

DETERMINAÇÃO DE TAXAS ANUAIS DE REDUÇÃO DA EFICIÊNCIA DA MEDIÇÃO DE HIDRÔMETROS

Marcelo D. Depexe⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua na área de Desenvolvimento Operacional da SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná.

Romulo R. Gasparini

Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) – U. R. Pato Branco. Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Cursando Especialização em Gestão Empresarial pela Faculdade de Pato Branco (FADEP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Eng. Antônio Batista Ribas, 151- Tarumã - Curitiba - PR - CEP 82.800-130.
Tel.: +55 (41) 3330-7218 - e-mail: mdepexe@sanepar.com.br

RESUMO

A submedição nos hidrômetros, que provoca a elevação das perdas aparentes nos Sistemas de Abastecimento de Água, pode ser provocada por diversos fatores, sendo um dos principais o desgaste natural do hidrômetro, sendo este um efeito temporal. Estudos apontam que se pode considerar uma taxa constante de redução da eficiência da medição dos hidrômetros ao longo do tempo. O presente trabalho apresenta um inventário de um parque de hidrômetros com mais de 1 milhão de ligações, com classe metrológica “B”, no qual pode ser observada uma taxa de redução do volume micromedido médio de aproximadamente 1,0 % ao ano. Este valor é condizente com as taxas de redução de eficiência da medição de hidrômetros apresentada em literatura especializada. Desta forma, a renovação de um parque de hidrômetros pode ser planejada de forma mais eficaz, através da realização de trocas preventivas, considerando a faixa de consumo e tipo de serviço de Saneamento Básico prestado.

PALAVRAS-CHAVE: submedição, hidrômetro, perda aparente.

INTRODUÇÃO

As companhias de saneamento brasileiras realizam cada vez maiores investimentos para redução das perdas aparentes, pois além de representar parcela significativa do índice de perdas totais, a perda aparente está diretamente relacionada com a perda de faturamento. A perda aparente é causada por fraudes, ligações clandestinas, falhas de procedimento e principalmente por submedição nos hidrômetros. Em geral, as perdas por submedição variam entre 10 e 30% do volume consumido pelos usuários (FONSECA e COELHO, 2009).

A submedição nos hidrômetros pode ser provocada por diversos fatores, como o perfil de consumo, a qualidade da água, condições ambientais e climáticas, a velocidade da água que passa pelo hidrômetro, o correto dimensionamento e a posição de instalação, conforme Arregui *et al.* (2006) e Thornton e Rizzo (2002). Outro fator muito importante é o desgaste natural do hidrômetro, principalmente naqueles onde o princípio de funcionamento é velocimétrico, ou seja, onde o volume é contabilizado com base na medição da velocidade que a água passa por uma turbina.

Segundo a Portaria nº 246 (INMETRO, 2000), os hidrômetros em uso devem ser submetidos a verificações periódicas, em intervalos não superiores a cinco anos. Uma vez que existe desgaste devido ao uso, a portaria considera que os hidrômetros em uso serão aprovados desde que seus erros máximos admissíveis não ultrapassem a $\pm 10\%$ entre a vazão mínima e a vazão de transição e $\pm 5\%$ entre a vazão de transição e a vazão máxima. Observa-se que a própria portaria já admite a redução da eficiência na medição com o passar do tempo, uma vez que, para hidrômetros novos, estes valores são de 5 e 2%, respectivamente.

Vermersch e Rizzo (2008) afirmam que as anomalias nos sistemas de abastecimento de água possuem um coeficiente de retorno, ou seja, existe uma tendência natural de aumento do volume de perdas, tanto reais quanto aparentes, devido ao envelhecimento da infra-estrutura. Neste sentido, é importante o conhecimento da taxa de redução da eficiência da medição dos hidrômetros.

Diversos estudos demonstram que há redução da eficiência da medição em função do tempo de instalação. Arregui *et al.* (2010) afirmam que é possível adotar uma taxa de redução da eficiência do parque constante ao longo dos anos. Os autores consideram usuais taxas que variam entre 0,1% até 0,9%. De acordo com Ferréol (2005), a eficiência do parque cai aproximadamente 1% ao ano.

Nielsen *et al.* (2003) apresentam um gráfico com curvas de rendimento de hidrômetros classe A, B e C, baseado em levantamentos de campo e laboratório, para ligações com consumos mensais de 0 até 30 m³, em função do tempo de instalação. De acordo com a Figura 01, o desempenho dos hidrômetros não cai de forma linear, pois as curvas apresentadas aproximam-se de parábolas. Cabe salientar que estas curvas foram elaboradas com base em levantamento realizado em hidrômetros de vazão nominal 1,5 m³/h e limita-se a residências unifamiliares com abastecimento indireto, ou seja, dotadas de reservatório domiciliar. Os autores salientam que os resultados podem ser alterados à medida que se disponha de mais informações.

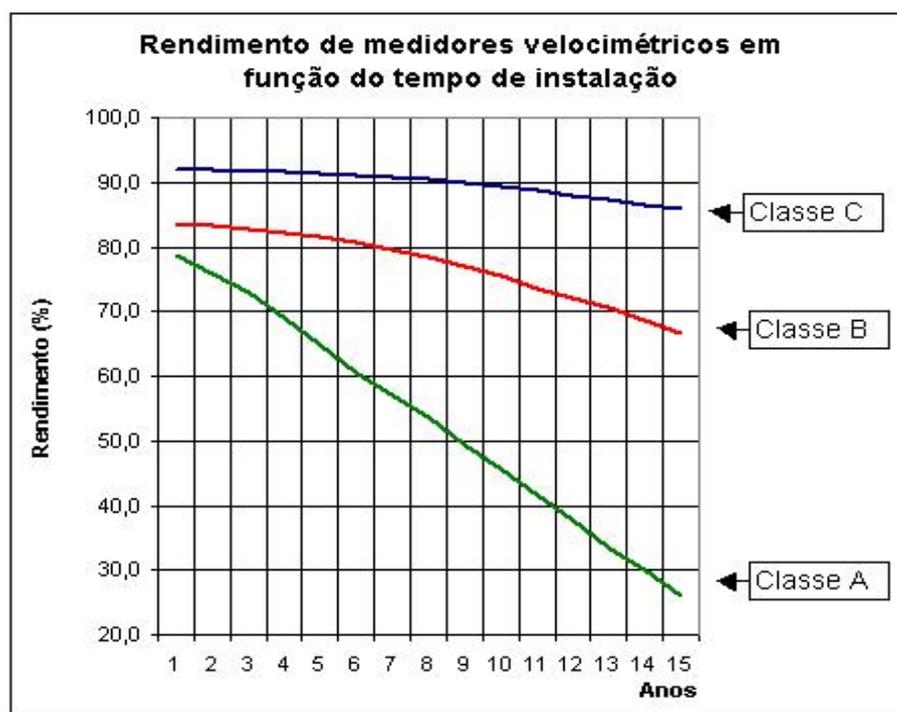


Figura 01: Curvas de rendimento dos hidrômetros (NIELSEN *et al.*, 2003).

A determinação da taxa de redução anual da eficiência dos hidrômetros é útil para o planejamento de investimentos para renovação do parque. Neste sentido, Wyatt (2010) utiliza a taxa anual de 0,5% para cálculo do período ótimo de troca dos hidrômetros, com base no consumo médio, no custo de substituição do hidrômetro e no preço da tarifa da água.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a redução da eficiência da medição a partir da análise das médias de consumo de um grupo de ligações de água com hidrômetros de até 11 anos de instalação, bem como comparar com as curvas de rendimento apresentadas por Nielsen *et al.* (2003) e apresentar um exemplo de aplicação para determinação do tempo de substituição preventiva dos hidrômetros.

MÉTODO

Para determinar a redução na eficiência da medição dos hidrômetros em função do tempo de instalação, será realizada uma análise das médias de consumo medido ao longo de um ano, para matrículas com consumo entre 11 e 50 m³ mensais. Serão avaliados somente hidrômetros classe B.

A primeira etapa consiste no levantamento da quantidade de ligações ativas de água que se enquadram nos critérios pré-estabelecidos de faixa de consumo e classe metrológica, bem como seus respectivos consumos, para os doze meses do ano de 2011. Para cada mês calcula-se o volume médio por ligação, separando as ligações de acordo com o tempo de instalação (1, 2, 3,..., *n* anos). Determina-se o volume médio total e a seguir divide-se o volume médio de cada ano pelo volume médio total, o que resulta em um valor percentual em relação à média geral.

A partir destes dados, é possível gerar uma curva que relaciona o tempo de instalação com a porcentagem de variação da média por ano. O grau de inclinação desta curva determina a taxa de redução do consumo médio por ano de instalação, que é um indicativo de que a eficiência da medição reduz ao longo dos anos.

Para comparar o resultado obtido com as curvas de rendimento de Nielsen *et al.* (2003), será elaborado um gráfico para os hidrômetros classe B monojato e multijato, ajustados por uma equação de primeiro grau, para obter uma taxa constante. Assim, o coeficiente angular da reta ajustada corresponde à taxa anual de redução da eficiência na medição.

Por fim, os resultados obtidos serão aplicados em um exemplo para determinação do período ótimo para substituição preventiva dos hidrômetros, sob o aspecto financeiro. Para isso, serão analisados os dados de micromedição de aproximadamente 75 mil ligações, referente às ligações que possuem hidrômetro classe “B”, com faixa de consumo entre 11 e 30 m³/mês, cuja idade do hidrômetro, em 2011, era inferior a 1 ano, ou seja, o hidrômetro com a melhor condição de micromedição.

Para a micromedição média per capita observada para estas ligações, escalonadas nas faixas de 11 a 15 m³/mês, 16 a 20 m³/mês, 21 a 25 m³/mês e 26 a 30 m³/mês, será incidida a curva de eficiência em função do tempo de instalação, para hidrômetros classe “B” – multijato, conforme Nielsen *et al.* (2003), a qual é apresentada na Figura 4, cuja redução da eficiência da micromedição é de, aproximadamente, 1,19 % a.a. Com isso, será apresentada a expectativa de micromedição média per capita para os anos subsequentes e o respectivo cálculo da perda aparente anual, através de sua comparação com a micromedição média observada para o ano de 2011.

Com esta projeção do aumento da perda aparente per capita, este volume será incidido com a tarifação dos Serviços de Saneamento Básico, conforme apresentado na Tabela 01, a valoração anual da perda de eficiência do hidrômetro.

Tabela 01: Tarifação normal, para os consumidores excedentes a 10 m³/mês.

TABELA DE PREÇOS CONSIDERADOS	
Tipo de Serviço	Custo Unitário
Clientes Água	R\$ 2,84/m ³
Clientes Água + Esgoto	R\$ 5,11/m ³

Fonte: Sanepar (jan/2012)

Realizando a valoração da expectativa de aumento da perda aparente por ligação, estes valores serão convertidos em Valores Presentes, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade de 12 % a.a.. Estes valores serão acumulados ano a ano e serão comparados com o atual valor para o fornecimento e a substituição de um hidrômetro classe “B” – multijato, que atualmente está estimado em R\$ 45,00. Nesta análise admite-se que o primeiro ano acumulado, cujo Valor Presente do mesmo seja superior ao valor correspondente ao fornecimento e a substituição do hidrômetro, é o pay-back da troca de hidrômetro, ou seja, a idade ótima de substituição.

Esta análise não será realizada para clientes cuja micromedição média per capita seja inferior a 10 m³/mês, pois a tarifação do mesmo é correspondente a 10 m³/mês, ou seja, não será possível determinar, através da análise proposta, uma idade ótima de substituição do hidrômetro, pois os mesmo encontram-se dentro da tarifa mínima.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados em três partes distintas. Inicialmente, determina-se a taxa média de redução da eficiência da medição com base nos dados do parque de hidrômetros instalado. A seguir, determina-se a taxa média das curvas apresentadas por Nielsen *et al.* (2003), para comparação com os valores obtidos. Por fim, apresenta-se um exemplo de aplicação destes dados na determinação do período ideal para substituição preventiva dos hidrômetros que proporcione o melhor retorno financeiro.

Determinação da taxa de redução anual da eficiência da medição

Para a elaboração do estudo foi realizado levantamento da quantidade de ligações ativas de água com hidrômetro classe metrológica B e consumo medido entre 11 e 50 m³/mês, para os doze meses de 2011. Estes dados são classificadas de acordo com o tempo de instalação do hidrômetro, variando de zero (menos de 365 dias) até 11 anos. Para cada ano, foi determinado o consumo medido médio, bem como a relação entre este valor e o volume medido médio total, conforme Tabela 02.

Tabela 02: Dados das ligações ativas de água, com faixa de consumo entre 11 a 50 m³/mês, por tempo de instalação dos hidrômetros, classe metrológica “B”, observada em 2011 (continua).

Tempo de instalação	0	1	2	3	4	5	6
Nº ligações	85.189	120.586	132.090	144.037	88.084	59.827	73.639
Volume (m ³)	1.507.750	2.158.636	2.305.869	2.519.084	1.533.499	1.033.497	1.244.016
VM/Lig	17,70	17,90	17,46	17,49	17,41	17,27	16,89
% VM/Lig médio	1,0145	1,0261	1,0006	1,0025	0,9979	0,9902	0,9683

Tabela 02: continuação.

Tempo de instalação	7	8	9	10	11	Total
Nº ligações	62.980	51.491	53.723	44.903	46.788	1.072.204
Volume (m ³)	1.061.888	854.598	876.902	726.360	738.201	18.705.415
VM/Lig	16,86	16,60	16,32	16,18	15,78	17,45
% VM/Lig médio	0,9665	0,9513	0,9356	0,9272	0,9044	1,0000

Fonte: Sanepar (jan/2012)

Observa-se relação inversamente proporcional entre o tempo de instalação do hidrômetro e o volume médio mensal. Assim, quanto maior for a idade dos hidrômetros, menor é o volume médio das ligações. O maior valor de consumo médio ocorre nas ligações com um ano, nas quais a média é de 17,90 m³. Já para as ligações com 11 anos, o consumo medido médio é de 15,78 m³.

A Figura 02 demonstra a variação do volume medido médio em função do tempo de instalação. Os dados apresentam coeficiente de determinação (R²) igual a 0,9476, o que indica boa aderência entre a equação determinada pela linha de tendência e os dados plotados. De acordo com a reta ajustada, observa-se que o volume médio diminui 0,178 m³ a cada ano, o que corresponde a aproximadamente 1% do volume medido nos primeiros anos.

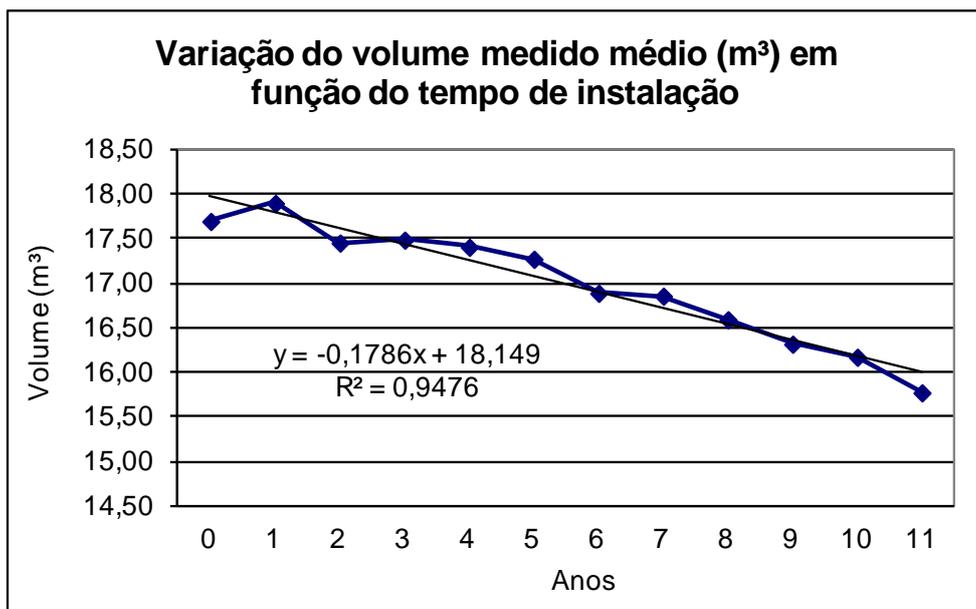


Figura 02: Variação do volume medido médio (m³) x tempo de instalação

Também é possível realizar esta análise em termos percentuais. Para isso, a Figura 03 apresenta os valores percentuais apresentados na Tabela 02, que representam a relação entre o volume médio para cada ano de instalação e o volume médio total.

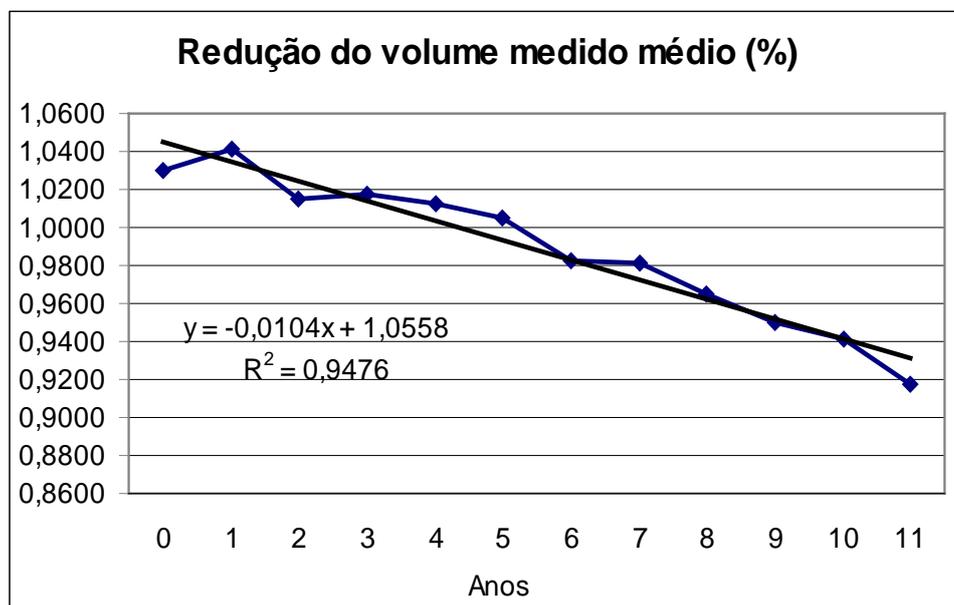


Figura 03: Redução do volume medido médio (%) em função do tempo de instalação

A reta ajustada apresenta coeficiente angular igual a 0,0104, ou seja, para cada ano, há redução de 1,04% no volume medido médio. Este resultado está coerente com valores apresentados em literatura especializada. Cabe salientar que este valor pode variar de acordo com as características da amostra utilizada, seu perfil de consumo, tipo de hidrômetro e dimensionamento. Uma vez que no presente estudo foi utilizada uma amostragem grande, com os dados de mais de um milhão de hidrômetros, acredita-se que os resultados possam refletir a realidade para o conjunto de ligações em questão, ou seja, com consumo médio mensal variando de 11 a 50 m³, com hidrômetro classe metrológica B.

Comparação com as curvas de rendimento de Nielsen *et al.* (2003)

O resultado obtido no item anterior está próximo do valor apresentado pelas curvas de rendimentos de Nielsen *et al.* (2003) na Figura 01 para o hidrômetro multijato. Ao traçar uma linha de tendência nos pontos da curva para hidrômetro classe B vazão nominal 1,5 m³/h multijato, observamos que a taxa média de eficiência da medição cai aproximadamente 1,19% ao ano, conforme equação da reta ajustada apresentada na Figura 04.

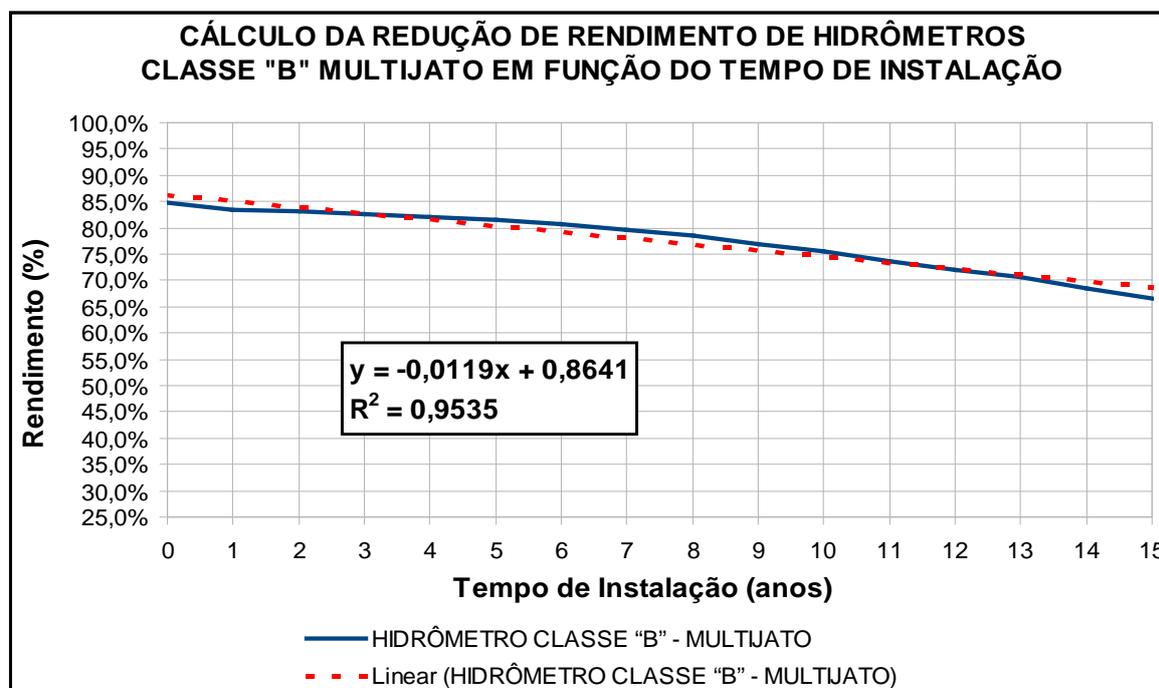


Figura 04: Redução de rendimento da curva de Nielsen *et al.* (2003) para hidrômetros multijato

Para os hidrômetros classe B vazão nominal 1,5 m³/h monojato, a Figura 05 demonstra que a taxa média anual de redução da eficiência da medição é de 3,86%. Apesar de tais curvas se caracterizarem como parábolas, a aproximação realizada com equação de primeiro grau é satisfatória, com erro quadrático próximo a 1.

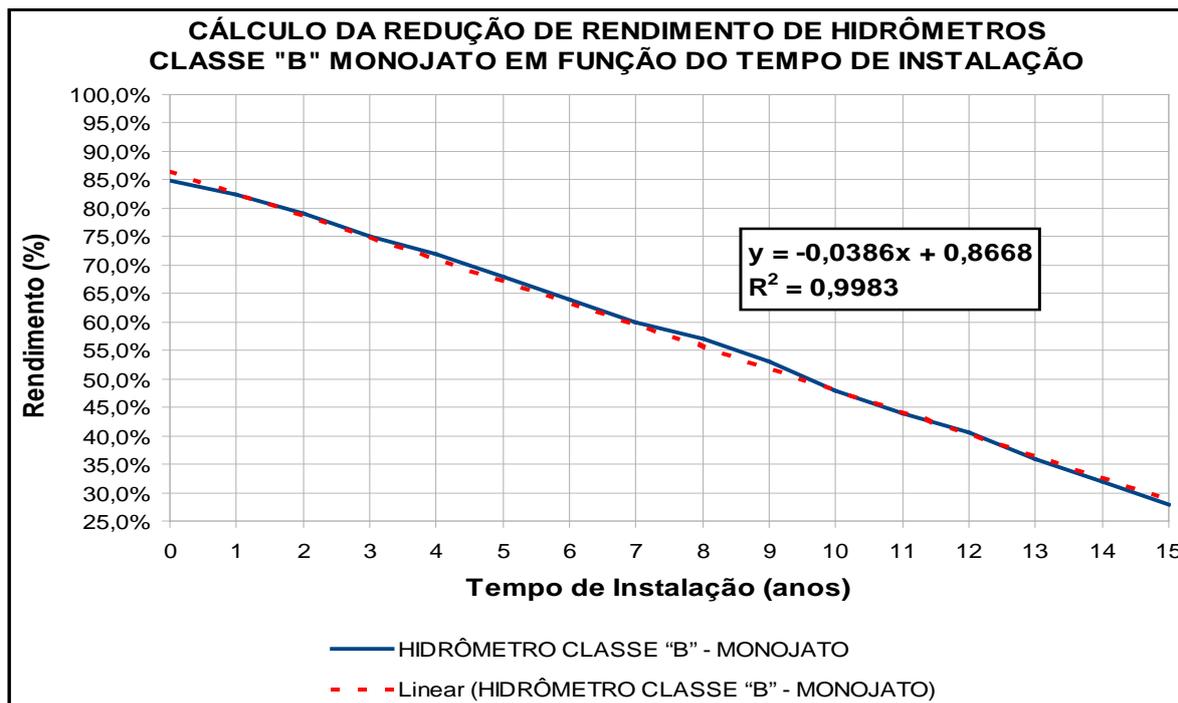


Figura 05: Redução de rendimento da curva de Nielsen *et. al* (2003) para hidrômetros monojato

Entretanto, cabe ressaltar que os hidrômetros classe B monojato utilizados atualmente possuem vazão nominal de 0,75 m³/h, que apresentam melhor desempenho na medição de baixas vazões que os hidrômetros de retratados pela curva da Figura 05. Portanto, para avaliar o parque atual de hidrômetros, recomenda-se utilizar a curva de hidrômetros multijato apresentados por Nielsen *et al.* (2003), que está coerente com os dados obtidos na primeira etapa deste trabalho. Assim, apesar de já se passarem aproximadamente 10 anos da realização dos estudos para determinação das curvas de rendimento, a taxa de inclinação da reta para o hidrômetro classe B multijato ainda pode ser considerada válida.

Exemplo de aplicação dos resultados para determinação de período ótimo para substituição preventiva de hidrômetros

O resultado obtido pode ser utilizado para a determinação do período ótimo para substituição preventiva do parque de hidrômetros, considerando fatores como o valor da tarifa, o custo do hidrômetro e a taxa de atratividade considerada pela companhia de saneamento.

Para esta avaliação, foram utilizados os dados das ligações que possuem hidrômetro classe "B", com faixa de consumo entre 11 e 30 m³/mês, cuja idade do hidrômetro, em 2011, era inferior a 1 ano, ou seja, o hidrômetro com a melhor condição de micromedição, dados estes apresentados na Tabela 03 a seguir:

Tabela 03: Micromedição média per capita, por faixa de consumo, para ligações com hidrômetro classe "B", cuja idade do hidrômetro é inferior a 1 ano.

MICROMEDIÇÃO MÉDIA PER CAPITA		
Faixa de Consumo (m³/mês)	Número de Ligações	Consumo Médio Mensal por Ligação (m³/lig.mês)
11 a 15 m ³ /mês	40.462	12,7806 m ³ /lig.mês
16 a 20 m ³ /mês	20.525	17,7275 m ³ /lig.mês
21 a 25 m ³ /mês	9.968	22,7118 m ³ /lig.mês
26 a 30 m ³ /mês	4.976	27,7252 m ³ /lig.mês

Fonte: Sanepar (jan/2012)

Uma vez que, em 2011, os hidrômetros destas ligações possuíam idade inferior a 1 ano, admitiu-se que, para esta idade, ocorrerá o menor índice de submedição ou perda aparente, na ligação em questão. Não é objeto deste trabalho a quantificação do índice de submedição de um hidrômetro classe “B”, cuja idade é inferior a 1 ano.

Incidindo a curva de rendimentos de hidrômetros classe “B” – multijato proposta por Nielsen *et al.* (2003), conforme apresentado na Figura 04, cuja taxa de submedição observada é de 1,19 % a.a., sobre os dados de micromedição média per capita, por faixa de consumo, conforme apresentado na Tabela 03, tem-se a expectativa de micromedição média por ligação, para os anos subsequentes, conforme a Figura 06.

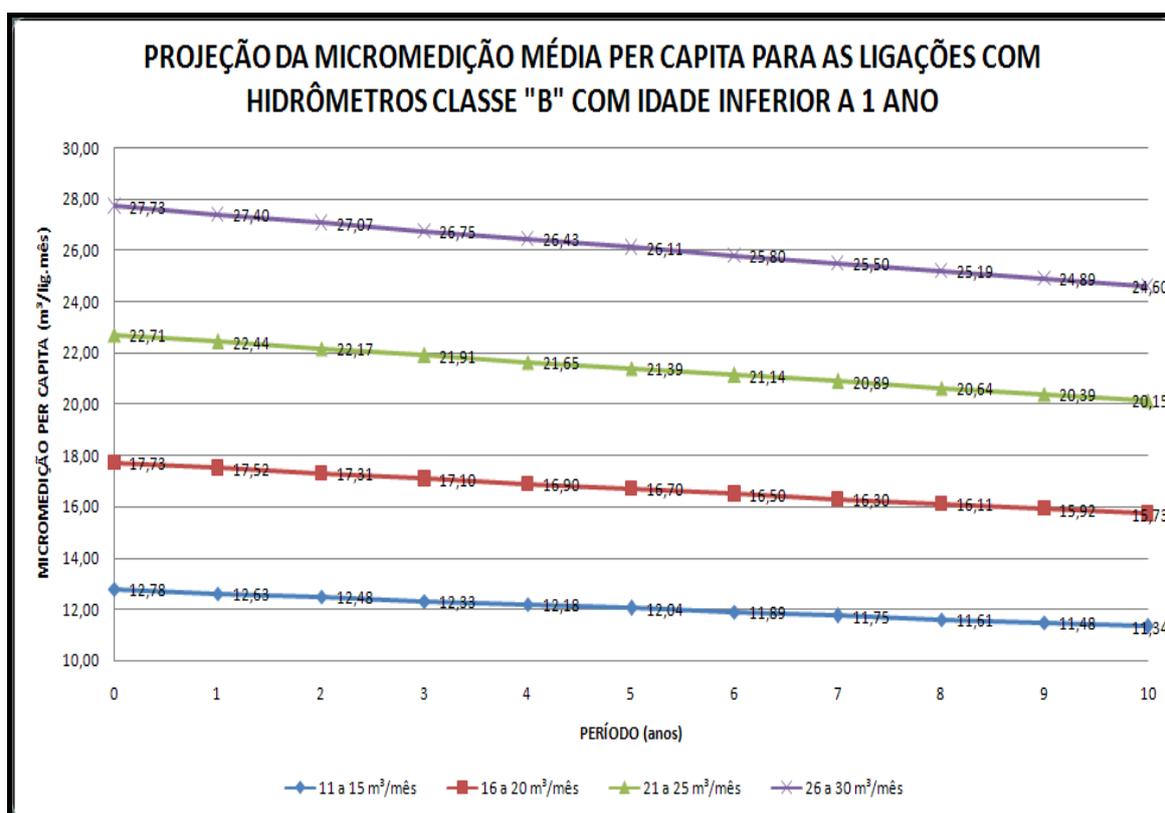


Figura 06: Expectativa, com base na curva de rendimento de hidrômetros apresentada por Nielsen *et al.* (2003), de micromedição média per capita, para os anos subsequentes, das ligações com hidrômetro classe “B”, com idade inferior a 1 ano, em 2011.

Na Figura 06, pode ser observado que a expectativa de micromedição média por ligação, para 10 anos além do ano de referência, ou seja, em 2021, para a atual faixa de consumo entre 11 a 15 m³/mês, é de 11,34 m³/mês, ou seja, 1,44 m³/mês inferior à condição inicial. Para a atual faixa de consumo entre 16 a 20 m³/mês, é de 15,73 m³/mês, ou seja, 2,00 m³/mês inferior a condição inicial; para a atual faixa de consumo entre 21 a 25 m³/mês, é de 20,15 m³/mês, ou seja, 2,56 m³/mês inferior a condição inicial; para a atual faixa de consumo entre 26 a 30 m³/mês, é de 24,60 m³/mês, ou seja, 3,13 m³/mês inferior a condição inicial.

Esta diferença em relação à condição inicial, ou seja, a comparação do volume micromedido médio projetado, ano a ano, com o volume micromedido médio na condição inicial, pode ser entendida como a expectativa de aumento de perdas aparentes das ligações, em função da submedição dos hidrômetros. A Figura 07 apresenta a expectativa projetada anual de perda aparente, ano a ano, para as ligações cujos hidrômetros, em 2011, possuíam idade inferior a 1 ano.

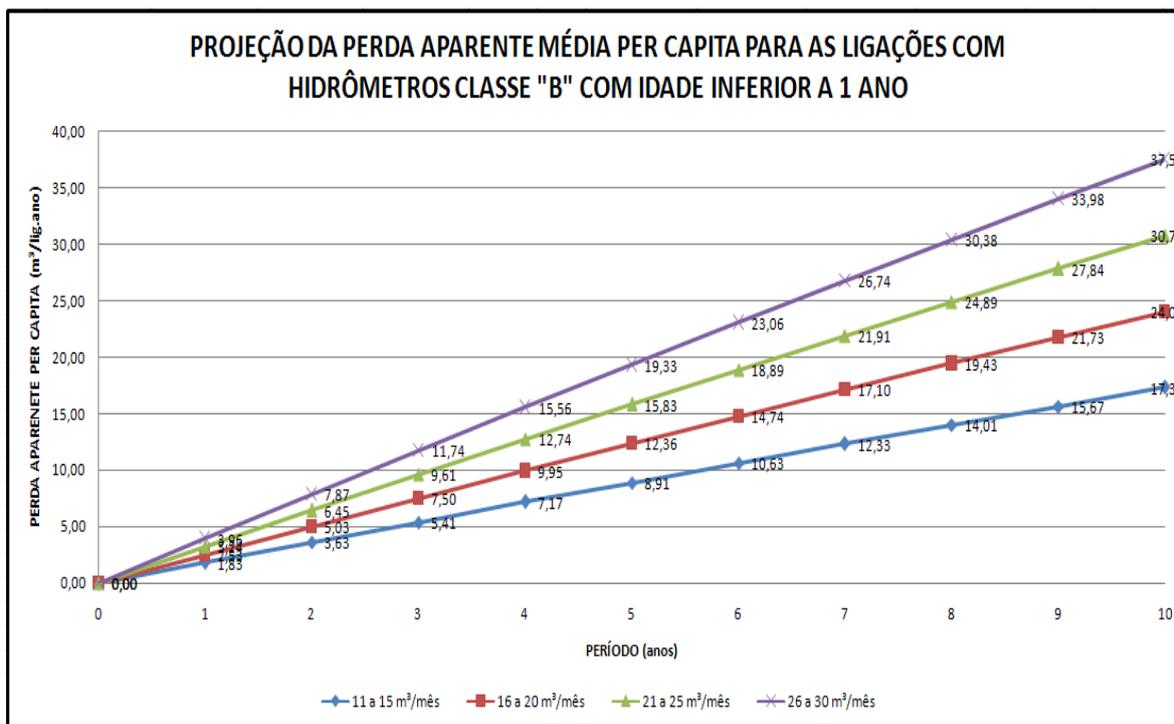


Figura 07: Expectativa, com base na curva de rendimento de hidrômetros apresentada por Nielsen *et al.* (2003), de aumento de perda aparente per capita, para os anos subsequentes, das ligações com hidrômetro classe “B”, com idade inferior a 1 ano, em 2011.

Na Figura 07, observa-se que a expectativa de aumento da perda aparente por ligação, para 10 anos além do ano de referência, ou seja, em 2021, para a atual faixa de consumo entre 11 a 15 m³/mês é de 17,30 m³/lig.ano, ou seja, quando este hidrômetro apresentar dez anos de idade, estima-se que a submedição represente um total de 17,30 m³ no ano. Seguindo o mesmo raciocínio, para a atual faixa de consumo entre 16 a 20 m³/mês a submedição será de 24,00 m³/lig.ano; para a atual faixa de consumo entre 21 a 25 m³/mês a submedição será de 30,75 m³/lig.ano; para a atual faixa de consumo entre 26 a 30 m³/mês a submedição será de 37,54 m³/lig.ano. Analisando, ano a ano, estes valores referente a expectativa de aumento de perda aparente por ligação e relacionando-os com a tarifação normal, referente a serviços de saneamento básico, para os consumidores excedentes a 10 m³/mês, conforme apresentado na Tabela 01, pode-ser calcular o valor, em reais, correspondente a esta expectativa de aumento de perda aparente, ou seja, o valor que a Companhia de Saneamento deixará de faturar, devido a submedição dos hidrômetros.

Considerando que o atual valor para o fornecimento e a substituição de um hidrômetro classe “B” – multijato está em R\$ 45,00 e comparando-o com os valores calculados, acumulados ano a ano, a partir da expectativa de aumento anual de perda aparente por ligação, conforme apresentado na Figura 07, pode-se determinar a idade ótima de substituição do hidrômetro, por faixa de consumo, conforme a Tabela 04.

Tabela 04: Estimativa de Idade Ótima para a substituição de hidrômetros classe “B”, por faixa de consumo, com base na curva de rendimento apresentado por Nielsen *et al.* (2003).

IDADE ÓTIMA DE SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS			
CLIENTES ÁGUA		CLIENTES ÁGUA + ESGOTO	
Faixa de Consumo (m³/lig.mês)	Idade Ótima de Substituição do Hidrômetro (anos)	Faixa de Consumo (m³/lig.mês)	Idade Ótima de Substituição do Hidrômetro (anos)
11 a 15 m³/lig.mês	5 anos	11 a 15 m³/lig.mês	4 anos
16 a 20 m³/lig.mês	4 anos	16 a 20 m³/lig.mês	3 anos
21 a 25 m³/lig.mês	4 anos	21 a 25 m³/lig.mês	3 anos
26 a 30 m³/lig.mês	3 anos	26 a 30 m³/lig.mês	2 anos

Fonte: Os autores (jan/2012)

De acordo com a Tabela 04, quanto maior a faixa de consumo da ligação, menor será a idade ótima de substituição de hidrômetros, demonstrando, assim, que um dos critérios a ser analisado para a renovação do Parque de Hidrômetros de um Sistema de Abastecimento de Água, é a faixa de consumo da ligação, além do tipo de serviço que está sendo prestado para a ligação. Pode ser verificado que, para todas as diferentes faixas de consumo, diferenciando o tipo de serviço prestado à ligação, a Idade Ótima de substituição do hidrômetro será diferente. Para as ligações onde o tipo de serviço prestado é com água e com esgoto, a idade ótima é inferior, devido ao maior valor faturado para cada metro cúbico de água consumido. Recomenda-se verificar a viabilidade de substituição dos hidrômetros classe metrológica “B” por hidrômetros classe “C”, principalmente para as ligações com maior consumo médio.

Realizando a mesma análise apresentada nas Figuras 06 e 07, porém considerando a redução do volume médio micromedido observado na Figura 03, que foi de 1,04 % a.a., tem-se as seguintes idades ótimas de substituição do hidrômetro, por faixa de consumo, conforme a Tabela 05 a seguir:

Tabela 05: Estimativa de Idade Ótima para a substituição de hidrômetros classe “B”, por faixa de consumo, com base na redução do volume médio micromedido observado na Figura 03.

IDADE ÓTIMA DE SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS			
CLIENTES ÁGUA		CLIENTES ÁGUA + ESGOTO	
Faixa de Consumo (m³/lig.mês)	Idade Ótima de Substituição do Hidrômetro (anos)	Faixa de Consumo (m³/lig.mês)	Idade Ótima de Substituição do Hidrômetro (anos)
11 a 15 m ³ /lig.mês	6 anos	11 a 15 m ³ /lig.mês	4 anos
16 a 20 m ³ /lig.mês	5 anos	16 a 20 m ³ /lig.mês	3 anos
21 a 25 m ³ /lig.mês	4 anos	21 a 25 m ³ /lig.mês	3 anos
26 a 30 m ³ /lig.mês	3 anos	26 a 30 m ³ /lig.mês	3 anos

Fonte: Os autores (jan/2012)

Para os anos abaixo da idade ótima determinada, por faixa de consumo e o tipo de serviço de Saneamento Básico prestado para a ligação, entende-se que haverá perdas financeiras à Companhia de Saneamento, por troca antecipada do hidrômetro. Neste caso, o retorno é menor que o investimento realizado, o que caracteriza um nível de perda aparente abaixo do limite econômico. Já para as trocas realizadas acima da idade ótima, as perdas financeiras são decorrentes da submedição.

CONCLUSÕES

A busca por menores índices de perdas de água requer investimentos voltados para a melhoria da eficiência operacional. Para que as ações sejam sustentáveis sob o ponto de vista técnico e financeiro, é importante que sejam realizadas pesquisas com o objetivo de se conhecer melhor o comportamento dos componentes da infraestrutura dos sistemas de abastecimento. No caso específico deste trabalho, o foco de análise é a redução da eficiência da medição do parque de hidrômetros.

Conhecer a taxa de redução da eficiência da medição dos hidrômetros é importante para a realização de estimativas da perda aparente de um sistema de abastecimento de água. Além disso, estes valores são úteis para aperfeiçoar critérios de manutenção preventiva do parque de hidrômetros, mediante a inclusão de fatores econômicos/financeiros para a determinação do período ótimo para substituição.

Os resultados apresentados indicam que pode-se adotar uma taxa de redução da eficiência da medição em torno de 1% ao ano. Apesar das curvas elaboradas por Nielsen *et al.* (2003) representarem a realidade dos hidrômetros de 10 anos atrás, os resultados obtidos para hidrômetros classe multijato ainda permanecem coerentes, ao menos no que refere à redução de eficiência da medição ao longo dos anos. Com relação ao valor para a submedição inicial, ou seja, a submedição média para um hidrômetro novo, é possível que atualmente os hidrômetros apresentem um desempenho melhor do que apresentado nas curvas de rendimento. Sugere-se que outras pesquisas e levantamentos de campo sejam realizados para verificar esta questão.

Para a renovação do Parque de Hidrômetros de um Sistema de Abastecimento de Água, através de trocas preventivas, buscando reduzir a incidência de perdas aparentes devido à submedição dos hidrômetros, deve-se planejar tal renovação por faixa de consumo, além do tipo de serviço de Saneamento Básico prestado a ligação, com o objetivo de se obter o melhor retorno sobre o investimento realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARREGUI, F.J.; CABRERA, E.; COBACHO, R.; GARCÍA-SERRA, J. Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies. **Water Practice & Technology**, v. 1, n. 4, 8 p., 2006.
2. 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.
3. FERRÉOL, E. How to measure and reduce the water meter park inefficiency? In: IWA LEAKAGE 2005 CONFERENCE, **Proceedings...**, Halifax, Canada, 2005. 4 p.
4. INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 246**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. 2000.
5. FONSECA, P.; COELHO, A. C. Manutenção de hidrômetros - um problema econômico. In: 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Recife – PE, **Anais...** Rio de Janeiro - RJ: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. 11 p.
6. NIELSEN, M.J.; TREVISAN, J.; BONATO, A.; SACHET, M.A.C. **Medição de água**: estratégias e experimentações. Curitiba: Sanepar. 2003. 218 p.
7. THORNTON, J.; RIZZO, A. Apparent losses, how low can you go? In: LEAKAGE MANAGEMENT CONFERENCE, Lemesos, Cyprus, **Proceedings...** 2002. 16 p.
8. VERMERSCH, M.; RIZZO, A. Designing an action plan to control non-revenue water. **Water 21**, v. 10, n.2, p. 39-41, April 2008.
9. WYATT, A. **Non-revenue water: financial model for optimal management in developing countries**. RTI Press publication No. MR-0018-1006. Research Triangle Park, NC: RTI International. 2010.