



321 - AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE MEDIDORES DE ÁGUA - ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS ENTRE A METODOLOGIA DA NORMA 15.538 NAS VERSÕES DE 2014 E 2023

Felipe Vieira de Luca⁽¹⁾

Mestre em Eng^a Civil – UDESC. Graduado em Eng^a Sanitária e Ambiental – UFSC. Pós-Graduado em Gestão Pública – UFSC. Pós-Graduado no Programa de Desenvolvimento de Dirigentes – Fundação Dom Cabral. Gerente de Faturamento e Gestão Comercial – Companhia Águas de Joinville. LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/engfelipedeluca/>

Edinara Fernanda Werner⁽²⁾

Graduada em Serviço Social – Uniasselvi. Graduada em Pedagogia – UFSC. Técnica em Saneamento – CEFET-SC. Técnica em Saneamento – Companhia Águas de Joinville. LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/edinarawerner/>

Endereço⁽¹⁾: Rua Tijucas, 213 - Centro - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89204-020 - Brasil - Tel: +55 (47) 99286-0005 - e-mail: felipe.luca@aguasdejoinville.com.br

RESUMO

O foco deste artigo está nas perdas aparentes ocasionadas por submedição em hidrômetros, ou seja, falta de acuracidade dos medidores. Os hidrômetros apresentam imprecisões naturais que variam conforme o modelo, dentre outros fatores correlatos. No contexto normativo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT apresenta na norma NBR 15.538 uma metodologia de apuração da eficiência dos hidrômetros, quantificada por meio do Índice de Desempenho Metrológico – IDM. A versão da norma de 2014 foi atualizada em 2023, principalmente no que se refere aos pesos de cada faixa de vazão no procedimento de cálculo (ABNT, 2014 e 2023).

Este artigo objetivou comparar o desempenho de diferentes tipos de hidrômetros (taquimétricos unijato e volumétricos) através das metodologias presentes na NBR 15.538, nas versões de 2014 e 2023. Os hidrômetros volumétricos, em média, apresentam menores desgastes em relação aos taquimétricos e, por esse motivo, foram menos impactados com a alteração dos pesos do perfil de consumo, quando estes foram redistribuídos, na nova versão da norma, com maior peso para as vazões mais baixas. Em média, tiveram uma queda de -1,85% (média de 100,75% para 98,90% de desempenho). Já os taquimétricos unijato apresentam um maior desgaste, e a alteração normativa impactou de forma mais significativa sua eficiência, com uma média de redução do IDM de -10,54% (média de 90,06% para 79,52% de desempenho).

Pode-se perceber que, na versão de 2014, a diferença de desempenho das tecnologias de medição era, em média, de -10,69%, com vantagem para os volumétricos, acentuando-se para uma média de -19,38% na versão de 2023. A atualização da norma, para um novo perfil de consumo acentuando o peso de baixas vazões, evidenciou, portanto, a diferença de eficiência entre esses tipos de tecnologia de medidores.

O conhecimento da perda de desempenho de diferentes modelos de hidrômetro contribui com os programas de gestão de ativos do parque das concessionárias de saneamento. Com um melhor equilíbrio do balanço hídrico obtido pela redução de perdas aparentes, importantes recursos financeiros são gerados, possibilitando investimentos necessários para a universalização dos serviços de água e esgoto, além de melhorias operacionais que retroalimentam o sistema de geração de receitas, gerando um círculo virtuoso.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrômetros, Gestão comercial e de faturamento, Perdas aparentes, Micromedição, Gestão do parque de hidrômetros, ABNT/NBR 15.538.

INTRODUÇÃO

Lambert e Hirner (2000) definem o balanço hídrico como a contabilização das entradas e saídas de água em um determinado sistema de abastecimento. Para os autores, a matriz do balanço hídrico é composta pelo



volume produzido ou importado pelo sistema de abastecimento (volumes disponibilizados que se referem à entrada no balanço hídrico) e pelos volumes consumidos, medidos ou estimados. Também inclui a água exportada, as águas de serviço (como combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares, descargas operacionais), os consumos não autorizados (fraudes, falhas do sistema comercial, submedição dos hidrômetros) e os vazamentos e extravasamentos.

Conforme o balanço hídrico proposto por esses autores, em geral, as maiores perdas nos sistemas de distribuição ocorrem devido a vazamentos na rede de distribuição ou nos ramais e cavaletes da ligação de água (perdas reais). Contudo, existe uma parcela significativa de água que é entregue aos usuários sem o devido registro, sendo essas denominadas perdas aparentes (Thornton et al., 2008).

O foco deste artigo está nas perdas aparentes, conceituadas pela IWA como a perda comercial ou não-física, referente ao volume de água produzido pelas companhias, consumido pelo cliente, mas não contabilizado devido a erros de medição dos hidrômetros, ligações clandestinas, violação dos hidrômetros e falhas no cadastro comercial (Thornton et al., 2008). Especificamente, o presente trabalho trata das perdas aparentes ocasionadas por submedição, ou seja, erros de medição ou falta de acuracidade dos hidrômetros.

Como todos os instrumentos de medição, os hidrômetros possuem limitações em relação aos seus usos, e esses equipamentos apresentam imprecisão intrínseca (Coelho, 2009). Este é um fato que está em consonância com os conceitos da área de metrologia: o instrumento de medição possui precisão dentro de um campo de aplicação considerando a incerteza de medição associada ao processo. Os medidores de água possuem, portanto, um erro de medição, que geralmente resulta em submedição, ocorrendo quando não é possível registrar na totalidade os fluxos de água passantes e, por conseguinte, os volumes consumidos (Tardelli Filho, 2006).

Segundo Tardelli Filho (2006), a imprecisão natural varia conforme o tipo do medidor e pode ser ampliada devido a fatores como instalação inadequada, descalibração do medidor, dimensionamento inadequado, operação em baixas velocidades, grande amplitude de operação entre vazões máximas e mínimas, problemas na transmissão dos dados (em caso de Internet of Things – IoT), erros de paralaxe, entre outros. As conclusões de Tardelli Filho (2006) são corroboradas por Thornton e Rizzo (2002) e Arregui et al. (2007), destacando que a submedição é ampliada com práticas de instalação incorretas, falta de manutenção ou calibração (desgaste interno de peças), utilização do tipo incorreto de medidor, classe metrológica, dimensionamento incorreto, presença de sólidos em suspensão, vazamentos, entre outros.

Hidrômetros operando em vazões próximas da vazão nominal e abaixo da vazão de sobrecarga geralmente apresentam erros muito baixos (Coelho, 2009). Para consumos em taxas de fluxo mais baixas que o mínimo, o erro (volume indicado pelo medidor menos o volume efetivamente escoado) será negativo e muito alto até atingir “-100%”, quando a vazão de trabalho for menor que a vazão inicial (Fontanazza et al., 2014). Como resultado, as perdas aparentes devido à submedição dependem da porcentagem de consumo do usuário que ocorre em vazões baixas e muito baixas (operação no campo inferior de vazões, entre vazão mínima e vazão de transição), bem como da capacidade do medidor de registrar com precisão o volume de água consumido, a qual varia para diferentes tipos de metodologia.

No contexto normativo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, apresenta em sua norma NBR 15.538 uma metodologia bastante interessante para proceder com a apuração do desempenho de hidrômetros, quantificado por meio do Índice de Desempenho Metrológico – IDM. Este índice é um valor numérico percentual calculado pela subtração de 100% (minuendo) pelo subtraendo erro ponderado do medidor, em diferentes faixas de vazões previamente especificadas, baseadas no perfil de consumo dos usuários. A versão da norma de 2014 foi atualizada em 12 de julho de 2023, principalmente no que se refere aos pesos de cada faixa de vazão do procedimento para cálculo do IDM (ABNT, 2014 e 2023).

O objetivo geral deste artigo foi comparar o desempenho de diferentes tipos de hidrômetros (taquimétricos unijato e volumétricos) por meio das metodologias presentes na NBR 15.538, em suas versões de 2014 e 2023. Pretendeu-se demonstrar que a atualização da norma, para um novo perfil de consumo, acentuando o peso de

baixas vazões, evidenciou a diferença de desempenho metrológico entre esses tipos de tecnologia de medição. Ressalta-se a importância da escolha ótima do tipo de hidrômetro na gestão de ativos do parque de medidores, para possibilitar o registro de consumos dos usuários, com reflexos na redução de perdas aparentes e maximização de receitas. Surge daí a importância para realização desta pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para obter o IDM dos hidrômetros, estes foram submetidos a ensaios utilizando a metodologia presente na norma NBR 15.538, em suas versões de 2014 e 2023 (ABNT, 2014 e 2023), que define os procedimentos para avaliação da eficiência em medidores de água fria. Os medidores ensaiados foram do tipo taquimétrico unijato de classe metrológica B e volumétrico de classe metrológica C (dez unidades de cada tipo). Para eliminar vieses que eventualmente poderiam interferir nos resultados e conclusões desta pesquisa, foram selecionados hidrômetros do mesmo fabricante, datas de fabricação similares e volumetria total registrada similar (entre 1000 e 1500 m³ totalizados). A avaliação dos medidores é quantificada por meio do IDM, pela equação 1:

$$IDM = 100 + EP \quad (1)$$

Onde:

- **IDM** é o Índice de Desempenho Metrológico;
- **EP** é o erro ponderado, ou seja, a parcela de água não registrada pelo medidor. Este é um parâmetro de avaliação de desempenho obtido pela associação entre o perfil de consumo típico descrito na NBR 15.538 (ABNT, 2014 e 2023) e o erro relativo apresentado pelo medidor de água, em faixas de vazões previamente definidas, representado pela equação 2 (ABNT, 2014 e 2023).

$$EP = \frac{(\sum[(\text{erro} \cdot Qx) + (\text{peso} \cdot Qx)])}{100} \quad (2)$$

Onde:

- **Q_x** são as vazões do ensaio: dez faixas de vazões, cada qual com um respectivo peso percentual baseado no perfil de consumo típico, conforme Tabela 1 e Figura 1 (ABNT, 2014 e 2023).

O ensaio de IDM trata-se de um comparativo, em que se defrontam os registros de volumes observados nos hidrômetros, com os registros reais obtidos em bancada de aferição devidamente calibrada, para as dez vazões do ensaio da Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Parâmetros para determinação do erro de indicação e IDM

Faixas de Vazão (l/s)	Vazões de Ensaio (l/h)	Perfil de Consumo (%)	
		Versão 2014	Versão 2023
0 a 5	2,5	4,56	11,30
5 a 15	10	6,99	13,78
15 a 30	22,5	6,83	8,61
30 a 50	40	7,34	6,10
50 a 150	100	23,21	13,64
150 a 350	250	23,92	17,60
350 a 550	450	12,27	13,34
550 a 850	700	7,29	9,80
850 a 1150	1000	5,86	4,47
1150 a 1500	1325	1,73	1,36

Fonte: NBR 15.538 (ABNT, 2014 e 2023).

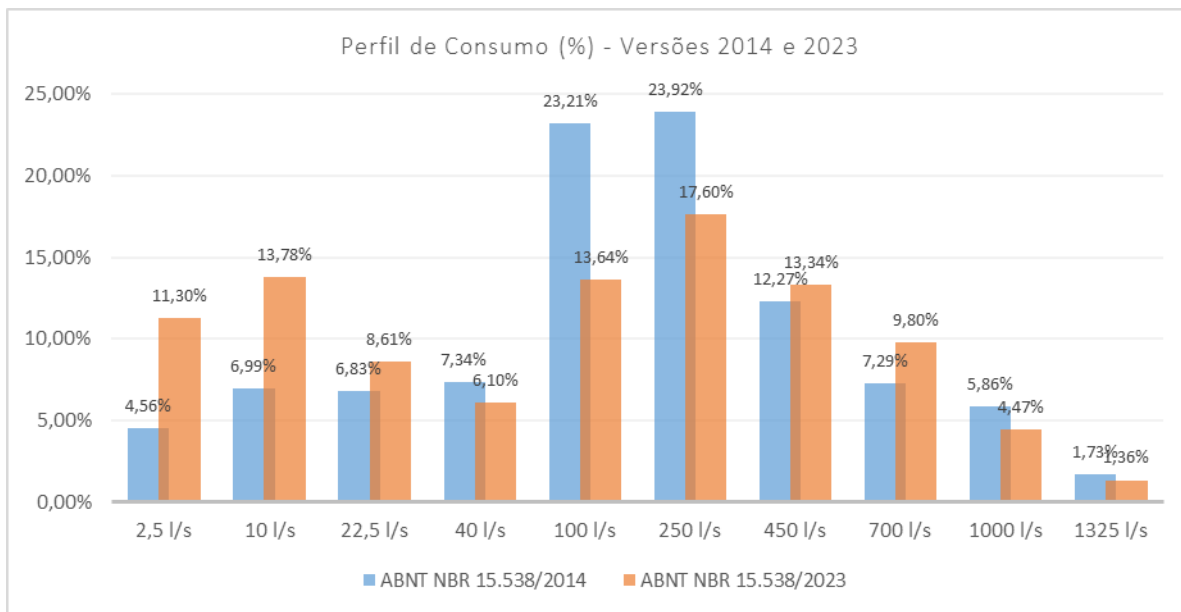


Figura 1: Parâmetros para determinação do erro de indicação e IDM

Ao final dos ensaios os resultados de IDM foram comparados, afim de se observar o desempenho de ambos os tipos de hidrômetros nas diferentes versões da norma NBR 15.538. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Hidrometria - LabHidro da Companhia Águas de Joinville (Figura 2).



Figura 2: Laboratório de Hidrometria LabHidro da Companhia Águas de Joinville, e, Desenho Isométrico da Bancada de Aferição

RESULTADOS

Os resultados da apuração de IDM dos medidores, com base na ABNT NBR 15.538 de 2014 e 2023, são apresentados nas Tabelas 2, 3 para hidrômetros volumétricos e Tabelas 4 e 5 para hidrômetros taquimétricos.

Tabela 2. Resultado de IDM para volumétricos - Versão 2014 e 2023, e respectiva diferença

Hidrômetros Volumétricos	<i>Resultado de IDM - Versão 2014</i>	<i>Resultado de IDM - Versão 2023</i>	<i>Diferença de IDM, versão 2014 para 2023</i>
Medidor 1	96,90%	89,80%	-7,10%
Medidor 2	101,20%	99,90%	-1,30%
Medidor 3	101,50%	100,50%	-1,00%
Medidor 4	101,30%	100,00%	-1,30%
Medidor 5	100,90%	99,30%	-1,60%
Medidor 6	101,30%	100,20%	-1,10%
Medidor 7	101,00%	99,70%	-1,30%
Medidor 8	101,00%	99,60%	-1,40%
Medidor 9	101,00%	99,60%	-1,40%
Medidor 10	101,40%	100,40%	-1,00%
Média	100,75%	98,90%	-1,85%

Fonte: Os autores (2024).

Tabela 3. Sumário estatístico do resultado de IDM para volumétricos - Versão 2014 e 2023

Hidrômetros Volumétricos	<i>Sumário estatístico dos ensaios de IDM - Versão 2014</i>	<i>Sumário estatístico dos ensaios de IDM - Versão 2023</i>
Tamanho da amostra	10	10
Mínimo	96,90%	89,80%
Máximo	101,50%	100,50%
Amplitude	4,60%	10,70%
Média	100,75%	98,90%
Mediana	101,10%	99,80%
Desvio padrão	0,01367	0,03220
Variância	0,00019	0,00104

Fonte: Os autores (2024).

Pela análise dos resultados pode-se perceber que os hidrômetros volumétricos apresentaram um IDM com valores muito próximos a 100% em ambas as versões da 15.538, mas com perceptíveis quedas quando na migração de versionamento da norma. O hidrômetro volumétrico tem seu princípio de funcionamento baseado na medida real de volumes a partir do enchimento e esvaziamento, de forma cíclica, de sua câmara de medição. Nos hidrômetros de pistão rotativo, o mecanismo de medida consiste em dois cilindros, um menor, o qual se move dentro do outro maior, varrendo toda a câmara, de tal forma que um de seus raios oscila ao mesmo



tempo, fazendo biela com um sistema biela manivela, e esta engenharia aplicada torna-o mais sensível a baixas vazões em relação aos hidrômetros taquimétricos.

Os hidrômetros volumétricos, em média, têm uma vida útil longa e apresentam menores erros, com menores desgastes em relação aos taquimétricos, e por este motivo, foram menos impactados com a alteração dos pesos do perfil de consumo, quando estes foram redistribuídos com maior peso nas baixas vazões, com média de queda de -1,85%.

Resultados dos taquimétricos, Tabelas 4 e 5:

Tabela 4. Resultado de IDM para taquimétricos - Versão 2014 e 2023, e respectiva diferença

Hidrômetros taquimétricos	<i>Resultado de IDM - Versão 2014</i>	<i>Resultado de IDM - Versão 2023</i>	<i>Diferença de IDM, versão 2014 para 2023</i>
Medidor 11	87,70%	74,10%	-13,60%
Medidor 12	91,10%	81,50%	-9,60%
Medidor 13	91,70%	82,30%	-9,40%
Medidor 14	86,60%	73,60%	-13,00%
Medidor 15	88,90%	77,50%	-11,40%
Medidor 16	92,00%	84,40%	-7,60%
Medidor 17	92,10%	82,80%	-9,30%
Medidor 18	87,70%	74,60%	-13,10%
Medidor 19	92,90%	85,60%	-7,30%
Medidor 20	89,90%	78,80%	-11,10%
Média	90,06%	79,52%	-10,54%

Fonte: Os autores (2024).

Tabela 5. Sumário estatístico do resultado de IDM para taquimétricos - Versão 2014 e 2023

Hidrômetros taquimétricos	<i>Sumário estatístico dos ensaios de IDM - Versão 2014</i>	<i>Sumário estatístico dos ensaios de IDM - Versão 2023</i>
Tamanho da amostra	10	10
Mínimo	86,60%	73,60%
Máximo	92,90%	85,60%
Amplitude	6,30%	12,00%
Média	90,06%	79,52%
Mediana	90,50%	80,15%
Desvio padrão	0,02217	0,04427
Variância	0,00049	0,00196

Fonte: Os autores (2024).

Os hidrômetros taquimétricos, também chamados de velocimétricos, inferencial, ou de turbina, convertem a velocidade de escoamento da água em números de rotações de uma turbina ou hélice que, por sua vez, é

proporcional ao volume escoado através do medidor. A medição é obtida de forma indireta, por correlação entre o número de revoluções da turbina ou hélice e o volume de água. Como estes medidores apresentam como desvantagem uma vida útil menor em relação aos volumétricos, a alteração dos pesos do perfil de consumo, redistribuídos com maior peso nas baixas vazões, acabou por impactar de forma mais significativa e neste contexto a média de redução de IDM foi de -10,54%.

Na Figura 3, são apresentados os resultados de IDM segundo as duas versões da norma, em formato gráfico. Ficam evidenciadas as quedas mais abruptas de desempenho dos taquimétricos frente aos volumétricos.

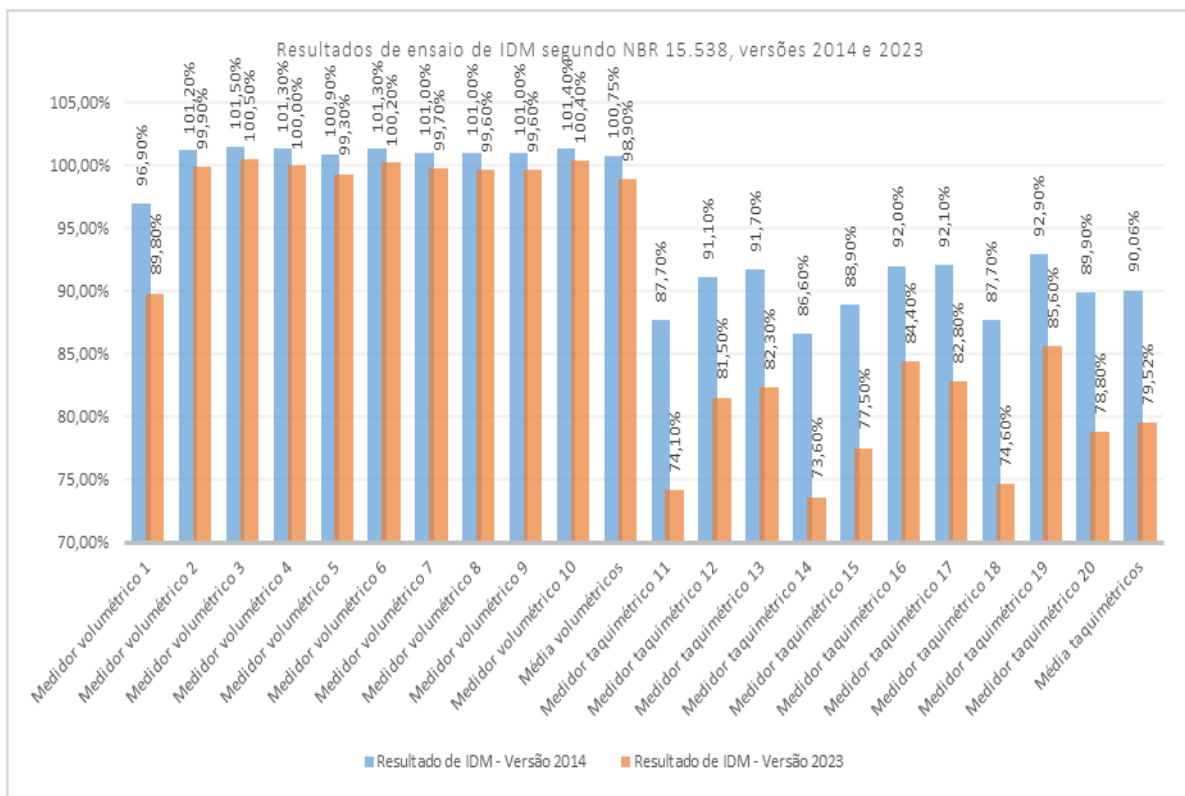


Figura 3: Resultados de ensaio de IDM segundo NBR 15.538, versões 2014 e 2023

Na Tabela 6 e na Figura 4, apresenta-se o resultado compilado das médias de ambas as tecnologias nas diferentes versões da norma. Pode-se perceber que na versão de 2014 a diferença de desempenho das tecnologias de medição era, em média, de -10,69%. Contudo, com a redistribuição dos pesos do perfil de consumo, a diferença entre as tecnologias passou para -19,38%, com larga vantagem para o medidor do tipo volumétrico.

Tabela 6. Resultado da média IDM para taquimétricos - Versão 2014 e 2023, e respectiva diferença

Hidrômetros	Resultado de IDM - Versão 2014	Resultado de IDM - Versão 2023
Média dos volumétricos	100,75%	98,90%
Média dos taquimétricos	90,06%	79,52%
Diferença entre volumétricos e taquimétricos	-10,69%	-19,38%

Fonte: Os autores (2024).

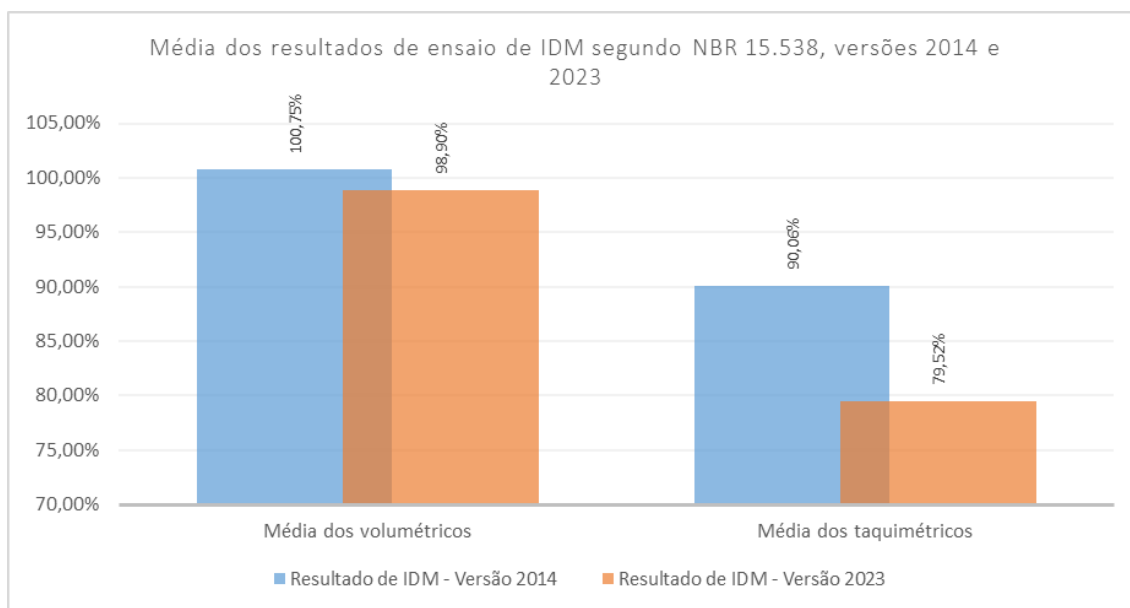


Figura 4: Média dos resultados de ensaio de IDM segundo NBR 15.538, versões 2014 e 2023

CONCLUSÕES

Dentro do contexto dos sistemas de abastecimento, o processo de micromedição constitui um instrumento indispensável, uma vez que é utilizado para medir o consumo dos usuários, e com base nisso efetuar o faturamento pela água consumida, além de avaliar o balanço hídrico do sistema de distribuição, identificando falhas na rede, bem como comportamentos anômalos por parte do usuário. Dada a importância dos medidores tanto do ponto de vista operacional, como do comercial, as concessionárias de saneamento em geral dispõem de programas de manutenção do seu parque de medidores para assegurar o ideal funcionamento do mesmo. A importância da micromedição perpassa ainda da possibilidade de uma gestão mais precisa das perdas de água nos sistemas de distribuição, impactando na gestão da demanda no contexto da segurança hídrica. Neste contexto contribui-se para um consumo consciente do recurso água, ainda que haja uma elasticidade de preço baixa para este insumo.

Entender como se dá a perda de desempenho dos medidores e os diferentes tipos de medidores disponíveis no mercado, leva as concessionárias a otimizarem seus planos de gestão de ativos, com estabelecimento dos momentos ótimos de substituições, proporcionando redução de perdas e maximização do faturamento. Com este artigo possibilitou-se um entendimento atualizado, em vista da atualização normativa brasileira, da grandeza de diferença de desempenho para diferentes modelos de medidores (os mais utilizados no cenário nacional). Ressalta-se que a atualização da norma, para um novo perfil de consumo, acentuando o peso de baixas vazões, evidenciou a diferença de desempenho metrológico entre as tecnologias de medidores estudadas, destacando a vantagem do volumétrico frente ao taquimétrico unijato.

Com um melhor equilíbrio do balanço hídrico obtido pela redução de perdas aparentes, em consequência da gestão do parque de hidrômetros, importantes recursos financeiros são gerados, e este caixa adicional permite por sua vez investimentos, os quais são necessários para universalização dos serviços de água e esgoto, além de melhorias operacionais que retroalimentam o sistema de geração de receitas, gerando um círculo virtuoso.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.538/2014: Hidrômetros para água fria - Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em altas e baixas vazões em hidrômetro até 2,5 m³/h de vazão nominal para água fria. Rio de Janeiro, 2014.
2. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.538/2023: Hidrômetros para água fria - Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em altas e baixas vazões em hidrômetro até 2,5 m³/h de vazão nominal para água fria. Rio de Janeiro, 2023.
3. ARREGUI, F.; CABRERA JR.; Enrique, COBACHO, R. Integrated Water Meter Management. IWA Publishing. 2007. 282 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=2onbCwAAQBAJ&dq=velocity+water+meter&lr=&source=gbs_navlink_s_s. Acesso em: 21 fev. 2021.
4. COELHO, Adalberto Cavalcanti. Micromedição em sistemas de abastecimento de água. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.
5. FONTANAZZA, Chiara M. et al. The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. Urban Water Journal, v. 12, n. 3, p. 229-239, 2015.
6. LAMBERT, Allan; HIRNER, Wolfram. Losses from Water Supply Systems: A standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA, 2000.
7. TARDELLI FILHO, Jairo; TSUTIYA, MILTON T. Controle e redução de perdas. Abastecimento de Água. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 457-525, 2006.
8. THORNTON, J.; RIZZO, A. Apparent losses, how low can you go. In: Proceedings of the leakage management conference. 2002. p. 20-22.
9. THORNTON, Julian; STURM, Reinhard; KUNKEL, George. Water loss control. McGraw-Hill Education, 2008.