741	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A03N105719	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301717	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Y10N595504			X	1	1x1000L	3
A12N181828	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A12N345114	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301926			X	2	1x2000L; 1x 500L	2
A08N301850			X	2	2x1000L	1
A08N301848			X	1	1x500L	2
A04N021561	X			0		1
A08N301849	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301123	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A07N620717			X	3	2x1000L; 1x500L	1
A08N301716			X	2	2x1000L	2
A04S225739			X	2	2x1000L	1
A08N301800	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N301720			X	4	1x250L; 3x500L	5
A08N301715			X	2	2x1000L	2
A08N301864	NR	NR	NR	NR	NR	NR
A08N254389			X	4	4x1000L	2
A08N301862			X	2	1x1000L; 1x500L	1
A08N301172			X	1	1000L	1
A07N621151			X	2	2x1000L	2
A08N301846			X	1	1x2000L	4
A08N301197			X	2	2x1000L	4
A08N301865	X			0		4

NR Pergunta não respondida

Apêndice B - Volumes registrados no macromedidor e nos 83 hidrômetros do condomínio

Tabela B.1- Volumes (m³) registrados no macromedidor e nos 83 hidrômetros classe B do condomínio

HIDROMETRO	19/08/2013	20/08/2013	21/08/2013	23/08/2013	HIDROMETRO	19/08/2013	20/08/2013	21/08/2013	23/08/2013
A02L248810	2.250,67	2.251,29	2.252,83	2.254,61	A08N301725	1.087,71	1.088,12	1.088,64	1.090,34
A08N301799	2.604,92	2.605,08	2.605,24	2.605,56	A04S156727	5.590,57	5.591,73	5.591,88	5.592,59
A08N301847	1.682,74	1.683,55	1.684,54	1.687,24	A08N301722	1.998,21	1.999,58	2.000,94	2.002,46
A08N301921	2.407,01	2.408,83	2.409,97	2.413,99	A03S299402	4.480,58	4.482,52	4.483,25	4.485,92
A08N301845	3.268,27	3.270,56	3.272,06	3.275,11	A04N216215	3.976,91	3.978,66	3.980,41	3.983,61
A08N301912	1.096,36	1.096,75	1.097,14	1.098,55	A08N301870	958,07	958,17	958,27	959,71
A04S225970	3.102,27	3.103,57	3.104,30	3.106,04	A08N301723	2.806,39	2.808,14	2.809,27	2.812,17
A07N382785	3.413,83	3.414,76	3.417,15	3.420,43	A08N301728	2.259,05	2.259,71	2.260,93	2.261,64
A06N241891	2.375,49	2.377,18	2.378,66	2.380,16	A06N242153	1.782,04	1.782,46	1.783,43	1.784,05
A08N301869	1.110,22	1.111,33	1.111,70	1.113,74	A07N381845	4.135,14	4.136,45	4.137,32	4.140,73
A06N242151	2.743,08	2.743,64	2.745,03	2.747,09	A08N301922	2.054,27	2.056,11	2.057,90	2.060,27
A13G109703	14,43	15,42	17,06	19,97	A03N118008	969,73	969,73	969,73	969,84
A03S225167	5.234,96	5.235,85	5.238,45	5.241,26	A09N573632	985,90	987,19	988,28	990,13
A03S225161	3.911,38	3.912,34	3.912,93	3.914,66	A08N301724	1.871,77	1.873,02	1.873,95	1.876,12
A06N016933	2.729,18	2.730,56	2.731,58	2.733,93	A04S415094	5.464,92	5.465,91	5.469,16	5.471,71
A10L216224	196,84	196,84	196,84	196,84	A01N388741	3.052,17	3.053,48	3.053,71	3.056,12
A08N301911	2.738,78	2.739,38	2.739,84	2.742,46	A03N105719	2.593,49	2.594,10	2.596,43	2.599,27
A08N577629	727,90	728,06	728,56	729,28	A08N301717	3.288,87	3.293,76	3.297,78	3.305,66
A03S225166	6.453,56	6.455,04	6.456,61	6.460,88	Y10N595504	857,17	859,89	861,88	865,49
A08N301867	1.783,46	1.784,24	1.785,47	1.787,72	A12N181828	545,95	548,93	549,24	555,45
A03N241672	2.103,01	2.103,35	2.104,65	2.106,42	A12N345114	332,21	334,81	337,58	343,75
A08N301892	2.306,97	2.309,22	2.310,25	2.313,71	A08N301926	2.281,44	2.282,95	2.285,18	2.289,97
A08N301928	713,81	714,20	714,94	715,56	A08N301850	1.040,59	1.041,35	1.042,71	1.043,28
A08N301175	239,82	239,82	239,82	240,81	A08N301848	1.433,40	1.433,76	1.434,31	1.434,80
A08N577461	944,16	944,59	945,03	947,52	A04N021561	1.184,81	1.185,13	1.185,77	1.186,74
A08N301726	1.229,24	1.229,85	1.230,30	1.232,20	A08N301849	940,24	940,35	940,51	942,10
A08N183141	2.273,33	2.274,57	2.275,97	2.278,52	A08N301123	1.200,34	1.200,68	1.201,03	1.201,72
A08N301829	1.583,60	1.584,18	1.584,75	1.585,90	A07N620717	1.993,09	1.995,54	1.997,12	2.000,23
A07N382926	1.734,94	1.735,99	1.736,97	1.739,45	A08N301716	2.133,07	2.133,22	2.134,56	2.136,94
A07N621043	2.090,28	2.092,28	2.092,75	2.096,12	A04S225739	1.396,63	1.397,05	1.399,16	1.399,86
A08N301729	2.648,86	2.651,18	2.651,97	2.655,61	A08N301800	1.669,84	1.671,70	1.673,91	1.677,94
A08N301727	2.426,88	2.427,95	2.429,10	2.431,13	A08N301720	1.602,80	1.603,83	1.604,86	1.606,92
A03S299256	4.020,02	4.021,45	4.022,88	4.024,84	A08N301715	2.140,97	2.142,04	2.142,93	2.146,59
A08N301866	1.334,96	1.336,25	1.337,50	1.339,41	A08N301864	1.018,46	1.019,51	1.020,52	1.022,25
A08N301719	1.793,27	1.794,61	1.795,23	1.797,46	A08N254389	1.534,14	1.534,39	1.534,65	1.535,00
A08N301228	1.989,86	1.991,54	1.992,59	1.995,28	A08N301862	1.362,95	1.364,14	1.364,92	1.366,77
A08N301721	1.620,68	1.621,07	1.621,43	1.622,20	A08N301172	1.131,56	1.132,13	1.133,42	1.134,28
A07N382952	1.780,62	1.782,06	1.782,24	1.783,96	A07N621151	2.475,25	2.477,01	2.478,24	2.481,15
A08N301730	1.573,44	1.573,98	1.574,51	1.575,59	A08N301846	1.797,69	1.797,93	1.798,32	1.800,99
A08N301718	3.014,97	3.016,67	3.018,55	3.021,73	A08N301197	1.750,16	1.751,39	1.752,63	1.754,53
A08N301868	1.651,59	1.652,67	1.653,45	1.656,29	A08N301865	1.035,62	1.036,56	1.036,56	1.040,92
A08N564697	1.960,05	1.961,67	1.962,29	1.963,58	Macromedidor	10.125,67	10.246,47	10.344,61	10.579,20

 Valor estimado

Continua...

HIDROMETRO	26/8/2013	27/8/2013	28/8/2013	29/8/2013	30/8/2013	HIDROMETRO	26/8/2013	27/8/2013	28/8/2013	29/8/2013	30/8/2013
A02L248810	2.256,83	2.258,02	2.259,08	2.259,84	2.261,17	A08N301725	1.091,872	1.092,211	1.093,037	1.093,665	1.094,164
A08N301799	2.606,04	2.606,09	2.606,19	2.606,47	2.606,74	A04S156727	5.596,640	5.597,840	5.597,850	5.598,260	5.598,670
A08N301847	1.688,53	1.690,02	1.691,13	1.692,33	1.693,24	A08N301722	2.006,344	2.008,268	2.009,806	2.011,028	2.012,122
A08N301921	2.417,95	2.419,91	2.421,21	2.422,95	2.425,15	A03S299402	4.489,130	4.492,020	4.494,170	4.495,710	4.496,650
A08N301845	3.287,10	3.289,79	3.291,18	3.293,59	3.295,14	A04N216215	3.990,531	3.992,353	3.994,677	3.996,171	3.997,415
A08N301912	1.101,86	1.102,96	1.103,33	1.103,69	1.104,30	A08N301870	960,197	960,475	960,761	961,511	961,541
A04S225970	3.107,16	3.107,53	3.107,60	3.107,68	3.107,75	A08N301723	2.813,142	2.815,427	2.816,812	2.817,672	2.818,762
A07N382785	3.424,24	3.425,59	3.426,84	3.428,29	3.429,80	A08N301728	2.262,526	2.264,360	2.265,029	2.265,698	2.266,557
A06N241891	2.381,79	2.383,90	2.384,70	2.385,49	2.386,09	A06N242153	1.786,135	1.786,634	1.787,830	1.788,133	1.788,383
A08N301869	1.115,35	1.116,39	1.117,15	1.118,50	1.119,23	A07N381845	4.149,452	4.150,394	4.152,175	4.152,727	4.155,099
A06N242151	2.750,15	2.750,76	2.752,25	2.753,34	2.754,59	A08N301922	2.062,158	2.063,845	2.065,020	2.067,641	2.069,267
A13G109703	22,98	24,15	25,94	27,24	28,84	A03N118008	970,377	970,378	970,420	970,420	970,470
A03S225167	5.249,80	5.251,01	5.254,61	5.255,30	5.256,49	A09N573632	991,752	993,052	993,872	994,367	995,132
A03S225161	3.915,99	3.917,10	3.918,08	3.918,65	3.919,18	A08N301724	1.877,658	1.879,094	1.879,933	1.880,801	1.881,896
A06N016933	2.736,03	2.739,50	2.741,00	2.742,57	2.743,63	A04S415094	5.480,750	5.484,030	5.484,630	5.484,720	5.484,850
A10L216224	197,40	199,74	200,50	200,50	200,50	A01N388741	3.058,570	3.059,322	3.059,640	3.060,540	3.062,263
A08N301911	2.746,67	2.748,15	2.749,08	2.750,37	2.753,24	A03N105719	2.602,765	2.603,774	2.604,558	2.605,694	2.606,358
A08N577629	732,48	733,03	733,44	733,44	733,89	A08N301717	3.314,629	3.319,265	3.322,803	3.327,283	3.332,335
A03S225166	6.464,68	6.467,09	6.468,94	6.470,41	6.471,81	Y10N595504	868,528	869,830	872,943	876,015	879,394
A08N301867	1.793,38	1.794,71	1.796,50	1.796,55	1.797,24	A12N181828	559,178	561,907	565,297	568,961	572,467
A03N241672	2.108,57	2.109,98	2.110,28	2.110,95	2.112,30	A12N345114	348,153	351,173	353,967	357,124	359,986
A08N301892	2.316,75	2.319,20	2.320,85	2.322,51	2.324,11	A08N301926	2.293,359	2.294,695	2.296,059	2.297,843	2.300,583
A08N301928	715,78	716,51	716,67	717,03	717,36	A08N301850	1.045,827	1.046,100	1.048,053	1.048,287	1.048,447
A08N301175	241,74	241,74	242,50	242,50	242,50	A08N301848	1.435,800	1.436,239	1.436,442	1.436,778	1.437,313
A08N577461	950,32	950,52	951,17	951,48	954,79	A04N021561	1.188,335	1.188,899	1.189,397	1.189,724	1.190,187
A08N301726	1.234,23	1.234,63	1.235,17	1.236,68	1.237,79	A08N301849	942,907	943,080	943,201	944,538	944,737
A08N183141	2.280,33	2.281,82	2.282,74	2.284,95	2.286,33	A08N301123	1.202,594	1.202,885	1.203,176	1.203,468	1.203,759
A08N301829	1.588,37	1.588,55	1.589,24	1.589,45	1.590,58	A07N620717	2.003,992	2.007,073	2.008,307	2.009,347	2.010,061
A07N382926	1.741,45	1.742,36	1.743,84	1.745,13	1.746,02	A08N301716	2.139,902	2.140,712	2.142,316	2.144,602	2.145,236
A07N621043	2.096,97	2.098,41	2.098,94	2.099,98	2.101,11	A04S225739	1.402,180	1.402,750	1.403,130	1.403,300	1.403,720
A08N301729	2.659,23	2.661,27	2.663,54	2.665,13	2.667,32	A08N301800	1.680,255	1.681,784	1.682,636	1.684,316	1.685,927
A08N301727	2.435,10	2.436,87	2.437,99	2.439,72	2.440,37	A08N301720	1.610,013	1.611,043	1.612,073	1.613,103	1.614,133
A03S299256	4.028,12	4.029,13	4.030,53	4.031,92	4.033,32	A08N301715	2.148,418	2.149,974	2.151,084	2.152,482	2.152,971
A08N301866	1.339,61	1.341,50	1.342,35	1.343,87	1.345,42	A08N301864	1.025,381	1.028,090	1.029,400	1.030,570	1.031,445
A08N301719	1.799,58	1.801,03	1.802,07	1.803,54	1.804,24	A08N254389	1.535,520	1.536,111	1.536,505	1.536,979	1.537,787
A08N301228	2.002,14	2.004,76	2.005,66	2.007,22	2.008,43	A08N301862	1.366,825	1.367,238	1.369,152	1.370,063	1.370,852
A08N301721	1.623,41	1.623,53	1.623,66	1.624,18	1.624,40	A08N301172	1.135,135	1.136,637	1.136,872	1.137,267	1.137,412
A07N382952	1.785,81	1.787,07	1.788,03	1.788,60	1.789,17	A07N621151	2.484,590	2.486,295	2.487,362	2.488,902	2.490,600
A08N301730	1.577,20	1.578,25	1.578,83	1.579,42	1.580,00	A08N301846	1.803,328	1.803,760	1.804,109	1.804,357	1.805,183
A08N301718	3.024,09	3.025,93	3.027,87	3.029,11	3.030,35	A08N301197	1.757,195	1.759,066	1.760,936	1.761,735	1.762,813
A08N301868	1.657,88	1.658,89	1.659,65	1.660,38	1.660,88	A08N301865	1.041,027	1.044,747	1.044,801	1.047,542	1.047,547
A08N564697	1.965,44	1.966,83	1.967,71	1.968,40	1.969,18	Macromedidor	10.875,97	11.036,10	11.148,08	11.260,22	11.367,29

 Valor estimado

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	4/9/2013	5/9/2013	6/9/2013	HIDROMETRO	4/9/2013	5/9/2013	6/9/2013
A02L248810	2.265,820	2.266,320	2.267,010	A08N301725	1.097,731	1.098,085	1.098,394
A08N301799	2.608,812	2.609,226	2.609,389	A04S156727	5.601,490	5.602,140	5.602,290
A08N301847	1.697,339	1.698,259	1.698,891	A08N301722	2.017,421	2.018,202	2.019,211
A08N301921	2.431,795	2.433,250	2.434,483	A03S299402	4.503,980	4.505,330	4.506,250
A08N301845	3.305,737	3.309,256	3.312,775	A04N216215	4.002,955	4.007,531	4.009,702
A08N301912	1.107,374	1.107,963	1.108,553	A08N301870	961,925	963,162	963,760
A04S225970	3.109,050	3.109,310	3.109,570	A08N301723	2.825,193	2.826,159	2.827,452
A07N382785	3.435,008	3.436,566	3.437,619	A08N301728	2.270,852	2.271,755	2.272,657
A06N241891	2.388,998	2.391,100	2.391,624	A06N242153	1.792,731	1.793,054	1.794,190
A08N301869	1.122,679	1.123,185	1.123,690	A07N381845	4.159,621	4.161,311	4.163,437
A06N242151	2.757,458	2.758,122	2.759,084	A08N301922	2.075,162	2.076,414	2.077,637
A13G109703	33,228	34,480	36,226	A03N118008	970,649	970,650	970,650
A03S225167	5.269,350	5.269,840	5.271,520	A09N573632	998,385	999,113	999,757
A03S225161	3.924,520	3.926,190	3.927,330	A08N301724	1.886,694	1.888,402	1.889,360
A06N016933	2.750,316	2.751,526	2.762,052	A04S415094	5.495,240	5.495,430	5.498,050
A10L216224	202,010	202,010	202,010	A01N388741	3.066,916	3.068,380	3.069,536
A08N301911	2.759,455	2.760,225	2.762,502	A03N105719	2.608,697	2.609,715	2.610,002
A08N577629	737,920	737,920	737,920	A08N301717	3.350,425	3.352,490	3.356,510
A03S225166	6.479,630	6.481,390	6.483,070	Y10N595504	901,577	903,854	906,827
A08N301867	1.803,870	1.804,543	1.805,659	A12N181828	582,539	582,787	585,530
A03N241672	2.114,510	2.114,840	2.115,338	A12N345114	371,392	371,898	375,860
A08N301892	2.332,134	2.333,275	2.334,973	A08N301926	2.309,881	2.311,018	2.313,445
A08N301928	718,703	719,005	719,074	A08N301850	1.052,621	1.052,696	1.053,297
A08N301175	243,352	243,352	243,352	A08N301848	1.439,750	1.440,201	1.440,521
A08N577461	957,102	957,483	960,431	A04N021561	1.194,023	1.194,212	1.194,810
A08N301726	1.241,247	1.242,435	1.242,518	A08N301849	946,102	947,398	947,631
A08N183141	2.291,008	2.292,153	2.295,293	A08N301123	1.204,663	1.204,844	1.205,025
A08N301829	1.593,525	1.593,642	1.593,797	A07N620717	2.019,051	2.020,036	2.021,028
A07N382926	1.750,691	1.752,301	1.754,059	A08N301716	2.150,635	2.151,485	2.152,409
A07N621043	2.107,017	2.107,239	2.108,432	A04S225739	1.406,300	1.406,750	1.407,150
A08N301729	2.673,735	2.675,451	2.676,188	A08N301800	1.693,736	1.695,465	1.696,961
A08N301727	2.446,445	2.447,500	2.449,034	A08N301720	1.619,282	1.620,311	1.621,341
A03S299256	4.036,660	4.037,170	4.037,330	A08N301715	2.159,551	2.160,157	2.160,700
A08N301866	1.349,483	1.350,960	1.351,769	A08N301864	1.038,130	1.039,307	1.040,301
A08N301719	1.808,707	1.809,795	1.810,811	A08N254389	1.541,695	1.542,378	1.542,867
A08N301228	2.018,675	2.019,910	2.021,467	A08N301862	1.375,025	1.375,688	1.376,225
A08N301721	1.625,675	1.626,045	1.626,106	A08N301172	1.140,613	1.140,825	1.140,825
A07N382952	1.793,104	1.793,640	1.794,818	A07N621151	2.496,641	2.497,142	2.498,032
A08N301730	1.582,913	1.583,496	1.584,079	A08N301846	1.809,332	1.810,100	1.811,560
A08N301718	3.037,109	3.038,230	3.039,584	A08N301197	1.768,206	1.769,284	1.770,585
A08N301868	1.663,331	1.663,984	1.665,017	A08N301865	1.047,832	1.047,849	1.047,862
A08N564697	1.973,094	1.973,607	1.973,848	Macromedidor	11.881,81	11.978,68	12.085,52

Valor estimado

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	16/9/2013	17/9/2013	18/9/2013	19/9/2013	20/9/2013	HIDROMETRO	16/9/2013	17/9/2013	18/9/2013	19/9/2013	20/9/2013
A02L248810	2.276,390	2.277,500	2.278,190	2.278,890	2.280,010	A08N301725	1.103,942	1.104,654	1.105,047	1.105,499	1.105,844
A08N301799	2.611,022	2.611,186	2.611,349	2.611,354	2.612,034	A04S156727	5.609,990	5.610,740	5.610,830	5.611,450	5.612,070
A08N301847	1.708,469	1.709,559	1.710,811	1.711,727	1.712,576	A08N301722	2.031,704	2.033,571	2.034,860	2.036,261	2.038,124
A08N301921	2.448,975	2.451,362	2.452,389	2.454,267	2.456,544	A03S299402	4.517,520	4.519,540	4.520,395	4.521,250	4.522,450
A08N301845	3.331,872	3.333,682	3.335,117	3.336,637	3.338,082	A04N216215	4.021,941	4.023,639	4.025,693	4.028,939	4.030,512
A08N301912	1.114,445	1.115,034	1.115,624	1.116,213	1.116,505	A08N301870	964,267	964,578	964,854	965,864	965,943
A04S225970	3.111,170	3.111,330	3.111,756	3.112,181	3.112,607	A08N301723	2.837,007	2.838,445	2.840,327	2.842,251	2.843,596
A07N382785	3.451,710	3.452,924	3.454,885	3.456,174	3.457,668	A08N301728	2.278,364	2.279,175	2.279,752	2.280,460	2.281,167
A06N241891	2.396,013	2.398,411	2.399,307	2.400,203	2.400,681	A06N242153	1.801,505	1.801,882	1.803,272	1.805,539	1.805,946
A08N301869	1.130,362	1.131,171	1.131,577	1.132,272	1.133,609	A07N381845	4.173,252	4.174,080	4.175,476	4.176,925	4.180,667
A06N242151	2.766,888	2.767,492	2.768,732	2.769,666	2.770,511	A08N301922	2.088,538	2.090,246	2.091,516	2.093,566	2.094,650
A13G109703	48,920	50,567	51,068	52,345	53,905	A03N118008	971,338	971,340	971,419	971,420	971,664
A03S225167	5.288,700	5.289,700	5.291,570	5.292,130	5.292,970	A09N573632	1.006,333	1.007,556	1.008,555	1.009,723	1.010,736
A03S225161	3.933,450	3.934,300	3.935,450	3.935,865	3.936,280	A08N301724	1.899,512	1.900,571	1.901,671	1.902,723	1.903,831
A06N016933	2.771,165	2.771,914	2.772,613	2.773,245	2.774,283	A04S415094	5.517,100	5.518,820	5.518,980	5.519,160	5.520,340
A10L216224	204,420	204,420	204,420	204,420	204,420	A01N388741	3.080,267	3.081,487	3.082,428	3.083,793	3.085,721
A08N301911	2.765,057	2.766,239	2.768,634	2.769,477	2.770,783	A03N105719	2.620,893	2.621,795	2.622,785	2.624,574	2.625,800
A08N577629	746,030	746,030	746,645	746,645	746,645	A08N301717	3.384,982	3.389,073	3.392,091	3.392,705	3.394,744
A03S225166	6.499,170	6.501,150	6.503,230	6.505,080	6.507,180	Y10N595504	928,214	929,807	932,336	935,396	939,122
A08N301867	1.813,927	1.814,567	1.815,429	1.816,529	1.817,160	A12N181828	601,750	604,922	616,119	623,297	625,530
A03N241672	2.120,190	2.120,675	2.121,160	2.121,645	2.122,130	A12N345114	399,107	401,852	404,513	407,005	409,234
A08N301892	2.350,945	2.352,972	2.355,013	2.356,149	2.357,284	A08N301926	2.329,481	2.331,274	2.333,035	2.334,459	2.337,187
A08N301928	722,666	723,368	723,813	724,064	724,511	A08N301850	1.060,102	1.060,816	1.062,072	1.062,125	1.062,793
A08N301175	245,389	245,389	245,389	245,389	245,489	A08N301848	1.448,812	1.449,265	1.449,459	1.450,106	1.451,401
A08N577461	968,381	968,551	969,204	969,493	972,243	A04N021561	1.199,894	1.200,425	1.201,544	1.202,005	1.202,677
A08N301726	1.256,307	1.256,606	1.257,515	1.259,029	1.259,232	A08N301849	950,829	951,028	951,158	952,020	952,217
A08N183141	2.305,587	2.307,311	2.308,212	2.309,926	2.311,290	A08N301123	1.206,833	1.207,014	1.207,195	1.207,376	1.207,557
A08N301829	1.598,426	1.598,619	1.599,354	1.599,527	1.599,933	A07N620717	2.035,232	2.037,907	2.040,638	2.042,025	2.042,684
A07N382926	1.762,359	1.763,336	1.764,378	1.765,420	1.766,139	A08N301716	2.163,715	2.164,940	2.166,085	2.167,293	2.168,200
A07N621043	2.112,688	2.112,866	2.113,853	2.114,123	2.114,632	A04S225739	1.411,610	1.411,640	1.412,340	1.412,890	1.413,130
A08N301729	2.690,362	2.692,128	2.694,364	2.695,498	2.696,769	A08N301800	1.710,611	1.712,441	1.714,452	1.715,388	1.716,971
A08N301727	2.460,224	2.461,666	2.462,943	2.463,354	2.464,286	A08N301720	1.631,639	1.632,669	1.633,699	1.634,729	1.635,758
A03S299256	4.044,930	4.046,780	4.048,630	4.049,410	4.049,760	A08N301715	2.171,945	2.174,252	2.174,795	2.176,124	2.177,345
A08N301866	1.359,130	1.360,811	1.361,664	1.362,407	1.363,398	A08N301864	1.051,692	1.053,920	1.055,542	1.057,241	1.057,919
A08N301719	1.820,069	1.820,887	1.822,164	1.823,822	1.825,038	A08N254389	1.548,588	1.549,422	1.550,000	1.551,430	1.551,968
A08N301228	2.037,623	2.040,026	2.041,003	2.041,968	2.043,227	A08N301862	1.382,934	1.383,476	1.384,592	1.385,120	1.385,912
A08N301721	1.628,987	1.629,327	1.629,676	1.630,116	1.631,040	A08N301172	1.156,713	1.157,117	1.158,065	1.158,705	1.159,152
A07N382952	1.801,631	1.803,765	1.804,213	1.804,824	1.805,277	A07N621151	2.511,939	2.513,237	2.514,743	2.516,232	2.518,136
A08N301730	1.589,906	1.590,488	1.591,071	1.591,817	1.592,562	A08N301846	1.820,317	1.820,668	1.820,895	1.821,326	1.823,236
A08N301718	3.051,615	3.054,711	3.057,039	3.058,680	3.060,407	A08N301197	1.779,740	1.781,197	1.782,084	1.782,971	1.783,917
A08N301868	1.672,750	1.674,104	1.674,790	1.675,665	1.676,475	A08N301865	1.048,674	1.048,697	1.048,720	1.048,738	1.048,763
A08N564697	1.980,198	1.981,661	1.982,250	1.982,777	1.983,514	Macromedidor	13.068,15	13.190,40	13.304,34	13.408,50	13.524,87

 Valor estimado

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	23/9/2013	24/9/2013	25/9/2013	26/9/2013	27/9/2013	HIDROMETRO	23/9/2013	24/9/2013	25/9/2013	26/9/2013	27/9/2013
A02L248810	2.282,810	2.284,050	2.284,840	2.285,860	2.286,550	A08N301725	1.108,121	1.109,003	1.109,422	1.109,951	1.110,628
A08N301799	2.612,035	2.612,071	2.612,106	2.612,652	2.613,197	A04S156727	5.615,630	5.616,325	5.617,020	5.617,890	5.618,070
A08N301847	1.714,924	1.715,919	1.716,906	1.718,457	1.719,199	A08N301722	2.041,156	2.042,944	2.044,203	2.045,788	2.047,372
A08N301921	2.461,933	2.463,959	2.465,348	2.466,908	2.468,468	A03S299402	4.524,530	4.526,730	4.527,950	4.529,560	4.530,070
A08N301845	3.342,487	3.344,680	3.347,793	3.349,827	3.351,173	A04N216215	4.038,186	4.040,136	4.042,412	4.044,037	4.045,795
A08N301912	1.117,934	1.118,411	1.118,887	1.119,364	1.119,840	A08N301870	966,043	966,273	966,532	967,882	967,952
A04S225970	3.113,884	3.114,310	3.115,990	3.117,670	3.117,773	A08N301723	2.846,642	2.848,573	2.849,728	2.851,478	2.853,076
A07N382785	3.461,166	3.462,605	3.464,489	3.465,464	3.466,569	A08N301728	2.281,424	2.282,269	2.283,114	2.284,353	2.284,904
A06N241891	2.403,008	2.404,743	2.406,094	2.407,307	2.408,056	A06N242153	1.807,749	1.808,290	1.809,199	1.809,309	1.809,709
A08N301869	1.134,687	1.134,767	1.135,565	1.135,821	1.137,218	A07N381845	4.183,129	4.186,454	4.188,081	4.189,184	4.191,545
A06N242151	2.772,977	2.773,560	2.774,875	2.775,388	2.776,697	A08N301922	2.097,251	2.099,662	2.100,539	2.102,957	2.103,721
A13G109703	54,679	55,671	57,002	57,819	58,556	A03N118008	971,802	971,876	971,983	972,309	972,340
A03S225167	5.299,680	5.300,780	5.303,760	5.304,740	5.305,550	A09N573632	1.012,520	1.013,876	1.014,942	1.015,782	1.016,936
A03S225161	3.937,570	3.938,900	3.939,940	3.940,570	3.941,380	A08N301724	1.906,597	1.907,647	1.908,986	1.910,186	1.911,219
A06N016933	2.774,356	2.776,875	2.777,649	2.778,357	2.780,937	A04S415094	5.522,790	5.522,970	5.524,000	5.524,550	5.524,920
A10L216224	204,420	204,420	205,570	205,570	205,570	A01N388741	3.087,325	3.088,606	3.089,217	3.090,490	3.092,100
A08N301911	2.776,224	2.776,875	2.778,036	2.779,410	2.781,310	A03N105719	2.628,582	2.630,337	2.631,151	2.632,629	2.634,180
A08N577629	750,971	750,971	750,971	751,437	751,437	A08N301717	3.399,452	3.403,317	3.407,154	3.411,547	3.415,475
A03S225166	6.511,080	6.513,287	6.514,820	6.516,760	6.519,050	Y10N595504	945,621	956,278	960,541	965,990	969,813
A08N301867	1.818,823	1.819,471	1.819,935	1.820,267	1.821,065	A12N181828	630,086	630,278	634,244	637,132	639,920
A03N241672	2.123,586	2.124,071	2.124,556	2.125,317	2.126,404	A12N345114	417,125	419,976	422,378	426,020	428,736
A08N301892	2.360,243	2.361,287	2.363,012	2.365,540	2.366,243	A08N301926	2.341,882	2.343,722	2.345,504	2.347,527	2.349,452
A08N301928	724,736	725,112	725,330	725,586	725,675	A08N301850	1.064,930	1.065,109	1.066,956	1.067,073	1.067,253
A08N301175	245,490	245,490	246,280	246,290	246,290	A08N301848	1.452,498	1.453,229	1.454,252	1.455,044	1.455,823
A08N577461	975,329	975,449	976,110	976,489	979,143	A04N021561	1.205,113	1.205,771	1.206,134	1.206,736	1.207,173
A08N301726	1.260,950	1.262,141	1.262,856	1.264,420	1.264,993	A08N301849	953,067	953,264	953,435	953,704	955,220
A08N183141	2.312,681	2.314,307	2.315,607	2.317,281	2.318,736	A08N301123	1.208,099	1.208,280	1.208,468	1.208,657	1.208,845
A08N301829	1.601,399	1.601,674	1.602,485	1.603,444	1.604,324	A07N620717	2.044,570	2.047,664	2.049,879	2.051,440	2.052,578
A07N382926	1.768,028	1.768,780	1.770,695	1.771,435	1.771,811	A08N301716	2.171,317	2.172,664	2.174,493	2.175,818	2.177,093
A07N621043	2.119,900	2.120,831	2.121,165	2.121,799	2.123,165	A04S225739	1.414,660	1.415,070	1.415,910	1.416,740	1.419,740
A08N301729	2.700,082	2.702,469	2.704,583	2.707,734	2.708,172	A08N301800	1.719,720	1.721,644	1.722,807	1.724,164	1.725,717
A08N301727	2.468,802	2.469,799	2.471,538	2.473,084	2.474,059	A08N301720	1.638,848	1.639,878	1.640,907	1.641,937	1.642,967
A03S299256	4.052,130	4.053,810	4.054,120	4.055,420	4.055,830	A08N301715	2.180,071	2.181,725	2.182,245	2.184,083	2.185,255
A08N301866	1.365,288	1.367,817	1.368,764	1.370,145	1.371,127	A08N301864	1.060,492	1.062,131	1.063,274	1.064,434	1.065,062
A08N301719	1.827,322	1.829,078	1.829,587	1.830,294	1.831,154	A08N254389	1.552,667	1.553,997	1.554,968	1.556,185	1.557,263
A08N301228	2.047,012	2.048,825	2.049,896	2.051,431	2.052,754	A08N301862	1.387,602	1.387,786	1.388,502	1.388,945	1.389,704
A08N301721	1.634,190	1.634,616	1.635,142	1.635,475	1.636,087	A08N301172	1.159,647	1.161,054	1.161,525	1.161,763	1.162,112
A07N382952	1.806,341	1.808,072	1.809,348	1.810,105	1.810,764	A07N621151	2.521,674	2.523,935	2.525,209	2.527,179	2.528,937
A08N301730	1.594,799	1.595,544	1.596,290	1.597,036	1.597,781	A08N301846	1.826,275	1.826,555	1.828,922	1.829,483	1.831,532
A08N301718	3.062,659	3.065,261	3.067,156	3.068,667	3.070,502	A08N301197	1.786,753	1.787,699	1.788,644	1.789,444	1.790,244
A08N301868	1.678,270	1.679,252	1.679,906	1.681,019	1.682,379	A08N301865	1.048,807	1.049,206	1.049,475	1.052,957	1.053,001
A08N564697	1.985,515	1.986,547	1.987,441	1.988,865	1.989,467	Macromedidor	13810,2	13.928,79	14.044,97	14.169,10	14.279,48

 Valor estimado

Continua...

HIDROMETRO	30/09/2013	1/10/2013	2/10/2013	03/10/2013	04/10/2013	HIDROMETRO	30/09/2013	1/10/2013	2/10/2013	03/10/2013	04/10/2013
A02L248810	2.289,050	2.290,270	2.290,980	2.291,940	2.292,670	A08N301725	1.112,404	1.113,030	1.113,333	1.113,821	1.114,332
A08N301799	2.613,663	2.613,690	2.613,716	2.613,782	2.613,821	A04S156727	5.620,270	5.621,530	5.621,640	5.622,315	5.622,990
A08N301847	1.721,918	1.723,055	1.724,223	1.725,355	1.726,589	A08N301722	2.050,189	2.051,369	2.052,315	2.053,469	2.055,347
A08N301921	2.471,989	2.473,616	2.474,344	2.475,617	2.476,780	A03S299402	4.532,090	4.533,120	4.535,920	4.536,217	4.536,514
A08N301845	3.354,870	3.356,103	3.357,335	3.358,568	3.359,800	A04N216215	4.049,721	4.052,050	4.053,655	4.055,150	4.056,854
A08N301912	1.121,867	1.122,407	1.122,664	1.123,328	1.123,633	A08N301870	968,289	968,525	968,792	969,702	969,782
A04S225970	3.118,080	3.118,910	3.119,630	3.120,270	3.121,930	A08N301723	2.855,636	2.857,288	2.858,772	2.860,012	2.862,541
A07N382785	3.468,975	3.470,455	3.472,351	3.473,771	3.475,824	A08N301728	2.286,557	2.287,170	2.287,717	2.288,082	2.289,447
A06N241891	2.409,049	2.410,607	2.411,270	2.411,933	2.413,196	A06N242153	1.811,573	1.811,861	1.813,095	1.813,217	1.813,869
A08N301869	1.137,777	1.137,911	1.138,710	1.138,748	1.139,858	A07N381845	4.192,737	4.193,574	4.195,206	4.196,730	4.199,210
A06N242151	2.778,452	2.779,044	2.780,239	2.780,742	2.781,671	A08N301922	2.109,481	2.111,615	2.112,759	2.114,176	2.115,337
A13G109703	60,183	61,236	62,413	62,539	62,664	A03N118008	972,388	972,718	972,719	972,722	972,726
A03S225167	5.311,710	5.312,410	5.315,410	5.316,210	5.317,290	A09N573632	1.018,449	1.019,852	1.020,865	1.021,932	1.022,482
A03S225161	3.943,100	3.944,050	3.944,660	3.945,140	3.946,400	A08N301724	1.914,160	1.915,299	1.915,998	1.917,941	1.918,912
A06N016933	2.784,762	2.786,774	2.787,888	2.788,808	2.789,789	A04S415094	5.534,820	5.534,840	5.538,720	5.538,820	5.540,020
A10L216224	205,570	205,570	205,570	205,570	205,570	A01N388741	3.095,280	3.096,622	3.097,550	3.098,759	3.100,734
A08N301911	2.782,872	2.783,649	2.784,112	2.784,865	2.786,887	A03N105719	2.636,964	2.637,430	2.638,249	2.639,219	2.639,795
A08N577629	753,737	753,737	753,854	753,859	753,938	A08N301717	3.424,515	3.429,157	3.432,702	3.436,341	3.440,830
A03S225166	6.523,210	6.525,030	6.526,780	6.528,700	6.530,480	Y10N595504	976,541	979,165	982,520	986,420	990,067
A08N301867	1.823,458	1.823,876	1.825,202	1.826,487	1.826,994	A12N181828	642,594	645,860	648,937	649,118	660,837
A03N241672	2.129,872	2.130,302	2.130,590	2.130,878	2.131,166	A12N345114	433,584	436,091	438,722	440,990	443,887
A08N301892	2.369,425	2.371,523	2.372,892	2.374,195	2.375,309	A08N301926	2.353,060	2.354,684	2.355,571	2.355,571	2.355,571
A08N301928	727,353	728,092	728,322	728,374	728,622	A08N301850	1.069,956	1.070,165	1.070,381	1.071,908	1.072,119
A08N301175	246,290	246,290	246,290	246,290	246,290	A08N301848	1.456,185	1.456,240	1.456,313	1.456,503	1.456,702
A08N577461	979,613	979,937	980,837	981,128	983,940	A04N021561	1.208,268	1.208,573	1.208,965	1.209,247	1.209,587
A08N301726	1.266,724	1.267,296	1.268,043	1.269,489	1.270,373	A08N301849	955,918	956,058	956,216	956,685	956,688
A08N183141	2.320,465	2.321,535	2.322,180	2.326,121	2.327,437	A08N301123	1.209,411	1.209,599	1.209,726	1.209,853	1.209,980
A08N301829	1.605,101	1.605,222	1.606,020	1.606,818	1.607,170	A07N620717	2.056,408	2.059,444	2.060,663	2.062,723	2.064,590
A07N382926	1.772,260	1.773,964	1.774,391	1.775,321	1.776,205	A08N301716	2.180,447	2.182,646	2.183,365	2.184,157	2.185,502
A07N621043	2.126,304	2.126,895	2.128,276	2.130,046	2.132,378	A04S225739	1.420,800	1.421,180	1.422,060	1.422,650	1.423,070
A08N301729	2.711,321	2.713,015	2.713,940	2.715,317	2.716,140	A08N301800	1.728,810	1.730,531	1.732,817	1.735,104	1.737,390
A08N301727	2.479,128	2.480,231	2.481,138	2.482,219	2.483,449	A08N301720	1.645,067	1.645,768	1.646,468	1.647,168	1.647,868
A03S299256	4.058,860	4.059,337	4.059,813	4.060,290	4.060,750	A08N301715	2.187,893	2.189,200	2.191,063	2.193,091	2.194,197
A08N301866	1.372,171	1.373,803	1.374,537	1.375,527	1.377,200	A08N301864	1.068,526	1.070,017	1.071,280	1.072,879	1.073,822
A08N301719	1.834,355	1.836,201	1.836,943	1.837,150	1.837,837	A08N254389	1.559,308	1.560,521	1.561,535	1.562,377	1.563,366
A08N301228	2.055,685	2.056,691	2.057,680	2.058,674	2.060,347	A08N301862	1.390,907	1.391,520	1.392,095	1.393,002	1.393,502
A08N301721	1.638,000	1.638,131	1.638,284	1.638,436	1.638,760	A08N301172	1.163,163	1.163,512	1.164,062	1.164,165	1.164,383
A07N382952	1.812,825	1.813,007	1.814,695	1.815,695	1.816,465	A07N621151	2.531,800	2.533,323	2.534,714	2.536,570	2.537,641
A08N301730	1.600,018	1.600,763	1.601,509	1.602,254	1.603,000	A08N301846	1.835,695	1.835,893	1.836,245	1.836,570	1.838,948
A08N301718	3.073,258	3.075,454	3.076,937	3.078,419	3.080,187	A08N301197	1.793,183	1.794,884	1.796,021	1.796,434	1.798,111
A08N301868	1.683,534	1.683,919	1.684,304	1.684,690	1.685,075	A08N301865	1.053,211	1.053,211	1.054,020	1.070,806	1.071,202
A08N564697	1.989,901	1.990,619	1.990,992	1.991,454	1.991,932	Macromedidor	14.527,16	14.637,52	14.738,65	14.856,97	14.984,37

Valor estimado

Fim.

Tabela B.2- Volumes (m³) registrados no macromedidor e nos 83 hidrômetros classe C instalados no condomínio

HIDROMETRO	21/10/2013	22/10/2013	23/10/2013	24/10/2013	25/10/2013	HIDROMETRO	21/10/2013	22/10/2013	23/10/2013	24/10/2013	25/10/2013
A13G110488	13,444	14,199	15,269	16,267	17,427	A13G110509	9,017	9,574	10,055	10,305	10,894
A13G110498	24,746	26,309	26,518	27,607	27,775	A13G110502	9,481	9,481	9,505	9,505	9,505
A13G110499	9,636	10,795	11,750	12,938	13,928	A13G110508	21,674	25,631	27,971	29,733	30,991
A13G110493	24,636	26,455	27,805	30,608	32,829	A13G110466	15,587	18,193	19,202	20,847	22,127
A13G110497	20,718	24,992	25,188	25,383	26,989	A13G110538	29,548	31,443	34,950	37,361	41,461
A13G110496	12,464	13,290	14,117	14,943	15,498	A08NG01870	972,535	972,632	972,794	973,446	973,561
A13G110494	15,096	15,973	16,414	16,855	17,368	A13G110539	25,168	27,990	29,399	30,732	32,410
A13G110500	25,865	27,228	28,394	30,269	31,813	A13G110506	8,041	9,236	9,747	10,259	10,770
A13G110492	12,589	14,075	15,561	16,396	17,101	A13G110510	13,227	13,771	14,937	15,252	15,926
A13G110491	7,775	8,943	9,324	9,525	10,700	A13G110504	29,397	30,553	36,151	39,179	41,927
A13G110454	13,632	14,972	16,442	17,256	18,954	A13G110532	17,870	19,397	20,849	23,529	24,077
A13G110478	10,631	11,727	12,948	14,408	16,535	A13G110507	13,632	14,947	16,996	17,774	19,332
A13G110459	20,061	20,797	23,751	24,575	26,453	A13G110531	0,566	0,568	0,570	0,793	1,104
A13G110451	11,539	13,217	14,220	15,223	16,154	A13G110540	20,391	21,987	23,673	25,205	27,052
A13G110458	18,359	19,624	20,914	21,985	23,474	A13G110505	21,391	22,240	22,746	30,563	31,784
A13G110460	0,511	0,511	0,511	0,511	0,827	A13G110501	16,611	21,098	22,133	23,675	25,129
A13G110452	14,525	16,633	17,542	18,430	19,409	A13G110528	8,942	11,556	13,882	16,275	17,265
A13G110489	6,365	6,365	6,365	6,984	6,984	A13G110524	22,937	28,453	32,879	37,213	41,592
A13G110536	29,999	31,143	32,608	35,026	36,878	A13G110525	9,015	12,804	17,767	21,732	25,619
A13G110535	14,597	15,810	16,444	17,722	19,192	A13G110523	42,711	47,027	51,744	56,569	58,936
A13G110526	1,578	2,300	3,421	4,382	5,370	A13G110464	27,217	30,236	33,218	35,826	38,784
A13G110537	26,334	28,671	30,863	33,602	34,800	A13G110527	12,098	14,061	15,219	16,851	19,729
A13G110534	5,526	5,693	6,125	6,391	6,788	A13G110467	7,829	8,147	10,027	10,740	10,918
A13G110511	0,157	0,188	0,188	0,200	0,506	A13G110463	5,892	5,938	6,146	6,984	7,350
A13G110479	12,915	13,278	14,209	14,749	17,531	A13G110468	6,256	6,730	7,411	7,719	8,305
A13G110472	13,862	14,258	14,984	16,637	17,237	A08NG01849	959,445	959,692	959,848	960,689	960,843
A13G110471	8,956	10,699	12,260	22,256	23,973	A13G110485	3,608	3,672	3,888	3,888	3,888
A13G110480	12,613	14,554	15,287	15,888	16,544	A13G110484	22,942	26,670	29,514	32,035	34,987
A13G110476	6,286	7,536	8,960	10,391	11,549	A13G110486	15,660	16,359	18,110	19,489	21,676
A13G110475	23,239	24,316	25,725	26,653	27,573	A13G110487	8,336	8,713	9,437	9,837	10,951
A13G110514	20,239	22,223	23,912	25,438	27,700	A13G110482	19,548	21,132	22,717	24,301	26,368
A13G110473	19,239	20,503	21,487	24,033	25,133	A13G110481	11,456	12,104	12,752	13,401	14,049
A13G110519	11,069	12,571	15,225	17,878	18,090	A13G110461	15,380	16,934	19,025	20,390	21,195
A13G110477	10,176	12,235	13,707	15,219	16,922	A13G110455	19,077	20,520	21,815	23,450	24,243
A13G110513	12,844	16,202	16,953	17,205	17,943	A13G110453	15,526	16,690	18,244	19,211	19,817
A13G110520	21,859	24,997	26,617	27,950	29,557	A13G110456	8,509	9,250	9,902	10,703	11,503
A13G110483	11,430	11,957	12,032	12,432	13,097	A13G110616	6,645	7,008	8,428	8,672	9,225
A13G110517	12,974	14,285	14,287	14,315	14,399	A13G110457	18,416	20,265	22,251	23,955	25,616
A13G110512	11,701	12,595	13,490	14,384	15,278	A13G110490	13,985	14,295	14,687	16,185	18,416
A13G110474	22,484	24,630	26,454	27,786	29,774	A13G110518	15,215	16,513	17,893	18,768	20,142
A13G110462	9,261	10,347	11,230	12,298	13,142	A13G110515	0,454	0,471	0,605	1,005	1,041
A13G110522	1,221	2,551	3,198	4,243	4,669	Macromedidor	16.564,64	16.700,19	16.822,91	16.968,50	17.097,91

 Valor estimado

 Hidrômetro classe B substituído posteriormente

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	29/10/2013	31/10/2013	1/11/2013	HIDROMETRO	29/10/2013	31/10/2013	1/11/2013
A13G110488	21,580	24,000	24,835	A13G110509	13,964	14,985	15,557
A13G110498	30,679	31,924	32,591	A13G110502	11,092	12,290	12,626
A13G110499	16,972	18,699	20,692	A13G110508	32,268	38,910	39,882
A13G110493	41,697	44,701	47,974	A13G110466	28,395	31,762	32,638
A13G110497	33,412	36,244	37,910	A13G110538	50,966	56,377	59,885
A13G110496	18,327	19,742	20,191	A08N301870	973,809	975,014	975,068
A13G110494	19,420	20,578	21,393	A13G110539	37,457	40,389	43,595
A13G110500	34,463	39,537	41,773	A13G110506	12,968	14,055	15,293
A13G110492	19,570	20,635	21,343	A13G110510	18,928	20,827	21,286
A13G110491	12,745	13,953	15,017	A13G110504	50,082	54,093	56,529
A13G110454	23,461	26,495	27,565	A13G110532	27,807	30,990	31,808
A13G110478	21,798	23,708	25,382	A13G110507	21,116	23,047	23,545
A13G110459	32,391	34,187	36,144	A13G110531	1,813	1,817	1,822
A13G110451	19,500	20,857	21,412	A13G110540	31,916	34,774	36,051
A13G110458	28,591	32,511	33,657	A13G110505	47,080	48,559	53,283
A13G110460	1,295	1,295	1,296	A13G110501	29,849	32,579	34,229
A13G110452	23,471	25,747	26,875	A13G110528	19,676	21,955	23,086
A13G110489	10,304	10,304	11,051	A13G110524	57,507	66,559	71,095
A13G110536	44,087	47,447	49,633	A13G110525	39,107	50,194	51,111
A13G110535	21,359	23,374	24,777	A13G110523	72,492	87,400	89,640
A13G110526	9,026	10,572	11,436	A13G110464	45,319	50,584	53,347
A13G110537	43,147	49,963	51,254	A13G110527	25,420	28,264	30,333
A13G110534	7,625	7,910	7,910	A13G110467	14,297	15,987	16,150
A13G110511	1,139	1,139	1,139	A13G110463	14,528	16,200	16,810
A13G110479	20,672	21,763	24,435	A13G110468	9,759	10,462	10,848
A13G110472	18,829	20,529	23,131	A08N301849	961,789	963,292	963,437
A13G110471	28,987	35,747	36,975	A13G110485	3,888	3,888	3,888
A13G110480	19,007	21,144	22,212	A13G110484	44,844	49,481	51,257
A13G110476	16,182	19,002	21,049	A13G110486	28,178	30,351	30,991
A13G110475	33,425	36,891	38,106	A13G110487	12,740	14,151	15,112
A13G110514	33,839	36,238	37,889	A13G110482	31,212	34,763	36,762
A13G110473	30,942	33,345	36,553	A13G110481	16,641	17,938	18,586
A13G110519	26,204	30,261	31,074	A13G110461	26,904	29,759	30,829
A13G110477	18,262	20,934	22,271	A13G110455	29,921	33,205	34,041
A13G110513	20,895	23,120	24,001	A13G110453	23,448	24,617	25,202
A13G110520	40,797	44,355	46,508	A13G110456	14,142	15,462	16,144
A13G110483	13,964	16,051	18,782	A13G110616	12,653	13,295	13,616
A13G110517	14,597	15,742	16,981	A13G110457	32,259	35,092	36,462
A13G110512	18,856	20,645	21,539	A13G110490	21,284	22,612	24,722
A13G110474	34,911	38,439	40,544	A13G110518	31,992	33,137	34,094
A13G110462	16,184	18,092	19,124	A13G110515	4,612	4,751	4,771
A13G110522	7,875	9,127	9,919	Macromedidor	17.549,98	17.785,69	17.902,21

 Valor estimado

 Hidrômetro classe B substituído posteriormente

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	4/11/2013	5/11/2013	6/11/2013	7/11/2013	8/11/2013	HIDROMETRO	4/11/2013	5/11/2013	6/11/2013	7/11/2013	8/11/2013
A13G110488	27,054	28,165	29,147	30,109	31,204	A13G110509	17,961	18,712	19,339	19,834	20,587
A13G110498	32,811	33,389	33,943	34,008	34,622	A13G110502	14,960	16,012	16,162	16,716	16,962
A13G110499	23,257	24,079	25,253	26,320	26,690	A13G110508	42,386	44,985	46,082	48,107	49,024
A13G110493	51,695	53,651	55,488	56,625	57,871	A13G110466	36,773	39,227	40,413	41,152	41,949
A13G110497	41,414	42,582	44,383	46,934	49,484	A13G110538	65,162	67,442	69,792	72,954	74,223
A13G110496	21,537	22,866	23,695	24,210	24,667	A13G110529	0,130	0,496	1,419	1,831	1,873
A13G110494	22,575	22,884	23,193	23,502	24,470	A13G110539	46,298	48,829	50,558	51,598	53,401
A13G110500	45,377	47,165	50,436	51,981	53,227	A13G110506	16,834	17,347	17,861	18,374	18,817
A13G110492	23,783	25,972	27,560	28,117	28,456	A13G110510	25,255	25,857	27,156	27,400	27,931
A13G110491	15,790	16,760	17,173	17,903	18,862	A13G110504	69,722	69,830	71,088	72,181	75,006
A13G110454	30,210	31,000	33,007	35,259	36,509	A13G110532	34,502	36,273	37,950	39,287	40,130
A13G110478	27,095	28,055	29,196	29,886	31,040	A13G110507	25,025	26,027	27,351	28,073	28,483
A13G110459	40,607	42,095	44,187	44,776	46,174	A13G110531	1,884	2,065	2,125	2,125	2,130
A13G110451	25,024	26,443	27,605	28,268	29,189	A13G110540	39,749	41,325	42,303	43,691	44,859
A13G110458	36,231	38,123	41,114	42,714	44,384	A13G110505	55,527	74,865	76,040	76,438	77,307
A13G110460	1,373	1,373	1,430	1,448	1,454	A13G110501	38,862	40,513	41,654	43,015	44,310
A13G110452	28,714	29,385	29,904	30,633	31,449	A13G110528	24,142	26,340	28,017	29,412	30,552
A13G110489	14,267	14,282	14,802	14,802	14,802	A13G110524	77,730	82,816	87,017	88,527	89,359
A13G110536	53,079	55,257	57,519	59,319	61,577	A13G110525	64,309	69,826	74,749	78,333	80,956
A13G110535	26,659	27,874	29,295	30,148	30,544	A13G110523	115,128	120,389	133,713	139,527	145,839
A13G110526	14,362	15,053	16,443	16,901	17,387	A13G110464	58,433	61,435	65,102	67,884	70,412
A13G110537	56,188	58,633	60,267	61,420	63,053	A13G110527	33,040	35,815	37,105	39,321	40,012
A13G110534	8,004	8,883	9,411	9,871	10,070	A13G110467	19,154	19,658	21,537	21,600	22,119
A13G110511	1,173	1,173	1,173	1,173	1,173	A13G110463	18,597	18,710	19,731	20,751	21,116
A13G110479	27,610	27,819	28,550	28,814	31,076	A13G110468	11,949	12,058	12,217	12,455	12,521
A13G110472	24,731	25,481	26,499	27,420	28,291	A08N301849	963,944	964,115	964,687	965,068	965,268
A13G110471	39,257	40,599	42,930	43,753	44,679	A13G110485	3,970	3,983	4,813	5,643	6,473
A13G110480	25,417	25,756	26,589	27,420	27,687	A13G110484	54,865	58,126	59,884	62,499	65,489
A13G110476	22,729	24,091	24,987	26,053	27,194	A13G110486	33,779	34,651	35,674	36,232	36,927
A13G110475	41,750	43,613	44,664	45,573	46,742	A13G110487	16,378	16,757	17,561	17,975	18,458
A13G110514	37,935	43,769	45,223	46,634	48,188	A13G110482	40,970	43,281	44,624	46,064	47,740
A13G110473	37,457	40,424	42,260	43,339	44,436	A13G110481	20,530	21,179	21,827	22,475	23,123
A13G110519	31,855	34,268	35,745	36,611	37,620	A13G110461	34,038	36,417	37,018	38,138	39,029
A13G110477	25,061	26,471	27,535	28,431	29,435	A13G110455	35,867	38,225	39,527	40,211	41,024
A13G110513	25,565	28,345	29,729	30,657	31,494	A13G110453	26,655	27,425	27,910	28,505	29,045
A13G110520	52,967	55,210	57,091	58,142	59,072	A13G110456	17,240	18,377	18,965	19,234	19,742
A13G110483	18,850	19,927	20,867	21,764	22,741	A13G110616	15,387	17,092	17,789	18,021	18,259
A13G110517	19,733	21,400	22,807	24,213	25,266	A13G110457	39,032	41,457	43,375	44,724	45,454
A13G110512	23,948	24,751	25,554	26,357	27,191	A13G110490	28,415	28,788	29,328	30,472	31,451
A13G110474	43,694	45,754	47,172	48,555	49,909	A13G110518	35,855	37,429	38,830	39,559	40,612
A13G110462	21,503	22,410	23,233	23,974	24,437	A13G110515	5,115	5,164	5,380	5,383	5,385
A13G110522	10,776	11,989	13,202	13,916	14,282	Macromedidor	18.173,92	18.325,07	18.452,66	18.543,18	18.638,50

 Valor estimado

 Hidrômetro classe B substituído posteriormente

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	11/11/2013	12/11/2013	13/11/2013	14/11/2013	HIDROMETRO	11/11/2013	12/11/2013	13/11/2013	14/11/2013
A13G110488	33,074	34,111	34,831	36,187	A13G110509	22,922	23,000	24,244	24,742
A13G110498	35,011	35,353	35,647	35,654	A13G110502	19,013	19,645	20,277	21,847
A13G110499	28,270	29,182	30,487	31,656	A13G110508	53,244	54,941	56,586	58,230
A13G110493	61,795	64,068	66,294	67,818	A13G110466	49,047	52,767	54,862	56,293
A13G110497	57,136	59,119	61,102	63,618	A13G110538	77,767	79,487	87,388	90,235
A13G110496	26,315	27,353	28,277	28,808	A13G110529	1,913	1,921	2,212	2,659
A13G110494	26,367	27,437	28,580	29,722	A13G110539	57,171	59,433	60,922	62,267
A13G110500	57,031	58,470	60,621	62,113	A13G110506	19,637	20,226	21,312	22,096
A13G110492	30,307	32,513	33,070	33,734	A13G110510	29,924	30,451	31,867	32,597
A13G110491	19,649	20,721	21,051	21,755	A13G110504	78,119	79,379	81,359	82,463
A13G110454	39,721	40,732	42,369	43,473	A13G110532	42,357	44,549	45,890	47,599
A13G110478	33,202	34,135	35,350	36,540	A13G110507	29,932	30,429	31,592	33,279
A13G110459	48,849	49,630	51,180	51,782	A13G110531	2,143	2,143	2,236	2,236
A13G110451	30,493	31,783	32,549	33,503	A13G110540	48,226	49,778	50,946	52,412
A13G110458	49,433	52,257	54,225	55,425	A13G110505	82,311	83,067	88,629	89,683
A13G110460	1,603	1,703	2,647	2,647	A13G110501	46,905	48,339	49,102	50,061
A13G110452	34,323	36,970	39,289	40,273	A13G110528	32,768	33,652	34,396	34,679
A13G110489	15,871	15,872	16,263	16,263	A13G110524	98,317	103,089	107,166	111,678
A13G110536	65,985	68,617	70,091	72,259	A13G110525	89,154	93,535	98,834	101,592
A13G110535	33,685	35,018	36,275	37,171	A13G110523	155,870	160,188	165,625	171,950
A13G110526	19,000	20,597	21,115	22,090	A13G110464	76,215	79,354	82,966	86,517
A13G110537	66,706	68,092	70,517	73,368	A13G110527	42,585	44,928	47,067	48,960
A13G110534	10,478	10,850	11,107	11,358	A13G110467	24,210	25,684	26,273	26,427
A13G110511	1,686	1,802	2,815	2,815	A13G110463	21,551	24,020	24,958	26,448
A13G110479	34,051	34,480	35,555	37,714	A13G110468	13,377	13,868	13,976	14,237
A13G110472	30,934	31,875	32,805	34,145	A08N301849	965,821	966,000	966,218	967,101
A13G110471	48,710	50,072	52,043	54,649	A13G110485	6,541	6,564	6,587	6,812
A13G110480	32,666	33,095	33,520	33,734	A13G110484	69,909	72,565	74,960	77,027
A13G110476	29,530	31,047	32,181	33,492	A13G110486	39,484	40,892	41,642	42,561
A13G110475	51,640	52,946	53,988	55,384	A13G110487	20,858	21,427	22,357	22,985
A13G110514	51,881	54,120	55,973	58,012	A13G110482	50,757	52,538	54,514	57,524
A13G110473	47,959	49,361	51,087	52,880	A13G110481	25,068	25,716	26,364	27,012
A13G110519	40,645	43,490	45,130	46,667	A13G110461	41,830	44,519	47,153	48,519
A13G110477	30,390	32,974	33,638	34,060	A13G110455	45,335	46,886	48,262	49,226
A13G110513	36,640	37,768	37,805	37,808	A13G110453	31,472	32,499	33,276	34,255
A13G110520	64,836	67,235	68,465	69,926	A13G110456	21,265	21,662	22,285	23,512
A13G110483	25,546	26,788	27,471	28,564	A13G110616	19,271	19,711	21,247	21,641
A13G110517	28,425	30,360	31,502	33,314	A13G110457	49,857	51,009	52,951	55,013
A13G110512	28,706	30,028	30,750	31,471	A13G110490	33,020	33,392	33,964	36,414
A13G110474	53,726	55,932	57,850	59,661	A13G110518	43,977	45,449	47,147	48,304
A13G110462	26,451	27,391	28,134	29,161	A13G110515	5,782	5,838	7,806	7,825
A13G110522	14,805	15,840	16,625	17,324	Macromedidor	18904,73	19034,62	19162	19281,09

 Valor estimado

 Hidrômetro classe B substituído posteriormente

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	18/11/2013	19/11/2013	20/11/2013	21/11/2013	22/11/2013	HIDROMETRO	18/11/2013	19/11/2013	20/11/2013	21/11/2013	22/11/2013
A13G110488	39,809	40,187	40,600	41,719	42,963	A13G110509	27,602	28,267	28,676	29,125	30,116
A13G110498	35,657	36,067	36,429	38,139	38,442	A13G110502	23,537	24,115	24,170	24,748	25,212
A13G110499	33,905	35,177	35,971	37,191	38,092	A13G110508	61,119	63,412	64,732	66,398	67,507
A13G110493	72,292	74,345	76,061	77,959	79,817	A13G110466	63,140	64,390	65,582	66,932	67,925
A13G110497	69,975	71,906	73,837	76,860	78,506	A13G110538	93,752	95,855	97,489	106,608	108,159
A13G110496	30,210	31,703	32,595	33,173	33,830	A13G110529	3,208	3,227	3,345	4,527	4,548
A13G110494	31,753	34,039	35,181	36,176	37,743	A13G110539	66,310	69,347	70,961	71,133	73,148
A13G110500	68,528	70,509	72,152	73,075	74,787	A13G110506	23,384	23,931	24,475	25,192	25,765
A13G110492	36,011	37,687	39,041	40,867	41,867	A13G110510	34,155	37,340	37,726	38,415	38,909
A13G110491	23,528	24,232	24,613	25,447	26,132	A13G110504	92,306	93,581	95,881	96,432	99,425
A13G110454	46,767	47,631	49,131	49,835	50,964	A13G110532	49,783	51,235	52,504	53,658	55,377
A13G110478	38,485	39,451	40,417	41,488	42,640	A13G110507	35,117	37,090	37,416	37,971	38,571
A13G110459	57,967	58,564	59,160	59,757	60,353	A13G110531	2,238	2,240	2,297	2,560	2,672
A13G110451	35,767	36,735	37,827	38,454	39,936	A13G110540	56,270	57,305	58,478	59,676	60,887
A13G110458	59,401	60,797	61,957	63,314	65,856	A13G110505	98,824	100,333	100,383	106,097	107,249
A13G110460	2,650	2,651	2,651	2,651	2,653	A13G110501	51,501	52,111	52,945	53,665	54,442
A13G110452	42,209	42,832	44,165	46,198	47,662	A13G110528	35,069	36,007	36,828	37,929	39,198
A13G110489	20,011	20,012	20,446	20,447	20,447	A13G110524	122,234	127,196	131,689	135,920	140,649
A13G110536	78,353	80,661	82,462	84,612	86,739	A13G110525	114,403	118,550	121,383	125,938	130,858
A13G110535	40,577	41,891	42,889	44,027	44,846	A13G110523	190,208	196,781	203,405	208,714	214,813
A13G110526	22,400	22,885	22,889	22,889	23,130	A13G110464	95,869	99,187	102,227	105,726	110,037
A13G110537	78,779	81,164	83,626	85,090	86,750	A13G110527	54,032	55,330	56,668	57,857	60,528
A13G110534	12,445	12,999	13,244	13,450	13,682	A13G110467	27,915	29,316	29,657	29,931	30,357
A13G110511	2,815	2,815	2,820	2,820	2,820	A13G110463	27,771	27,864	29,543	30,233	31,054
A13G110479	39,755	40,571	41,412	42,295	45,584	A13G110468	15,319	15,579	15,794	16,250	16,419
A13G110472	35,509	36,017	36,987	38,289	39,822	A13G110530	0,938	1,210	1,458	2,566	2,912
A13G110471	54,982	57,666	58,673	95,266	97,235	A13G110485	6,883	6,901	6,919	6,936	6,954
A13G110480	36,217	36,626	36,987	37,460	38,847	A13G110484	81,167	83,792	85,162	87,042	90,552
A13G110476	35,622	36,829	37,809	38,690	40,161	A13G110486	46,850	47,251	49,079	50,540	51,370
A13G110475	58,157	59,700	60,091	60,903	61,397	A13G110487	25,256	25,616	26,002	26,620	27,652
A13G110514	61,800	64,198	65,825	68,309	70,172	A13G110482	59,965	61,361	62,561	63,812	64,702
A13G110473	56,095	57,339	58,350	59,371	61,979	A13G110481	30,238	31,045	31,851	32,658	33,464
A13G110519	48,021	48,360	49,912	52,248	53,291	A13G110461	53,062	55,732	56,420	57,417	58,892
A13G110477	36,158	38,189	38,883	40,085	41,002	A13G110455	55,793	58,054	59,447	61,254	62,335
A13G110513	38,485	38,765	38,767	38,769	39,184	A13G110453	35,314	36,255	36,806	37,535	38,103
A13G110520	77,535	79,060	80,279	81,883	83,626	A13G110456	24,382	25,325	26,262	28,046	29,340
A13G110483	32,349	33,741	34,519	35,470	36,070	A13G110616	24,566	25,506	25,915	26,232	26,987
A13G110517	34,165	36,023	37,479	39,219	40,129	A13G110457	56,688	58,490	59,937	62,142	63,475
A13G110512	33,973	35,193	36,334	37,106	37,618	A13G110490	39,357	39,810	40,290	41,431	42,897
A13G110474	66,733	69,227	70,783	73,040	74,960	A13G110518	49,497	51,359	52,472	53,901	55,329
A13G110462	31,132	32,087	32,840	33,478	33,934	A13G110515	10,177	10,639	10,830	13,053	13,171
A13G110522	18,752	19,109	20,404	21,345	21,925	Macromedidor	19.579,08	19.707,11	19.806,67	19.962,18	20.082,96

 Valor estimado

Continua...

Continuação

HIDROMETRO	25/11/2013	26/11/2013	27/11/2013	HIDROMETRO	25/11/2013	26/11/2013	27/11/2013
A13G110488	45,513	46,791	47,453	A13G110509	33,041	33,816	34,224
A13G110498	38,756	38,768	38,775	A13G110502	27,427	28,340	28,568
A13G110499	39,300	40,526	41,746	A13G110508	71,958	73,703	74,792
A13G110493	85,082	86,961	87,701	A13G110466	71,681	72,557	73,238
A13G110497	83,443	85,014	89,433	A13G110538	111,892	114,082	115,845
A13G110496	35,745	37,241	37,735	A13G110529	7,028	7,937	8,736
A13G110494	41,231	42,552	43,651	A13G110539	73,678	75,466	75,624
A13G110500	78,813	80,513	81,747	A13G110506	26,103	27,164	27,810
A13G110492	44,498	45,749	46,977	A13G110510	41,679	42,266	43,655
A13G110491	26,626	27,387	27,802	A13G110504	103,143	104,436	106,580
A13G110454	55,133	56,283	57,287	A13G110532	58,264	59,939	60,763
A13G110478	46,094	47,246	48,404	A13G110507	39,323	40,582	42,002
A13G110459	62,143	64,043	64,719	A13G110531	2,761	2,768	2,769
A13G110451	41,758	42,873	43,481	A13G110540	63,836	65,151	66,303
A13G110458	67,308	68,741	69,904	A13G110505	122,387	122,573	124,304
A13G110460	2,684	2,684	2,684	A13G110501	56,608	57,650	58,622
A13G110452	49,099	49,655	51,015	A13G110528	40,177	41,206	41,961
A13G110489	23,461	23,476	23,478	A13G110524	151,542	155,470	157,214
A13G110536	90,773	93,085	94,991	A13G110525	138,559	143,069	146,490
A13G110535	47,616	48,463	49,143	A13G110523	224,768	227,424	230,255
A13G110526	25,556	26,280	26,659	A13G110464	117,042	120,232	123,641
A13G110537	90,984	93,558	95,467	A13G110527	65,512	67,165	68,335
A13G110534	14,135	14,433	14,642	A13G110467	32,674	32,824	33,058
A13G110511	2,820	2,820	2,832	A13G110463	31,478	32,145	32,406
A13G110479	48,087	48,358	48,969	A13G110468	17,475	17,598	17,801
A13G110472	41,897	42,734	43,703	A13G110530	3,754	4,125	4,461
A13G110471	98,518	99,403	100,065	A13G110485	7,008	7,025	7,043
A13G110480	41,259	42,029	42,566	A13G110484	93,904	97,633	98,797
A13G110476	42,255	43,758	44,891	A13G110486	55,019	55,983	56,779
A13G110475	62,884	63,330	63,743	A13G110487	30,311	30,905	31,814
A13G110514	74,393	76,788	77,763	A13G110482	67,207	68,864	70,109
A13G110473	64,941	66,179	67,531	A13G110481	35,884	36,691	37,497
A13G110519	56,156	57,540	58,831	A13G110461	64,683	66,831	67,509
A13G110477	42,431	44,345	44,805	A13G110455	66,763	68,170	69,237
A13G110513	42,431	43,764	45,362	A13G110453	40,357	41,238	42,102
A13G110520	89,311	91,181	92,044	A13G110456	31,606	32,363	32,890
A13G110483	38,871	40,025	40,428	A13G110616	28,053	28,912	30,050
A13G110517	42,020	43,312	43,956	A13G110457	67,164	69,372	70,687
A13G110512	40,385	40,801	41,025	A13G110490	45,942	46,141	46,402
A13G110474	78,106	79,801	80,951	A13G110518	57,117	58,627	59,401
A13G110462	35,302	36,285	37,065	A13G110515	18,508	18,538	18,545
A13G110522	23,095	23,557	24,637	Macromedidor	20.353,11	20.464,93	20.553,35

Fim

 Valor estimado

Apêndice C – percentuais de perdas de água do condomínio

Tabela C.1 - Percentuais de perdas de água do condomínio

Período (datas)	Perdas de Água (%) Hidrômetros Classe B	Período (datas)	Perdas de Água (%) Hidrômetros Classe C
19/08 a 20/08	23,3	21/10 a 22/10	12,0
20/08 a 21/08	10,5	22/10 a 23/10	11,9
21/08 a 23/08	19,7	23/10 a 24/10	17,9
23/08 a 26/08	22,9	24/10 a 25/10	20,3
26/08 a 27/08	27,9	25/10 a 29/10	15,9
27/08 a 28/08	18,5	29/10 a 31/10	8,3
28/08 a 29/08	19,4	31/10 a 01/11	6,5
29/08 a 30/08	16,1	01/11 a 04/11	11,7
04/09 a 05/09	21,6	04/11 a 05/11	6,1
05/09 a 06/09	7,6	05/11 a 06/11	8,0
16/09 a 17/09	21,1	06/11 a 07/11	6,3
17/09 a 18/09	15,1	07/11 a 08/11	13,2
18/09 a 19/09	17,4	08/11 a 11/11	11,0
19/09 a 20/09	25,1	11/11 a 12/11	9,7
20/09 a 23/09	27,4	12/11 a 13/11	4,3
23/09 a 24/09	9,0	13/11 a 14/11	10,0
24/09 a 25/09	15,7	14/11 a 18/11	8,3
25/09 a 26/09	17,7	18/11 a 19/11	12,0
26/09 a 27/09	17,5	19/11 a 20/11	11,0
27/09 a 30/09	18,0	20/11 a 21/11	3,9
30/09 a 01/10	21,4	21/11 a 22/11	10,7
01/10 a 02/10	17,0	22/11 a 25/11	9,4
02/10 a 03/10	20,6	25/11 a 26/11	9,6
03/10 a 04/10	22,3	26/11 a 27/11	10,6

Apêndice D – testes estatísticos

Figura D.1 – Shapiro Wilk W Test

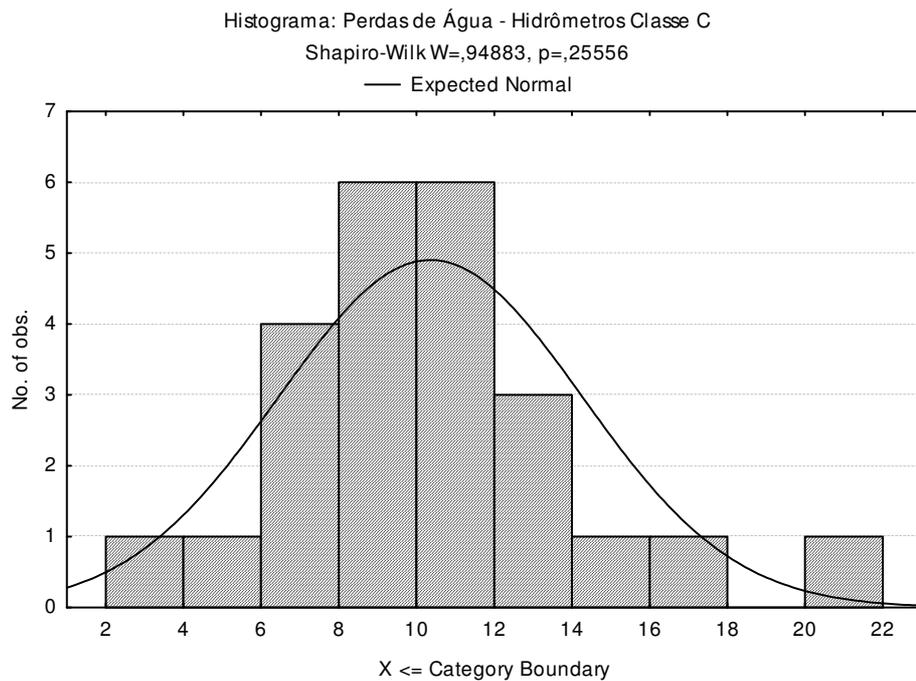
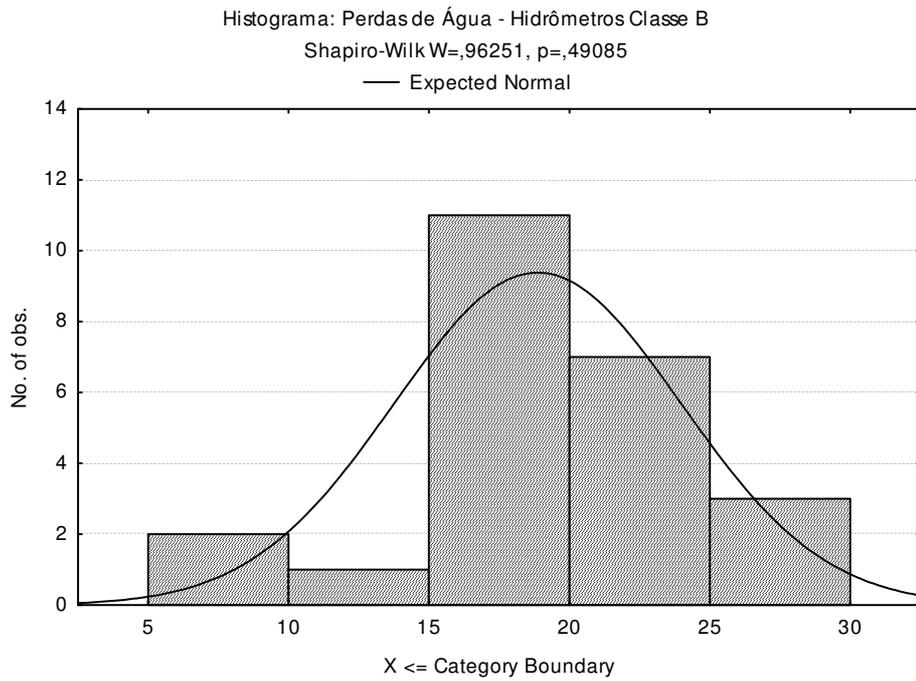


Figura D.2 – Teste t de Student

T-tests; Grouping: Perdas de Água (%) - Hidrômetros das Classes B e C											
Group 1: Hidr_Classe B											
Group 2: Hidr_Classe C											
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	Hidr_Classe B	Hidr_Classe C				Hidr_Classe B	Hidr_Classe C	Hidr_Classe B	Hidr_Classe C	Variances	Variances
Perda de Água (%)	18,86956	10,35864	6,487232	46	0,000000	24	24	5,103663	3,906621	1,706717	0,207433

Figura D.3 – Teste Spearman R

Spearman Rank Order Correlations MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <,05000		
Variable	Tempo de Uso (Anos)	Erro de Medição (%) - Q _{min}
Tempo de Uso (Anos)	1,000000	-0,339755
Erro de Medição (%) - Q _{min}	-0,339755	1,000000

Spearman Rank Order Correlations MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <,05000		
Variable	Tempo de Uso (Anos)	Erro de Medição (%) - Q _t
Tempo de Uso (Anos)	1,000000	0,347368
Erro de Medição (%) - Q _t	0,347368	1,000000

Spearman Rank Order Correlations MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <,05000		
Variable	Tempo de Uso (Anos)	Erro de Medição (%) - Q _n
Tempo de Uso (Anos)	1,000000	0,473684
Erro de Medição (%) - Q _n	0,473684	1,000000

ANEXOS

Anexo A – certificado de calibração do macromedidor

**Calibration Certificate - Kalibrierzertifikat - Certificat d'étalonnage
DIN 55 350-18-4.2.2**

Customer / Kunde / Client : CONAUT CONTROLES AUTO
 Customer Order / Bestellnummer / Commande Client : K-5322/13
 Product / Produkt / Produit :
 Type / Typ / Type : WATERFLUX 3000 DN 25 mm/ 1 inch
 Sales Order / VK-Auftrag / Commande de vente : 110022967 10 1
 Serial Number / Seriennummer / Numéro de série : A13080281
 Tag Number / Tagnummer / Repère :

Calibration Method / Kalibriermethode / Méthode d'étalonnage

The flow sensor has been calibrated against a piston-prover. The calibration certificate of this prover registers the traceability to national standards, which establishes the physical units of measurements according to the International System of Units (SI).

Die Prüfung des Durchflussmessgeräts erfolgt im Vergleich zu einem Piston-Prover. Die Kalibrierung des Provers ist rückführbar auf Nationale Standards. Die physikalischen Einheiten sind nach dem SI-System definiert.

Le capteur de mesure a été étalonné avec un piston étalon. Le certificat d'étalonnage de cet étalon prouve la traçabilité aux étalons nationaux qui utilisent des unités de mesures physiques selon le Système International (SI).

Test Equipment Data / Kalibrierstanddaten / Données du banc d'étalonnage

Serial Number / Seriennummer / Numéro de série : A8
 Calibration fluid / Kalibrierflüssigkeit / Fluide d'étalonnage : Water / Wasser / Eau
 Uncertainty / Unsicherheit / Incertitude : 0.02 %

Calibration Results / Kalibrier Resultats / Résultats d'étalonnage

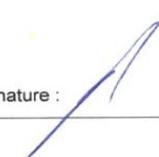
Flow Rate Durchflussmenge Débit (%)	Set Flow rate Gewählte Durchfluss Débit réglé (m3/h)	Deviation Abweichung Ecart (%)
106.34	3.7584	-0.02
23.50	0.8306	+0.02

Calibration Data / Kalibrierdaten / Données d'étalonnage

GK : GKh :
 GKI : GK070 : 3.928

Date / Datum / Date : 2013-02-14

Signature / Unterschrift / Signature :



Anexo B – laudos dos testes de bancada de determinação das curvas de erros dos hidrômetros

<p align="center">Mod. Hidrômetro Hidrômetros Multijato 3m³/hxDN15x165mm</p>	<p align="right">Nº do Documento: SV2014-31 Rev.01</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

Finalidade do teste:

Cliente: Saae de Itabira	Data: 12/03/2014
---------------------------------	-------------------------

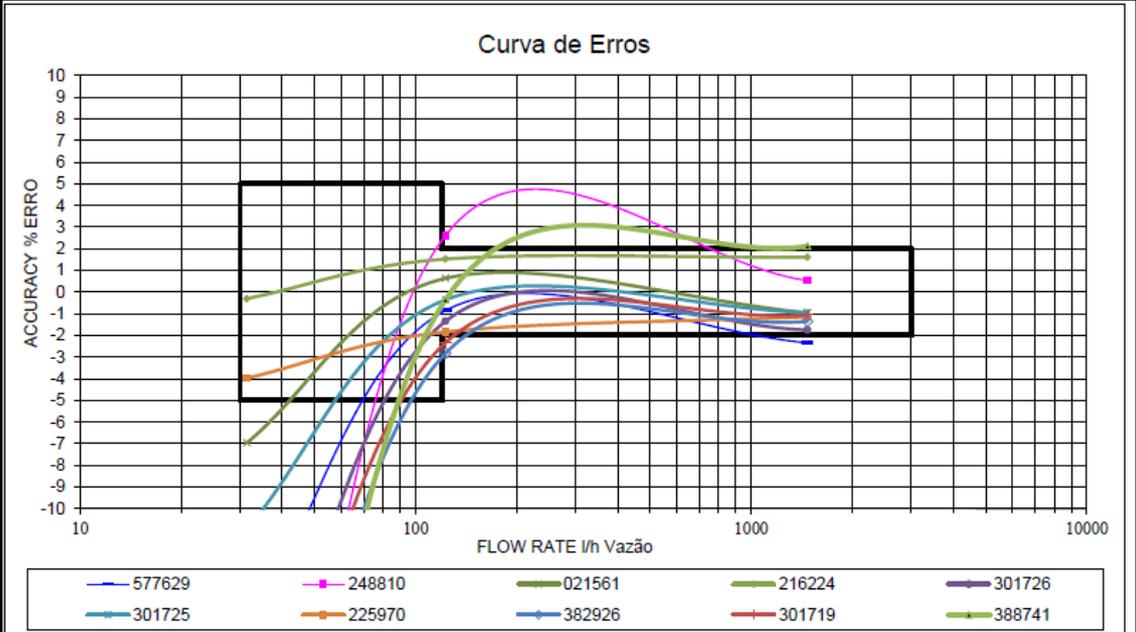
ANÁLISE DE RESULTADOS

Sequência	Nº do Medidor	Vazão Qn			Média	Vazão Qt			Média	Vazão Qmin		Média
		Vol. -L	Vol. -L	Vol. -L								
		25,23	25,10	25,17	25,17	5,05	5,04	5,04	5,04	5,02	5,03	5,03
		Tempo -Min	Tempo -Min	Tempo -Min	Tempo -Min							
		1,02	1,03	1,03	2,48	2,45	2,47	2,47	9,70	9,50	9,60	
		Vazão L/H	Vazão L/H	Vazão L/H								
		1484,12	1462,14	1473,13	122,13	123,38	122,75	122,75	31,08	31,74	31,41	
1	A08N 577629	-2,50	-2,19	-2,35	-0,95	-0,75	-0,85	-0,85	-16,40	-15,44	-15,92	
2	A02L 248810	0,48	0,60	0,54	3,01	2,22	2,62	2,62	-33,32	-32,35	-32,84	
3	A04N 021561	-0,71	-1,20	-0,96	1,03	0,24	0,64	0,64	-7,44	-6,49	-6,97	
4	A10L 216224	1,39	1,83	1,61	1,82	1,23	1,53	1,53	-0,08	-0,52	-0,30	
5	A08N 301726	-1,70	-1,79	-1,75	-0,95	-1,75	-1,35	-1,35	-23,37	-20,41	-21,89	
6	A08N 301725	-1,11	-0,80	-0,96	-0,95	0,24	-0,36	-0,36	-10,43	-11,46	-10,95	
7	A04S 225970	-1,10	-1,19	-1,15	-1,94	-1,74	-1,84	-1,84	-3,46	-4,49	-3,98	
8	A07N 382926	-1,31	-1,39	-1,35	-1,94	-3,73	-2,84	-2,84	-28,30	-28,37	-28,34	
9	A08N 301719	-1,11	-1,00	-1,06	-1,94	-2,74	-2,34	-2,34	-24,36	-25,39	-24,88	
10	A01N 388741	2,26	1,99	2,13	0,04	-0,75	-0,36	-0,36	-26,35	-47,27	-36,81	
Média		-0,54	-0,51	-0,53	-0,28	-0,75	-0,52	-0,52	-17,35	-19,22	-18,29	
Desvio padrão		1,47	1,47	1,46	1,72	1,81	1,72	1,72	11,45	14,47	12,60	

Dados complementares

Bancada: Volumétrica, com tanques de 25 e 5 litros	Código do Equipamento: BEV-001
-----------------------------------------------------------	---------------------------------------

Obs:
 - Os Ensaio realizados estão conforme a Portaria do INMETRO, 246 de 17 de Outubro de 2000.
 - Os limites de aprovação de hidrômetros em uso conforme a portaria supracitada: Qn = +5% / Qt = +- 5% / Qmin = +-10%.



Resultado	Testado Por:	Validado Por:	Página	
Reprovado <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/>	Nailton Henrique	Geraldo Júnior	1	1

<p align="center">Mod. Hidrômetro Hidrômetros Multijato 3m²/hxDN15x165mm</p>	<p align="center">Nº do Documento: SV2014-33 Rev.01</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Finalidade do teste:	
Cliente: Saae de Itabira	Data: 12/03/2014

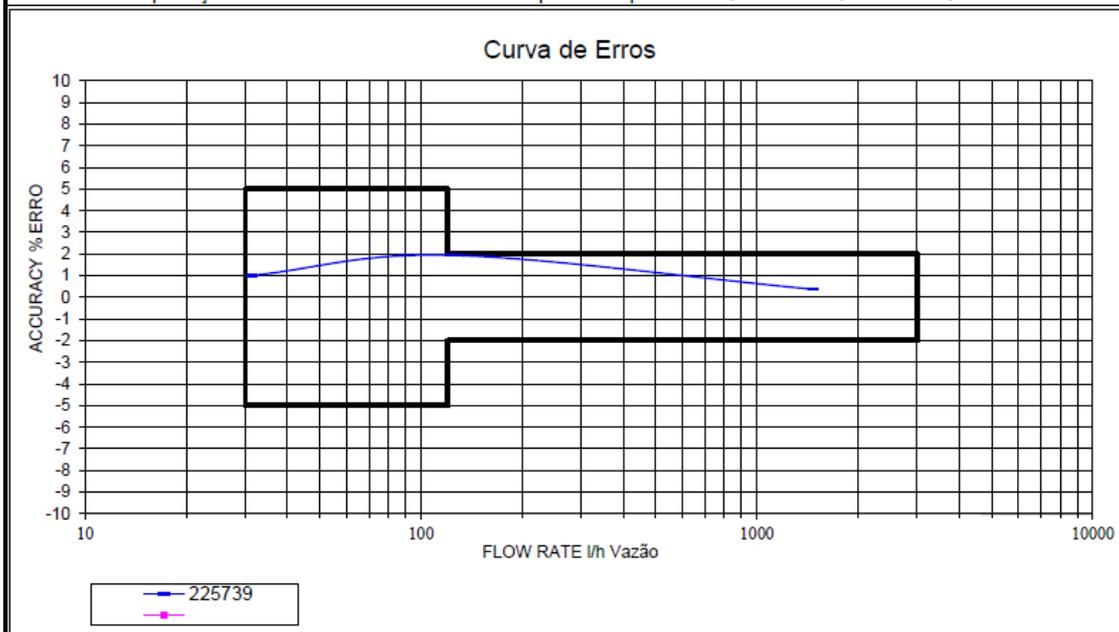
ANÁLISE DE RESULTADOS

Sequência	Nº do Medidor	Vazão Qn			Vazão Qt			Vazão Qmin		
		Vol. -L	Vol. -L	Média	Vol. -L	Vol. -L	Média	Vol. -L	Vol. -L	Média
		Tempo -Min								
		Vazão L/H								
		25,23	25,10	25,17	5,05	5,04	5,04	5,02	5,03	5,03
		1,02	1,03	1,03	2,48	2,45	2,47	9,70	9,50	9,60
		1484,12	1462,14	1473,13	122,13	123,38	122,75	31,08	31,74	31,41
1	A04S 225739	0,39	0,35	0,37	2,46	1,43	1,95	0,51	1,51	1,01
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Média		0,39	0,35	0,37	2,46	1,43	1,95	0,51	1,51	1,01
Desvio padrão										

Dados complementares

Bancada: Volumétrica, com tanques de 25 e 5 litros **Código do Equipamento:** BEV-001

Obs:
 - Os Ensaios realizados estão conforme a Portaria do INMETRO, 246 de 17 de Outubro de 2000.
 - Os limites de aprovação de hidrômetros em uso conforme a portaria supracitada: Qn = +-5% / Qt = +- 5% / Qmim = +-10%.



Resultado	Testado Por:	Validado Por:	Página	
Reprovado <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/>	Nailton Henrique	Geraldo Júnior	1	1

Mod. Hidrômetro Hidrômetros Unijato 1.5m ³ /hxDN15x115mm	Nº do Documento: SV2014-32 Rev.01
-------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Finalidade do teste:

Cliente: Saae de Itabira	Data: 12/03/2014
---------------------------------	-------------------------

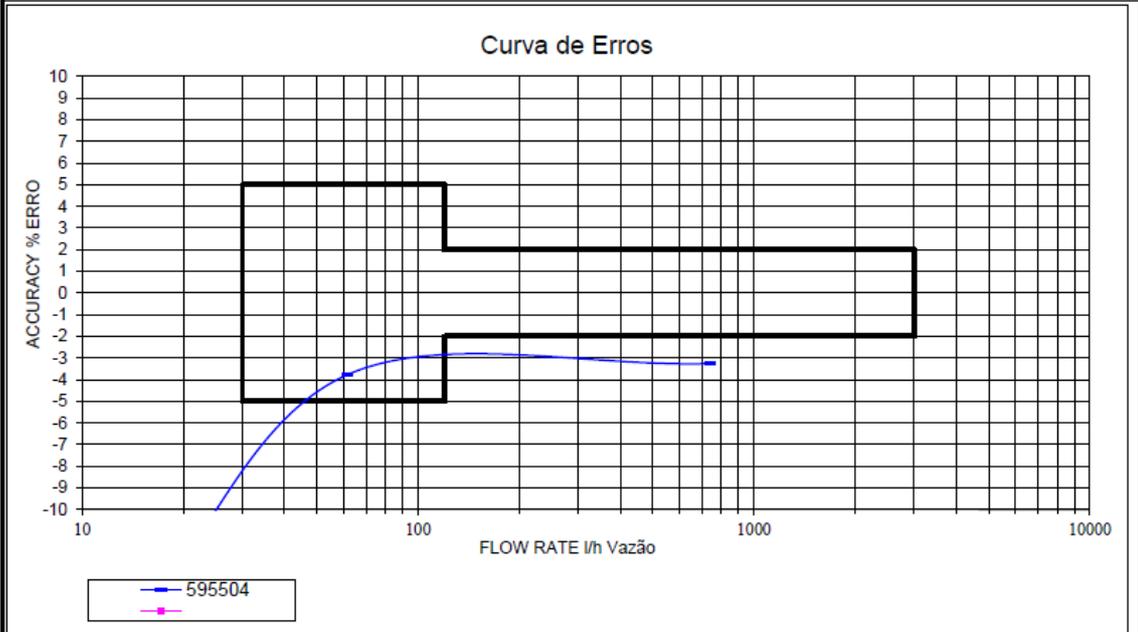
ANÁLISE DE RESULTADOS

Sequência	Nº do Medidor	Vazão Qn			Vazão Qt			Vazão Qmin		
		Vol. -L								
		Tempo -Min								
		Vazão L/H								
1	Y10N 595504	-3,41	-3,11	-3,26	-4,25	-3,30	-3,78	-14,20	-15,50	-14,85
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Média		-3,41	-3,11	-3,26	-4,25	-3,30	-3,78	-14,20	-15,50	-14,85
Desvio padrão		#DIV/0!								

Dados complementares

Bancada: Volumétrica, com tanques de 25 e 5 litros	Código do Equipamento: BEV-001
-----------------------------------------------------------	---------------------------------------

Obs:
 - Os Ensaios realizados estão conforme a Portaria do INMETRO, 246 de 17 de Outubro de 2000.
 - Os limites de aprovação de hidrômetros em uso conforme a portaria supracitada: Qn = +.5% / Qt = +. 5% / Qmin = +.10%.



Resultado Reprovado <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/>	Testado Por: Nailton Henrique	Validado Por: Geraldo Júnior	Página 1 / 1
------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------	----------------------------------------	------------------------