

## XII-114 - UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO NO ESTUDO COMPARATIVO DAS CONDIÇÕES METROLÓGICAS PÓS USO ENTRE MEDIDORES ESTÁTICOS E TAQUIMÉTRICOS

**Vantuir Ribeiro da Costa**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Mecânico pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Engenheiro de Hidrometria na Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG, responsável pela Pesquisa e Desenvolvimento em Hidrometria na COPASA MG.

**Arnaldo Reis Carvalho Filho**<sup>(2)</sup>

Administrador de Empresas pela Instituto Metodista Izabela Hendrix, Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Kennedy, Gerente da Divisão de Hidrometria na Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG.

**Luiz Fernando Almeida Resende**<sup>(3)</sup>

Engenheiro Mecânico pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Engenheiro de Hidrometria na Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG, responsável pelo Laboratório de Hidrometria na COPASA MG.

**Fernando Mendes de Almeida**<sup>(4)</sup>

Técnico em Informática pela Ultramig de Nova Lima, Técnico em Hidrometria na Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG / Laboratório de Hidrometria.

**Leonardo Vieira Rocha da Silva**<sup>(5)</sup>

Técnico em Biotecnologia pelo Colégio Diretriz de Belo Horizonte, Técnico em Hidrometria na Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG / Pesquisa e Desenvolvimento em Hidrometria.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua do Garibaldi, 43 - Caiçaras - Belo Horizonte - MG - CEP: 30750-580 - Brasil - Tel.: +55 (31) 3141-8294 - e-mail: [vantuir.ribeiro@copasa.com.br](mailto:vantuir.ribeiro@copasa.com.br)

### RESUMO

No parque de medidores das empresas brasileiras prestadoras de serviço de abastecimento de água ainda predomina o uso de hidrômetros taquimétricos. Estes medidores, caracterizados pelo mecanismo sensor em contato com o processo e por possuir partes móveis para totalização do volume de água, têm o seu desempenho metrológico bastante afetado pela velocidade do fluxo, pelo tempo de uso e pelas condições operacionais, dentre outras, que são os agentes indutores do desgaste prematuro do equipamento e, em consequência, do aumento das perdas aparentes dos sistemas de abastecimento de água e do resultado do faturamento das empresas.

Com este cenário os especialistas em hidrometria do setor de saneamento têm atuado em diversas vertentes para promover a melhoria da qualidade da micromedição. Dentre as medidas adotadas ganha ênfase a aplicação de medidores mais sensíveis que possam garantir melhor desempenho metrológico no campo inferior de medição e maior resistência ao desgaste provocado pelo uso.

Com o avanço tecnológico dos medidores de água, foram introduzidos no mercado os medidores estáticos eletrônicos, caracterizados pela ausência de partes móveis que, contrariamente aos hidrômetros taquimétricos tradicionalmente utilizados, são apresentados como isentos do efeito do desgaste prematuro além de oferecer possibilidades de medição de vazões cada vez menores e de se mostrarem mais adequados às soluções da medição inteligente.

Contudo, mesmo com este cenário do estado da arte da hidrometria, os especialistas ainda sinalizam fortemente para a continuidade da aplicação dos hidrômetros velocimétricos mecânicos, pela escassez de estudos conclusivos apontando a relação custo benefício entre as tecnologias de medição disponíveis.

Na intenção de contribuir com a discussão deste tema, este trabalho irá apresentar os resultados do estudo comparativo realizado entre medidores estáticos e hidrômetros taquimétricos submetidos à simulação de desgaste a que se sujeitam nas condições de uso e os seus efeitos no desempenho metrológico destas duas tecnologias. Para isto foram realizados em laboratório ensaios de desgaste indicados em documentos normativos da ABNT e calculado o índice de desempenho da medição – IDM, valor numérico percentual que corresponde ao desempenho de um medidor de água, sob condições específicas de ensaio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrômetro, Desgaste, Índice de Desempenho da Medição, Ensaios de Desgaste.

## INTRODUÇÃO

No parque de medidores das empresas brasileiras prestadoras de serviço de abastecimento de água ainda predomina o uso de hidrômetros taquimétricos. Segundo definição retirada da norma ABNT NBR 8009:1997, hidrômetro taquimétrico é aquele “cujo mecanismo é acionado pela ação da velocidade da água sobre um componente móvel (turbina ou hélice), sendo também conhecido como hidrômetro velocimétrico ou de velocidade”. Estes medidores, caracterizados pelo mecanismo sensor em contato com o processo e por possuir partes móveis para totalização do volume de água, têm o desempenho metrológico bastante afetado pela velocidade do fluxo, pelo tempo de uso e condições operacionais, dentre outras, que são os agentes indutores do desgaste prematuro do equipamento e, em consequência, do aumento das perdas aparentes dos sistemas de abastecimento de água e do resultado do faturamento das empresas.

Em um cenário de escassez de água, de altos índices de perdas de água, da necessidade crescente de investimentos para reduzir o déficit no abastecimento de água, da necessidade de equilibrar receitas, amplia-se a importância em zelar pelo desempenho metrológico do parque de medidores de água durante a sua vida de uso. Decorre daí a preocupação dos especialistas em atuar em diversas vertentes para promover a melhoria de qualidade da micromedição. A gestão eficiente do parque de hidrômetros com o uso de sistemas informatizados e introdução de indicadores para acompanhar o desempenho do medidor em uso, identificar oportunidades de melhorias, avaliar tendências de queda de desempenho, é uma destas vertentes e já se encontra bastante disseminada com o uso de sistemas institucionais desenvolvidos em nível doméstico adequados à realidade de cada empresa, ou aplicativos disponíveis no mercado técnico, ou mesmo por meio de consultorias especializadas.

Uma segunda vertente caminha no sentido da aplicação de medidores mais sensíveis que possam garantir melhor desempenho metrológico no campo inferior de medição e resistência ao desgaste provocado pelo uso. Os medidores estáticos, caracterizados pela ausência de partes móveis, contrariamente aos hidrômetros taquimétricos tradicionalmente utilizados, são apresentados como isentos deste efeito danoso à hidrometria, além de oferecer possibilidades de medição de vazões cada vez menores e se mostrarem mais adequados às soluções da medição inteligente. Apesar de todas estas virtudes, a aplicação destes aparelhos permanece tímida no contexto geral, ocorrendo comumente aplicações pontuais pelas empresas, explicadas pelo maior investimento inicial de sua implantação, pela necessidade de recursos não financiáveis pelas linhas de financiamento tradicionalmente utilizadas pelo setor e, ainda, pela necessidade da comprovação do tempo exigido para retorno do investimento a ser realizado.

Neste contexto foi idealizada a realização de ensaios de desgaste com medidores estáticos e hidrômetros taquimétricos, tendo como referência a norma ABNT NBR 15538:2014 - Medidores de água potável - Ensaios para avaliação de eficiência, com o propósito de acompanhar o desempenho metrológico comparativo destas duas tecnologias quando submetidas às condições simuladas de uso.

## METODOLOGIA

O estudo comparativo objeto deste trabalho utilizou a metodologia prevista na norma ABNT NBR 15538:2014 - Medidores de água potável - Ensaios para avaliação de eficiência, referente à determinação do Índice de Desempenho da Medição – IDM, “valor numérico percentual que corresponde ao desempenho de um medidor de água, sob condições específicas de ensaios”. Na determinação do IDM cada medidor é submetido à sequência de ensaios apresentados na Tabela 1, com o propósito de simular o desgaste a que se sujeitam nas condições de uso.

**Tabela 1: Passos previstos para determinação do IDM**

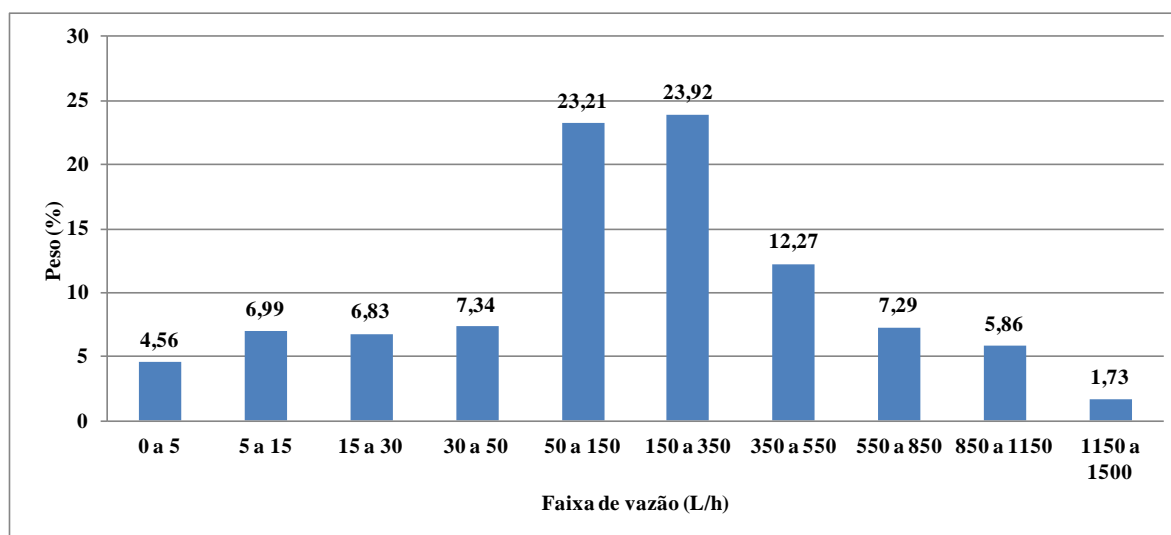
Sequência de ensaios	Passo	Ensaio
1	1	Verificação do erro de indicação inicial
	2	Desgate acelerado contínuo
	3	Desgate cíclico em baixas vazões
	4	Verificação do erro de indicação final

Os ensaios de verificação do erro de indicação inicial e final da Tabela 1 são realizados para conhecer, respectivamente, as condições metrológicas dos medidores sob ensaio antes e após serem submetidos aos ensaios de desgaste previstos. A Tabela 2 apresenta as faixas de vazão, as vazões de ensaio e a frequência (peso) percentual utilizadas na verificação dos erros de indicação inicial e final e no cálculo do IDM, onde as vazões de ensaio utilizadas são provenientes do perfil de consumo típico brasileiro.

**Tabela 2: Faixas de vazão e vazões de ensaios para determinação do erro de indicação e IDM**  
(Fonte: norma ABNT NBR 15538:2014)

Faixa de vazão (L/h)	Vazão para verificação de erros (L/h)	Peso (%)
0 a 5	2,5	4,56%
5 a 15	10	6,99%
15 a 30	22,5	6,83%
30 a 50	40	7,34%
50 a 150	100	23,21%
150 a 350	250	23,92%
350 a 550	450	12,27%
550 a 850	700	7,29%
850 a 1150	1000	5,86%
1150 a 1500	1325	1,73%

O histograma apresentado na figura 1 é a representação gráfica do perfil de consumo típico brasileiro e foi obtido a partir da contribuição de levantamentos realizados por empresas de saneamento em sistemas de abastecimento de água, obedecida a metodologia preconizada na norma.



**Figura 1: Histograma do perfil de consumo típico no Brasil.**

## ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Participaram do estudo 31 amostras de medidores, sendo 19 amostras de medidores estáticos distribuídos entre 5 modelos/fabricantes e 12 amostras de medidores mecânicos taquimétricos, vazão nominal 1,5 m<sup>3</sup>/h, classe metrológica “C”, distribuídos entre 3 modelos/fabricantes. Os medidores utilizados serão identificados neste trabalho pelo grupo de medidores de um mesmo modelo/fabricante apenas como ME1, ME2, ME3, ME4, ME5, como forma de caracterizar os 5 modelos/fabricantes de medidores estáticos e como HT1, HT2, HT3, para caracterizar os 3 modelos/fabricantes de hidrômetros taquimétricos.

Após serem submetidos ao ensaio de verificação do erro de indicação inicial, os medidores participantes foram instalados em série em bancada apropriada aos ensaios de desgaste e submetidos ao ensaio de desgaste acelerado na vazão máxima, adotada como 3000 L/h para todos os medidores sob ensaio, em 100 horas de escoamento contínuo, e em seguida ao ensaio de desgaste cíclico em baixas vazões, conforme parâmetros e critérios definidos na Tabela 3. Finalizando a sequência de ensaios da Tabela 1, os medidores foram submetidos ao ensaio de verificação do erro de indicação final nas mesmas vazões apresentadas na Tabela 2, com a finalidade de conhecer as suas condições metrológicas ao final da primeira sequência.

**Tabela 3 - Vazões e tempos de escoamento utilizados no ensaio de desgaste cíclico a baixas vazões**  
(Fonte: norma ABNT NBR 15538:2014)

Número de Ciclos	Vazão de Ensaio (L/h)	Tempo de Ensaio na Vazão (h)	Tempo total por ciclo (h)	Tempo total do ensaio (h)
5	30	4	20	100
	60	4		
	120	4		
	240	4		
	480	4		

O erro de indicação final após desgaste combinados com a frequência percentual com que estas vazões ocorrem no abastecimento típico de consumidores permitem inferir quantitativamente o que cada medidor deixou de medir no consumo do cliente, ou o seu desempenho na medição, por meio dos respectivos IDMs, dados pela equação:

$$\text{IDM} = 100 + \text{EMP} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

**EMP:** erro médio ponderado do grupo de medidores de um mesmo modelo/fabricante, sendo o parâmetro de avaliação de desempenho, obtido pela associação entre o perfil de consumo e o erro relativo apresentado pelo medidor de água nas faixas de vazões definidas pela norma, e é representado pela equação 2:

$$\text{EMP} = \Sigma[(\text{Erro } Q_x) \times (\text{Peso } Q_x)] \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

**Erro  $Q_x$ :** erro relativo do grupo de medidores de um mesmo modelo/fabricante em cada vazão de verificação;

**Peso  $Q_x$ :** relação entre o volume consumido em cada faixa de vazão e o volume total consumido (Tabela 2).

## RESULTADOS DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Na proposta de estudo comparativo entre as duas tecnologias foi previsto realizar 10 sequências sucessivas dos passos de ensaios da Tabela 1. Em cada sequência é escoado aproximadamente 320 m<sup>3</sup> de água e ao final das 10 sequências era esperado cada medidor totalizar 3.200 m<sup>3</sup>. Até a conclusão deste trabalho foram realizadas 6 sequências de ensaios o que corresponde em média a 1.920 m<sup>3</sup> totalizado por medidor ensaiado, com 600 horas de ensaio de desgaste na vazão máxima e 600 horas de ensaio de desgaste cíclico em baixas vazões.

As Tabelas 4 a 11 apresentam os valores das médias dos erros de indicação inicial e final, os EMPs e os IDMs inicial e final de cada grupo de medidores de mesmo modelo/fabricante. Entendendo-se, neste caso, por inicial

os resultados obtidos antes de submeter os medidores aos ensaios de desgaste e final os resultados obtidos após os ensaios de desgaste depois das 6 sequências de ensaios listados na Tabela 1.

**Tabela 4: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores ME1**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME1	0 a 5	2,5	4,56%	-11,07	-2,33	-0,52	0,41	99,48	100,41
	5 a 15	10	6,99%	0,47	0,25				
	15 a 30	22,5	6,83%	-0,03	0,30				
	30 a 50	40	7,34%	0,46	0,86				
	50 a 150	100	23,21%	0,08	0,36				
	150 a 350	250	23,92%	0,11	0,91				
	350 a 550	450	12,27%	-0,29	0,58				
	550 a 850	700	7,29%	-0,66	0,31				
	850 a 1150	1000	5,86%	-0,57	0,25				
	1150 a 1500	1325	1,73%	-0,26	0,47				

**Tabela 5: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores ME2**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME2	0 a 5	2,5	4,56%	-56,46	-35,40	-2,74	-1,68	97,26	98,32
	5 a 15	10	6,99%	-1,13	-0,19				
	15 a 30	22,5	6,83%	-0,53	0,45				
	30 a 50	40	7,34%	-1,26	0,24				
	50 a 150	100	23,21%	0,77	-0,05				
	150 a 350	250	23,92%	-0,94	0,04				
	350 a 550	450	12,27%	0,32	-0,18				
	550 a 850	700	7,29%	0,24	-0,43				
	850 a 1150	1000	5,86%	0,28	-0,58				
	1150 a 1500	1325	1,73%	0,86	-0,76				

**Tabela 6: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores ME3**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME3	0 a 5	2,5	4,56%	-93,99	-75,04	-3,73	-3,14	96,27	96,86
	5 a 15	10	6,99%	2,55	0,55				
	15 a 30	22,5	6,83%	0,58	0,44				
	30 a 50	40	7,34%	0,87	-0,25				
	50 a 150	100	23,21%	0,49	0,67				
	150 a 350	250	23,92%	0,29	0,15				
	350 a 550	450	12,27%	0,41	0,23				
	550 a 850	700	7,29%	0,32	0,02				
	850 a 1150	1000	5,86%	0,28	0,07				
	1150 a 1500	1325	1,73%	0,27	0,41				

**Tabela 7: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores ME4**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME4	0 a 5	2,5	4,56%	-8,00	-12,99	-0,36	-1,23	99,64	98,77
	5 a 15	10	6,99%	0,93	0,06				
	15 a 30	22,5	6,83%	0,07	-0,17				
	30 a 50	40	7,34%	0,35	-0,69				
	50 a 150	100	23,21%	0,28	-1,00				
	150 a 350	250	23,92%	-0,05	-0,77				
	350 a 550	450	12,27%	-0,13	-0,52				
	550 a 850	700	7,29%	-0,80	-0,71				
	850 a 1150	1000	5,86%	-1,00	-0,56				
	1150 a 1500	1325	1,73%	-0,63	-0,76				

**Tabela 8: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores ME5**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME5	0 a 5	2,5	4,56%	2,43	2,07	-0,22	-0,11	99,78	99,89
	5 a 15	10	6,99%	-0,67	-0,79				
	15 a 30	22,5	6,83%	-1,00	-0,65				
	30 a 50	40	7,34%	-0,51	-0,31				
	50 a 150	100	23,21%	-0,14	-0,18				
	150 a 350	250	23,92%	-0,31	-0,16				
	350 a 550	450	12,27%	-0,34	-0,15				
	550 a 850	700	7,29%	-0,31	0,03				
	850 a 1150	1000	5,86%	-0,03	0,17				
	1150 a 1500	1325	1,73%	0,03	0,51				

**Tabela 9: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores HT1**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
HT1	0 a 5	2,5	4,56%	-96,18	-92,14	-6,40	-8,25	93,60	91,75
	5 a 15	10	6,99%	-25,07	-48,77				
	15 a 30	22,5	6,83%	1,40	-2,37				
	30 a 50	40	7,34%	0,00	-0,27				
	50 a 150	100	23,21%	0,34	0,35				
	150 a 350	250	23,92%	-0,66	-0,01				
	350 a 550	450	12,27%	-0,56	-0,66				
	550 a 850	700	7,29%	-0,02	-0,70				
	850 a 1150	1000	5,86%	-0,33	-0,60				
	1150 a 1500	1325	1,73%	-0,60	-0,81				

**Tabela 10: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores HT2**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
HT2	0 a 5	2,5	4,56%	-100,00	-100,00	-4,42	-3,88	95,58	96,12
	5 a 15	10	6,99%	-1,12	-2,74				
	15 a 30	22,5	6,83%	3,20	1,92				
	30 a 50	40	7,34%	5,15	1,87				
	50 a 150	100	23,21%	-0,14	0,70				
	150 a 350	250	23,92%	-2,40	1,02				
	350 a 550	450	12,27%	0,80	0,98				
	550 a 850	700	7,29%	0,73	0,68				
	850 a 1150	1000	5,86%	1,00	0,34				
	1150 a 1500	1325	1,73%	1,25	0,50				

**Tabela 11: Cálculo do EMP e IDM do grupo de medidores HT3**

Medidor	Faixa de vazão (L/h)	Vazão de ensaio (L/h)	Peso (%)	Média dos erros de indicação inicial (%)	Média dos erros de indicação final (%)	EMP inicial (%)	EMP final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
HT3	0 a 5	2,5	4,56%	-100,00	-100,00	-4,05	-10,42	95,95	89,58
	5 a 15	10	6,99%	3,58	-88,66				
	15 a 30	22,5	6,83%	7,31	-16,38				
	30 a 50	40	7,34%	5,25	-3,67				
	50 a 150	100	23,21%	-0,65	0,81				
	150 a 350	250	23,92%	-2,29	2,97				
	350 a 550	450	12,27%	0,37	3,25				
	550 a 850	700	7,29%	0,08	2,90				
	850 a 1150	1000	5,86%	0,38	2,80				
	1150 a 1500	1325	1,73%	0,23	3,09				

A Tabela 12 apresenta o resumo dos ensaios realizados em laboratório contemplando os erros médios ponderados (EMP) inicial e final e os índices de desempenho da medição (IDM) inicial e final de cada grupo de medidores de mesmo modelo/fabricante, referentes à sequência de ensaio de nº 1 e nº 6, respectivamente.

**Tabela 12: Resumo de EMP e IDM dos medidores ensaiados**

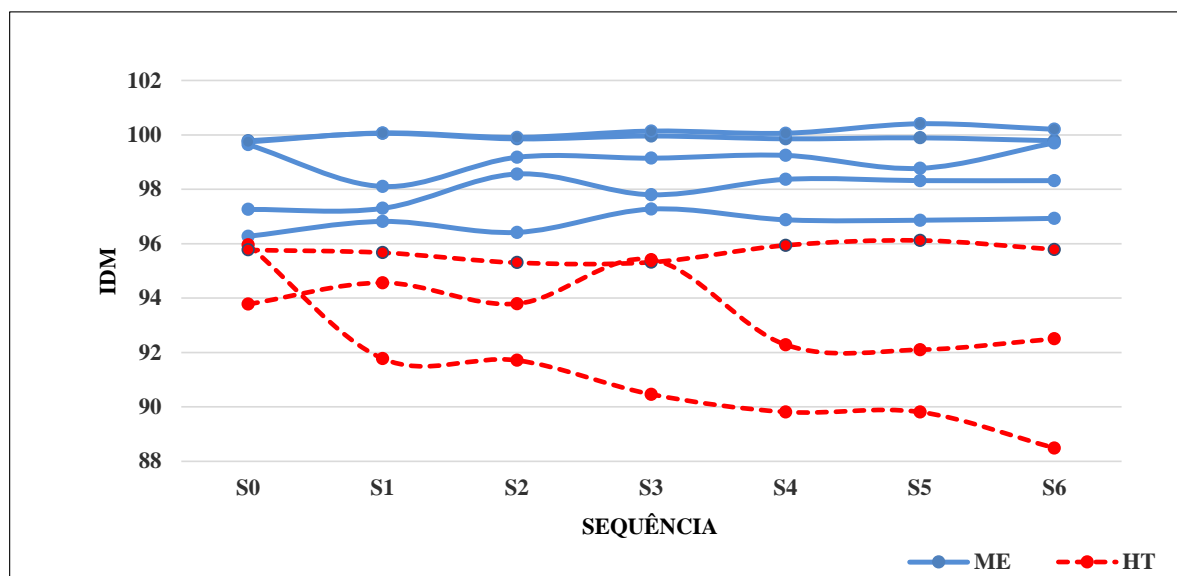
Grupo de medidores	Erro médio ponderado inicial (%)	Erro médio ponderado final (%)	IDM inicial (%)	IDM final (%)
ME1	-0,52	0,41	99,48	100,41
ME2	-2,74	-1,68	97,26	98,32
ME3	-3,73	-3,14	96,27	96,86
ME4	-0,36	-1,23	99,64	98,77
ME5	-0,22	-0,11	99,78	99,89
HT1	-6,40	-8,25	93,60	91,75
HT2	-4,42	-3,88	95,58	96,12
HT3	-4,05	-10,42	95,95	89,58

A Tabela 13 apresenta outra visão de resumo dos ensaios realizados em laboratório contemplando as variações entre índices de desempenho da medição (IDM) inicial e final das duas tecnologias envolvidas no estudo e entre índices de desempenho da medição (IDM) inicial e final de mesma tecnologia.

**Tabela 13: Resumo comparativo entre IDMs das tecnologias avaliadas**

Descrição	IDM inicial (%)	IDM final (%)	Variação entre IDMs inicial e final
Valor médio do IDM dos medidores estáticos (ME)	98,49	98,85	0,37%
Valor médio do IDM dos medidores taquimétricos (HT)	95,05	92,48	-2,70%
Variação de IDMs entre medidores estáticos (ME) e taquimétricos (HT)	3,49%	6,44%	

A figura 2 apresenta o comportamento da variação dos índices de desempenho da medição (IDM) dos 8 modelos/fabricantes de medidores participantes do estudo, sendo as linhas cheias representativas dos medidores estáticos e as linhas tracejadas representativas dos medidores taquimétricos (HT).



**Figura 2: Gráfico da variação de IDM ao longo das sequências de ensaios realizados.**



## **CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos nos ensaios realizados com a finalidade de comparar os desempenhos metrológicos entre os medidores estáticos (ME) e taquimétricos (HT), apurados com a metodologia do IDM, permitem as seguintes conclusões:

- 1) O desempenho dos medidores estáticos, sob as condições específicas dos ensaios realizados, corresponde a uma variação média de 3,49% no IDM em relação aos medidores taquimétricos, antes da realização das 6 sequências de ensaios;
- 2) O desempenho dos medidores estáticos, sob as condições específicas dos ensaios realizados, corresponde a uma variação média de 6,44% no IDM em relação aos medidores taquimétricos, após a realização das 6 sequências de ensaios;
- 3) Os ensaios de desgaste realizados com as amostras indicaram variação negativa de 2,70% no desempenho médio (IDM) dos medidores taquimétricos (HT) e não apresentaram variação negativa no desempenho dos medidores estáticos (ME). Ou seja, os resultados indicam que os medidores estáticos (ME) são resistentes aos desgastes provocados pelos ensaios previstos na metodologia utilizada.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: norma NBR 16043-1:2012 – Medição da vazão de água em condutos fechados em carga. Medidores para água potável fria e quente. Parte 1: Especificações.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: norma ABNT NBR 16043-2:2012 – Medição da vazão de água em condutos fechados em carga. Medidores para água potável fria e quente. Parte 2: Requisitos de instalação.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: norma ABNT NBR 16043-3:2012 – Medição da vazão de água em condutos fechados em carga. Medidores para água potável fria e quente. Parte 3: Métodos de ensaios e equipamentos.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: norma ABNT NBR 15538:2014 – Medidores de água potável - Ensaio para avaliação de eficiência.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: norma ABNT NBR 8009:1997 – Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Terminologia
6. NIELSEN, MILTON J.; JULIATTO, E. S.; TREVISAN, J; BONATO, A.; SACHET, M. A C: Experimentação e amostragem combinadas para cálculo do rendimento de parque de medidores de água, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, setembro 2001.
7. DA COSTA, VANTUIR R.; RESENDE, LUIZ F. A.; DE BRITO, LEONARDO G.: Utilização do índice de desempenho da medição no cálculo da imprecisão de sistemas de micromedição, 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, setembro 2013.