

# **APLICAÇÃO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE TROCA DE HIDRÔMETROS NO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DO SUL-SP, COM ÊNFASE NA REDUÇÃO DE PERDAS E NA RECUPERAÇÃO DE RECEITA**

Rosemara Augusto Pereira<sup>(1)</sup>

Engenheira Civil, Diretora da Monitora Tecnologia e Informação Ltda., MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), Especialista com pós-graduação “lato sensu” em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e em Geoprocessamento pelo Instituto de Computação da Unicamp. Experiência na implantação de sistemas de informatizados de monitoramento de redes e geoprocessamento

Maria de Lourdes da Silva<sup>(2)</sup>

Engenheira Civil pela UMC (Universidade de Mogi das Cruzes), Diretora Técnica do Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul - SP. Experiência na gestão pública com ênfase em sistemas de infraestrutura urbana.

Vania Flaig Brito<sup>(3)</sup>

Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Gerente de Projetos na Monitora Tecnologia e Informação Ltda., Especialista com pós-graduação lato-sensu em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e pós-graduação lato-sensu em Gestão de Projetos pelo Instituto Mauá de Tecnologia. Experiência na medição de vazão e gerenciamento de projetos.

Vanessa Bastos da Silveira<sup>(4)</sup>

Bióloga pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Bióloga na empresa Monitora Tecnologia e Informação Ltda., pós-graduação em Gestão de Projetos pela Fundação Vanzolini e em Sistemas de Gestão Integrados da Qualidade, Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho e Responsabilidade Social pelo SENAC. Experiência em gerenciamento de projetos no segmento de saneamento.

Werner Siegfried Hanisch<sup>(5)</sup>

Engenheiro Químico, professor da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), campus Diadema na área de Engenharia Química. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Experiência na medição de medição e transmissão de dados por telemetria.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Brasil, 214 – Jardim Barueri – Barueri - SP - CEP: 06.411-310 - Brasil - Tel: +55 (11) 2337-6902 - e-mail: [rose@monitora.info](mailto:rose@monitora.info)

## **RESUMO**

Em geral os hidrômetros são substituídos levando em conta a idade, normalmente quando atingem cinco anos, conforme critério estabelecido pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), deixando de lado o desempenho metrológico e outros fatores que influenciam no rendimento do equipamento de medição. Estudos mostram que a idade não é o único fator que influencia na submedição do equipamento, pois não raro hidrômetros com idade avançada possuem capacidade metrológica dentro dos parâmetros aceitáveis, enquanto que equipamentos com idades inferiores a cinco anos possuem alto desgaste, o que torna complexa a tarefa de definir o tempo de troca que proporcione o melhor custo-benefício somente pela idade. Em face desta problemática de impacto econômico significativo, o método desenvolvido neste estudo para a priorização da troca de hidrômetros em São Caetano do Sul, consiste da aplicação de análise multicritério por meio do estabelecimento de critérios relevantes, como o consumo médio, categoria de uso, decaimento temporal de consumo, factibilidade de mudança de faixa tarifária e também a idade, de forma a permitir a classificação dos hidrômetros instalados segundo sua prioridade de troca, quais sejam: máxima, alta, média ou baixa, de acordo com pesos e valores previamente atribuídos.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise multicritério, troca de hidrômetros, perdas aparentes, aumento de receita.

## INTRODUÇÃO

Convencionalmente as empresas de saneamento que atuam na distribuição de água trabalham com regras simples para a manutenção preventiva do parque de hidrômetros, estabelecendo critério único como a idade do hidrômetro para substituição, não levando em consideração outros fatores que impactam no desempenho dos medidores, dentre os quais citam-se: marca, modelo, lote de fabricação, volume acumulado, condições de transporte, idade, adequabilidade de dimensionamento, tipo de sistema de abastecimento – se contínuo ou intermitente, existência de caixas d'água, características físico-química da água, faixa de pressão operacional, adequabilidade de instalação, dentre outros.

Seria bastante oneroso e inviável para o DAE-SCS (Departamento de Água e Esgoto do Município de São Caetano do Sul), ou pra qualquer outra organização, a consideração desses fatores para conhecimento da submedição do parque de hidrômetros a fim de se estabelecer a prioridade de troca dos equipamentos.

Dentre os métodos utilizados para a determinação da submedição de hidrômetros está a calibração individual, onde cada hidrômetro é instalado em uma bancada de testes e é submetido a uma vazão conhecida, para assim determinar-se seu erro, porém fora do seu cenário real de operação. Uma segunda alternativa para se determinar a submedição em um ponto de consumo, de forma individual em seu cenário real, é pelo estabelecimento de perfil de consumo a partir da instalação simultânea, por um período não inferior a 07 (sete) dias, de um hidrômetro de grande sensibilidade dotado de *datalogger*, que seja capaz de computar mínimas vazões e posterior elaboração de um histograma de consumo que possibilita, por comparação, determinar o erro de medição em diversas faixas de consumo e a partir disso é possível determinar o erro médio ponderado. Uma terceira alternativa, aparentemente mais viável ainda porém onerosa, para se estabelecer a submedição de um parque de hidrômetros, refere-se à um procedimento estabelecido pelo NBR 15538/2011, similar à segunda alternativa apresentada, porém a comparação é efetuada em laboratório a partir de uma amostra aleatória de hidrômetros retirados do parque, utilizando-se de um perfil de consumo padrão, definido pela referida norma.

Contudo, ficam evidentes as dificuldades enfrentadas para a determinação da submedição de um parque de hidrômetros, uma vez que a quantidade de ligações dotadas de hidrômetros é ampla e não há como saber, de forma confiável, se um determinado hidrômetro está com problemas antes de ensaiá-lo individualmente, o que torna o processo bastante oneroso.

Vale salientar que apesar das dificuldades acerca da determinação da submedição este aspecto não deve nunca ser negligenciado pelas empresas de saneamento pois além da receita perdida com o volume de água não contabilizado, há também a perda de faturamento sobre o volume decorrente dos lançamentos de esgotos, que são predominantemente cobrados com base no volume de consumo de água micromedido, sendo essa a principal razão e motivação para este estudo.

Deste modo, é imperativa e necessária a implantação de uma gestão ativa do parque de hidrômetros, por meio de critérios e métodos claros e bem definidos, além do que, destaca-se que as medidas tomadas para a melhoria da qualidade da micromedição final do sistema deve estar sempre associada a uma macromedição eficiente, pois ambas são essenciais para a obtenção de dados próximos à realidade das perdas do sistema, de forma a propiciar melhor o planejamento de políticas de redução de perdas, a fim de mantê-las em níveis aceitáveis ou menores possíveis.

Em face dos aspectos expostos, que mostram como onerosos e muitas vezes inviáveis os métodos atualmente disponíveis para estimativa da submedição, no método empregado no presente estudo esses parâmetros serão analisados de forma implícita por meio da análise do decaimento temporal de consumo após a última troca, que representa um efeito significativo da submedição.

Como será detalhado adiante, uma parte significativa do parque hidrométrico do município de São Caetano do Sul, apresentava-se fora do prazo determinado pela portaria 246, de 17 de outubro de 2000, do INMETRO, que sugere a troca periódica dos hidrômetros, em intervalos não superiores a 5 anos e esta obsolescência do parque demandou e motivou este estudo de priorização de troca, haja vista que o processo de troca de forma aleatória ou simplesmente por idade como vinha sendo realizado não se mostrou eficiente.

## OBJETIVO

Este artigo técnico tem por principal objetivo apresentar um método de análise multicritério para priorização da troca de hidrômetros, com ênfase na redução de perdas e na recuperação de receita empregado no município de São Caetano do Sul-SP, onde por meio de análise de dados dos clientes pôde-se estabelecer critérios e classificar os hidrômetros segundo prioridade de troca, de forma a alcançar a maior redução possível em perdas aparentes causadas por hidrômetros desgastados, seja por longo tempo de uso, seja por desgaste prematuro provocado por outras causas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Caetano do Sul localiza-se na região sudeste do Brasil, na região metropolitana de São Paulo e sua área total é de 15,331 km<sup>2</sup> e, segundo atualização do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com data de referência de 1º de Julho de 2014, o município conta com uma população estimada em 157.205 habitantes.

Para suprir a demanda do sistema público de abastecimento, o município de São Caetano do Sul importa água da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), tendo em vista que a capacidade hídrica do município é insuficiente para o atendimento da população. O total de ligações com hidrômetros instalados no município é de 37.019 (trinta e sete mil e dezenove) unidades, obtido a partir da base de dados de clientes do DAE-SCS, atualizados para o período de referência de Maio/2015.

**Tabela 1 - Classificação das Ligações - Grande Consumidor x Rol Comum**

Classificação	Quantidade de Ligações				
	Residencial	Comercial	Industrial	Próprio Municipal	Total Geral
Rol Comum	28518	7063	1112	134	36827
Grande Consumidor	39	62	91	0	192
Total Geral	28557	7125	1203	134	37019

Fonte: Banco de Dados Sistema Comercial DAE-SCS – Ref. Maio/2015

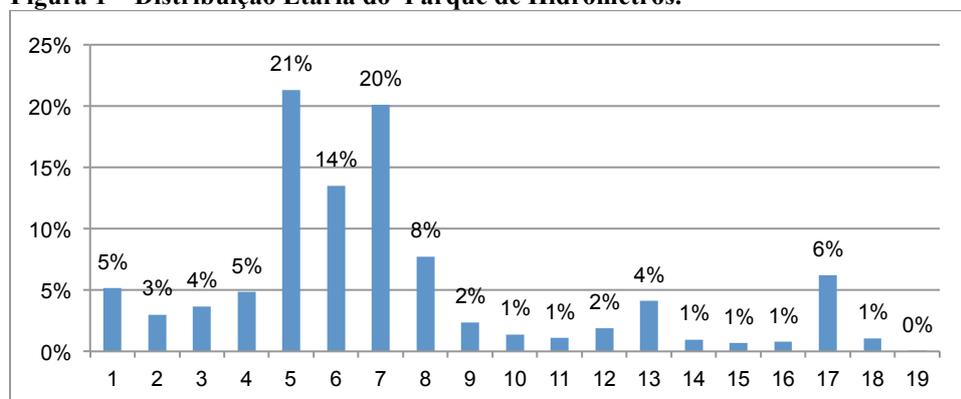
### CARACTERIZAÇÃO ETÁRIA DO PARQUE DE HIDRÔMETROS

O pleno conhecimento do parque de hidrômetros é primordial para a definição de prioridades em seu manejo. O DAE-SCS possui em seu banco de dados de clientes uma interação dos dados de consumo com o inventário cadastral dos hidrômetros. Desta maneira foi possível observar o consumo mensal do hidrômetro, juntamente com suas características físicas. O levantamento de dados sobre a composição e a constituição do parque de hidrômetros deve ser uma tarefa contínua, executada por meio de registros automáticos, e atualizados constantemente por meio das observações feitas em campo.

A caracterização do parque deverá apresentar a sua composição detalhada por meio de tipos de medidor, marca, lote, idade, etc. Este inventário permite um diagnóstico preliminar do parque de medidores de água e forma uma base para a aplicação das ferramentas de gestão, devendo ser atualizado automaticamente todo mês, visto a mutabilidade do parque de hidrômetros.

Para elaboração desta caracterização utilizou-se neste relatório a base de dados do cadastro comercial de clientes do DAE-SCS, onde a partir da informação de data de instalação, as ligações foram classificadas segundo a faixa etária dos hidrômetros instalados, conforme ilustra a **Figura 1** da sequência.

**Figura 1 – Distribuição Etária do Parque de Hidrômetros.**



Fonte: Banco de Dados Sistema Comercial DAE-SCS – Ref. Maio/2015

Na análise do banco de dados verificou-se que o parque de hidrômetros de São Caetano do Sul possui uma idade média de 7,03 anos, e a maior parcela dos hidrômetros (83,33%) possui idade superior a 5,0 anos.

## CARACTERIZAÇÃO DA POLÍTICA TARIFÁRIA

A política tarifária praticada pelo DAE-SCS, é determinada pelo Decreto Municipal N.º 10.864 de 08 de maio de 2015, que estabelece os valores das tarifas de forma variada em função da categoria de uso e da faixa de consumo, conforme **Tabela 2** da sequência, sendo mesmos valores e critérios aplicados à cobrança dos serviços de coleta e tratamento do esgoto.

**Tabela 2 - Política Tarifária DAE/SCS**

Categoria de Uso	Residencial		Comercial		Industrial	
	(m3/mês)	Valor (R\$)	(m3/mês)	Valor (R\$)	(m3/mês)	Valor (R\$)
Faixa de Consumo	0-10	23,68/mês	0-10	31,35/mês	0-10	40,15/mês
	11-20	2,39/m <sup>3</sup>	11-20	4,75/m <sup>3</sup>	11-20	8,38/m <sup>3</sup>
	21-30	4,74/m <sup>3</sup>	21-50	10,34/m <sup>3</sup>	21-50	14,53/m <sup>3</sup>
	31-50	5,43/m <sup>3</sup>	>50	16,31/m <sup>3</sup>	>50	20,94/m <sup>3</sup>
	>50	8,64/m <sup>3</sup>				

É importante salientar que há uma ressalva nesse decreto para usuários residenciais, enquadrados nos códigos 18,19,20 e 21 (antigos 20 e 21) com consumo de até 10 m<sup>3</sup>/mês, para os quais aplica-se uma tarifa de água de R\$21,61, com igual tarifa para esgoto, e que, no DAE/SCS ainda não há uma política tarifária diferenciada para grandes consumidores.

## CARACTERIZAÇÃO DO VOLUME DE CONSUMO

Os valores do volume de água consumido pelos clientes são obtidos pela apuração de consumo por meio da leitura mensal dos hidrômetros. Os dados de volume de consumo descritos nesse subitem foram extraídos do banco de dados disponibilizado pelo DAE/SCS, proveniente do cadastro comercial de clientes.

As **Tabelas 3 a 5** da sequência apresentam a quantidade de ligações em função das faixas de enquadramento de consumo, respectivamente discretizadas pelas categorias de uso, Residencial, Comercial e Industrial.

**Tabela 3 – Categoria Residencial X Faixa de Consumo**

Faixa de Consumo (m3/mês)	Quantidade	(%)
0-10	14678	54,29
11-20	7880	29,15
21-30	2043	7,56
31-50	826	3,06
>50	1608	5,95
Total	27035	100,00

**Tabela 4 – Categoria Comercial X Faixa de Consumo**

Faixa de Consumo (m3/mês)	Quantidade	(%)
0-10	4708	71,07
11-20	874	13,19
21-50	595	8,98
>50	447	6,75
Total	6624	100,00

**Tabela 5 – Categoria Industrial X Faixa de Consumo**

Faixa de Consumo (m3/mês)	Quantidade	(%)
0-10	<b>634</b>	<b>59,81</b>
11-20	<b>158</b>	<b>14,91</b>
21-50	<b>129</b>	<b>12,17</b>
>50	<b>139</b>	<b>13,11</b>
Total	<b>1060</b>	<b>100,00</b>

Analisando-se as tabelas 3 a 5, observa-se que em todas as categorias as ligações estão predominantemente enquadradas na faixa mínima de consumo.

## MÉTODO DE ANÁLISE E CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO

Para priorização da troca de hidrômetros no município de São Caetano do Sul-SP, com ênfase na redução de perdas e na recuperação de receita adotou-se o processo de Análise Multicritério de Apoio à Decisão, do Inglês (MCDA – *Multicriterial Decision Analysis*), que corresponde a uma ferramenta eficiente na estruturação de problemas ordenação, como é o caso do estabelecimento da prioridade de troca de hidrômetros. Essa ferramenta consiste de uma técnica para estruturação e análise de problemas complexos que propicia a organização e síntese das informações em um processo de múltiplos critérios de decisão, fazendo com que os aspectos envolvidos sejam efetivamente considerados.

Existem diversos métodos consagrados de apoio a decisão de problemas de múltiplos critérios, dentre eles têm-se o “Método *Promethee*” adotado nesse estudo. Optou-se por esse método por ser adequado ao caso de estudo que trata-se de um problema de decisão multicritério, com problemática de ordenação e também por conta da facilidade de entendimento dos conceitos e parâmetros inerentes ao método, que simplificam o processo de modelagem de preferências e, conseqüentemente, aumenta a efetividade da aplicação da ferramenta multicritério, quando comparado a outros métodos.

Nesse método de análise e decisão o índice de prioridade é dado pela agregação das intensidades de preferências determinadas para todos os critérios, por meio de uma soma, ponderada pelos pesos atribuídos aos critérios.

O fluxo da **Figura 2** ilustra o procedimento de análise e decisão empregado nesse estudo para estabelecimento da priorização da troca, de acordo com o método de apoio a decisão adotado.

**Figura 2 – Fluxo do Processo de Análise e Decisão**



Conforme observa-se no fluxo do processo de análise e decisão, primeiramente estabeleceu-se os critérios de exclusão e avaliação e seus respectivos pesos.

Os critérios de avaliação estão apresentados na **Tabela 6** da sequência, enfatizando que os pesos foram admitidos em relação à importância relativa de seu critério dentro do processo de priorização.

**Tabela 6 – Critérios de avaliação e pesos**

<b>Critério</b>	<b>Nome do Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição do Critério de Avaliação</b>
C1	Consumo	0,30	Esse critério de maximização mede a prioridade da troca em função do valor do consumo médio registrado nos últimos seis meses. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1 a cada uma das ligações, segundo intensidade de consumo.
C2	Categoria de Uso	0,20	Esse critério de maximização mede a prioridade da troca em função do enquadramento de categoria de uso. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1 a cada uma das ligações, segundo sua categoria uso, sendo o maior valor atribuído às ligações industriais, valor intermediário às categorias comerciais e valor mínimo às categorias residenciais.
C3	Decaimento de Consumo	0,20	Esse critério de minimização mede a prioridade de troca em função do decaimento de consumo, determinado por meio de regressão linear, a partir da última troca de hidrômetro. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores iguais a 0 para as ligações que não apresentaram decaimento de consumo na análise histórica e valores entre 0 e 1, variáveis conforme a intensidade, para as ligações que apresentaram decaimento de consumo.
C4	Factibilidade de Mudança de Faixa	0,20	Esse critério de extremos mede a prioridade de troca em função da factibilidade de mudança de faixa de consumo para cobrança, determinada por meio de regressão linear, a partir da última troca de hidrômetro. Na avaliação desse critério foi atribuído Valor=0 para as ligações não factíveis de mudança de faixa e valores entre 0 e 1, segundo o grau de mudança, para as ligações factíveis.
C5	Idade do Hidrômetro	0,10	Esse critério de maximização mede a prioridade de troca em função da idade do hidrômetro. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1, variáveis segundo a faixa etária dos hidrômetros.

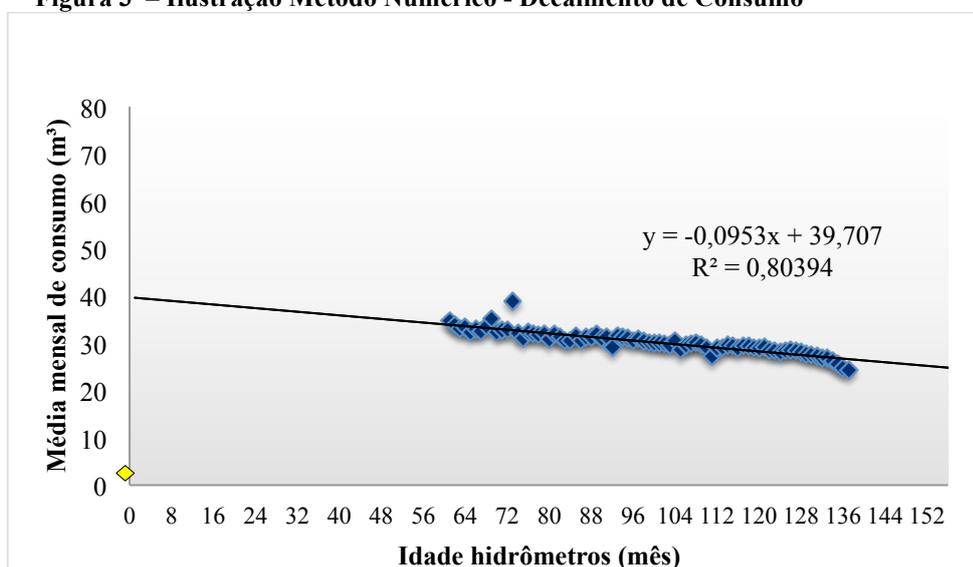
Com base nessa matriz de critérios as ligações foram individualmente analisadas segundo os pesos e valores de avaliação estabelecidos e a seguir aplicou-se o “Método *PROMETHEE*” adotado para análise e decisão, que permitiu o estabelecimento da priorização de troca do parque de hidrômetros de São Caetano do Sul e, a partir da priorização de troca, efetuou-se a classificação desta prioridade em 04 classes, quais sejam: Prioridade Máxima, Prioridade Alta, Prioridade Média e Prioridade Baixa.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DECAIMENTO DE CONSUMO

Para determinação dos valores dos critérios C3 e C4, citados na **Tabela 6**, foi utilizado o método numérico dos mínimos quadrados, ajustando-se uma reta de tendência para os dados de consumo mensal disponíveis para cada um dos clientes listados. Assim, o coeficiente angular de cada uma das retas de regressão pôde ser usado como parâmetro quantitativo para se estudar a queda de consumo. Em outras palavras, o coeficiente angular representa a taxa de decaimento de consumo (C3). Já o coeficiente linear pode ser utilizado como um parâmetro para se avaliar o volume de consumo imediatamente após a troca, pois representa onde a reta intercepta o eixo y (C4). Esses parâmetros para a quantificação da taxa de queda do consumo se fazem necessários, pois sem eles não haveria um critério claro para a separação dos piores casos, os quais devem ser alvo para priorização das trocas de hidrômetro.

Com isso, pode-se obter uma equação do tipo  $y = ax + b$  (onde y é o consumo mensal em m<sup>3</sup>/mês e x é o tempo em mês) que descreve de maneira aproximada o comportamento de toda a amostra, podendo evidenciar tendências de queda em grupos em que tal fenômeno não se justifica com exceção da submedição provocada pelo desgaste dos hidrômetros. A Figura 3 apresenta um exemplo da aplicação deste método numérico.

**Figura 3 – Ilustração Método Numérico - Decaimento de Consumo**



No âmbito dos critérios de exclusão, a fim de garantir a consistência dos resultados, foram excluídos das análises de regressão linear para avaliação da perda de volume micromedido em função do ano de troca alguns dados levando em consideração os seguintes critérios: Hidrômetros em que a situação da ligação era classificada no banco de dados do sistema comercial do DAE-SCS como “Fechada a Pedido” ou “Fechada por Débito”; Ligações com substituição do hidrômetro realizada no ano de 2.015, consideradas recentes e não constavam registro de histórico de consumo suficientes para análise de decaimento; e Ligações em que a substituição do hidrômetro ocorreu em período anterior ao ano de 1.997, pois estes foram indicados para troca independente de qualquer análise.

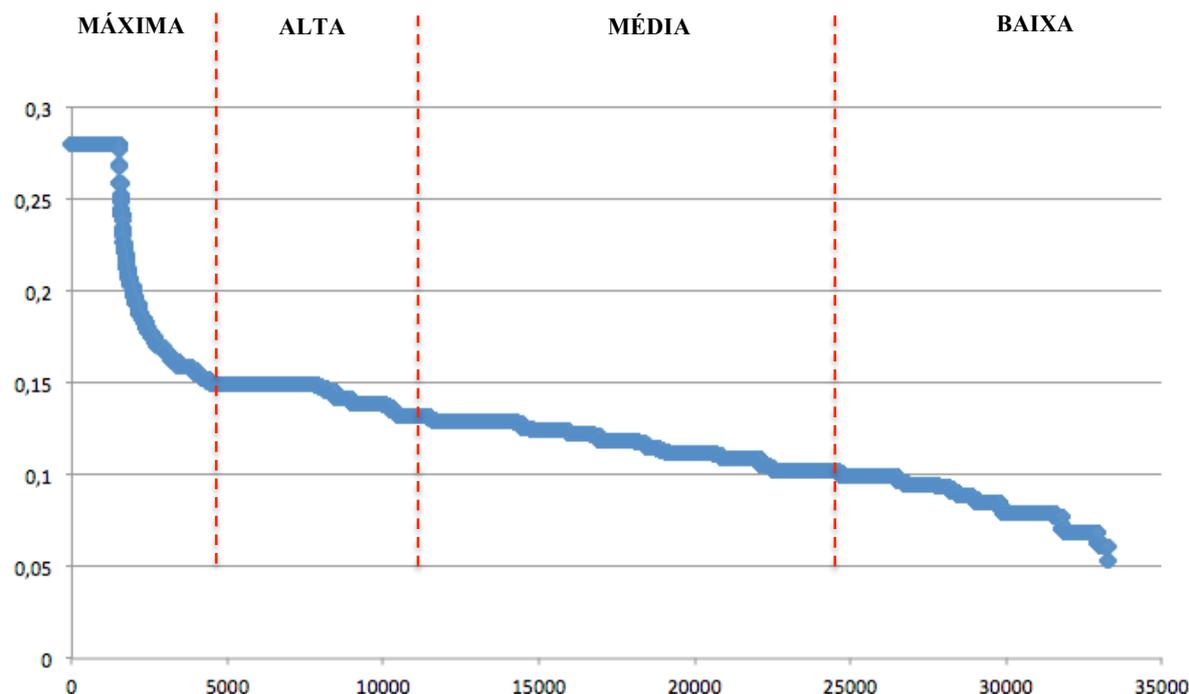
Após este filtro inicial, as amostras foram refinadas e realizadas novas exclusões criteriosas de dados que poderiam causar interferência. Os dados que apresentaram um grande afastamento das restantes ou que foram considerados inconsistentes foram designados por *outliers* e retirados da avaliação.

## RESULTADOS

O gráfico de dispersão da **Figura 4** apresenta os resultados do estudo, onde os valores do eixo Y representam os índices de prioridade de troca dos hidrômetros determinados por meio da análise multicritério, e o eixo X, representa quantidade de ligações.

A partir dos dados que deram origem ao gráfico da sequência pôde-se verificar que: 4.510 ligações foram classificadas em prioridade máxima de troca, 10.234 ligações em prioridade alta, 14.310 ligações em prioridade média, 6.255 em prioridade baixa e 1.710 do total de 37.019 ligações não foram avaliadas em função dos critérios de exclusão apresentados.

**Figura 4 – Índices de Prioridade de Troca X Ligações**



Os resultados finais acerca da priorização e classificação para troca foram disponibilizados em uma tabela conforme exemplo hipotético da Tabela 7 da sequência, pois por questões de confidencialidade a tabela com os dados reais dos clientes, de forma discreta, não poderá ser demonstrada neste artigo.

**Tabela 7 – Exemplo da tabela de resultados**

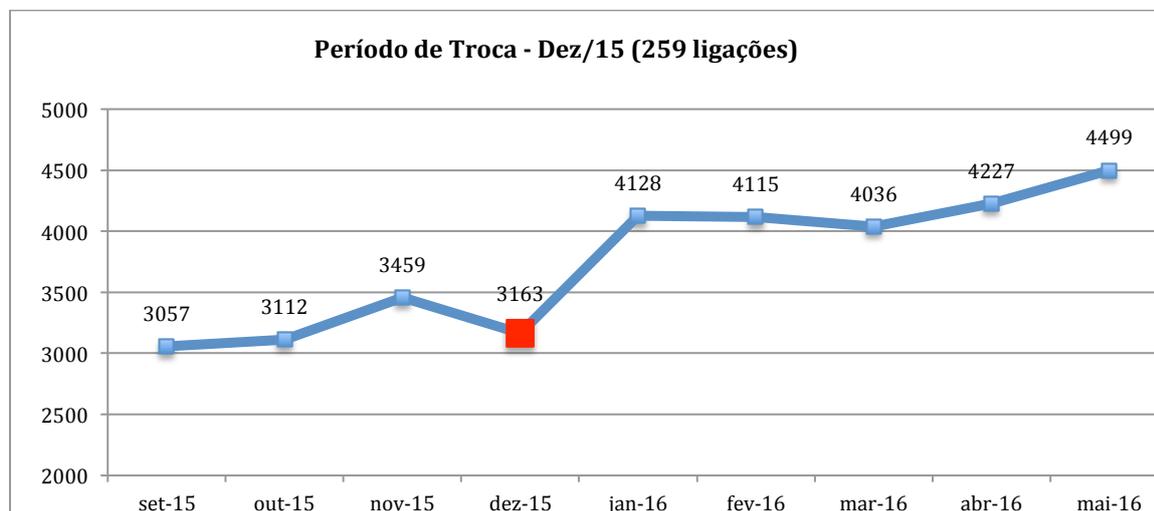
CodCliente/End, etc	Classificação	Índice de Prioridade	Classe Troca
	1	0,280	MÁXIMA
	...	...	...
	4.511	0,140	ALTA
	...	...	...
	14.745	0,125	MÉDIA
	...	...	...
	29.055	0,086	BAIXA
	...	...	...

A partir da tabela de resultados, conforme modelo Tabela 7, por meio de um processo automatizado estão sendo geradas ordens de serviço de troca, e a execução das trocas vêm sendo efetuadas desde o início do mês de Dezembro/2015.

Na sequência apresentam-se os resultados de incremento de volume de água micromedido para as trocas realizadas nos meses de Dezembro/15, Janeiro/16 e Fevereiro/16.

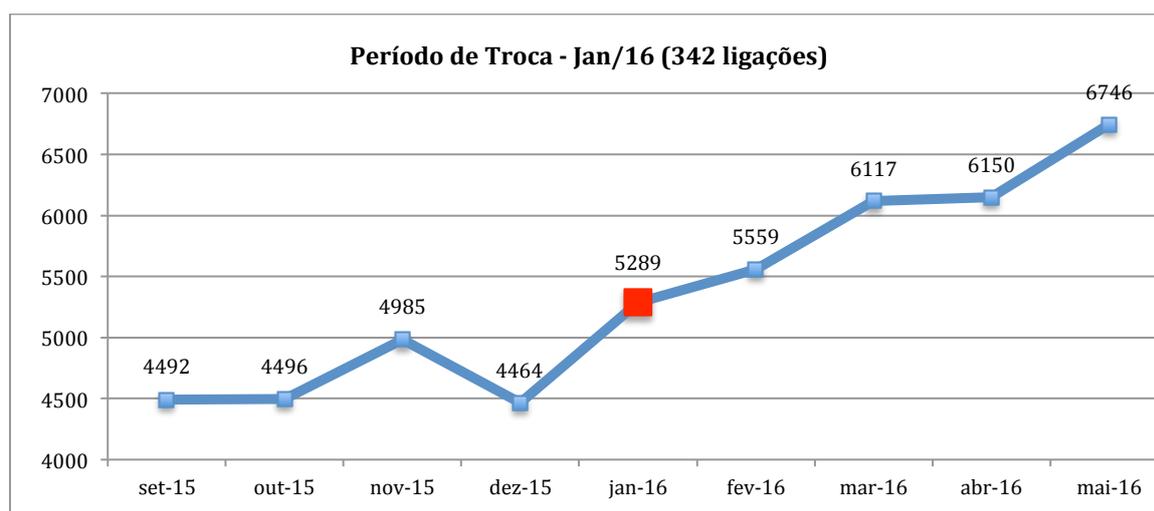
No mês de Dezembro/15 foram realizadas 330 trocas de hidrômetros, sendo que em 71 ligações (21,52%) não houve incremento de volume micromedido e em 259 casos (78,48% das trocas) houve incremento variável de volume que de forma acumulada resultou em um incremento médio de 30,89%. O gráfico da Figura 5 da sequência apresenta o consumo mensal acumulado antes e após a troca para essas ligações que apresentaram incremento na micromedição.

**Figura 5 – Consumo Mensal (m<sup>3</sup>) – Hidrômetros substituídos em Dezembro/15**



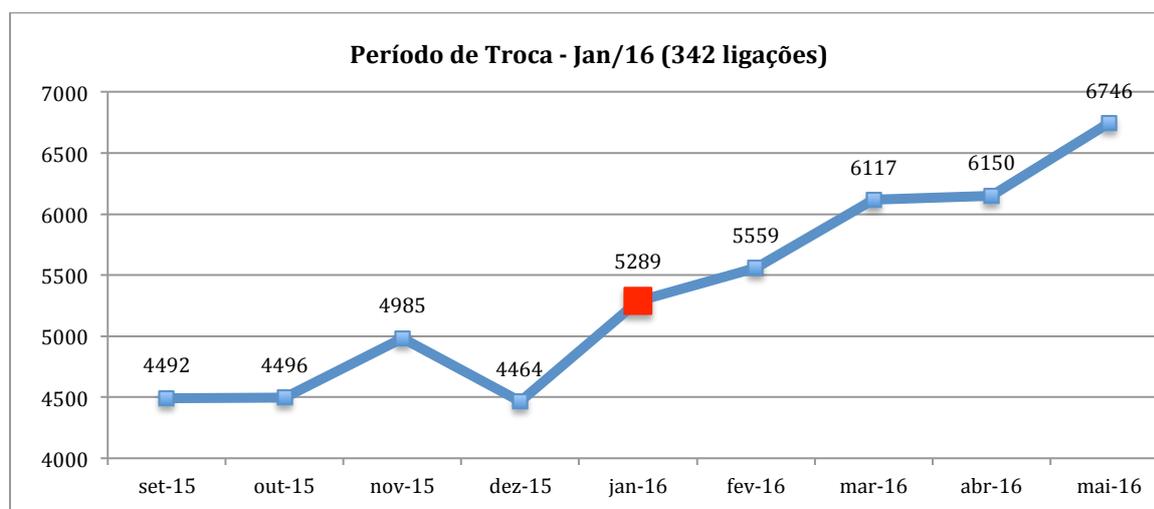
No mês de Janeiro/16 foram realizadas 459 trocas de hidrômetros, sendo que em 117 ligações (25,49%) não houve incremento de volume micromedido e em 342 casos (74,51% das trocas) houve incremento variável de volume que de forma acumulada resultou em um incremento médio de 33,27%. O gráfico da Figura 6 da sequência apresenta o consumo mensal acumulado antes e após a troca para essas ligações que apresentaram incremento na micromedição.

**Figura 6 – Consumo Mensal (m<sup>3</sup>) – Hidrômetros substituídos em Janeiro/16**



No mês de Fevereiro/16 foram realizadas 997 trocas de hidrômetros, sendo que em 228 ligações (22,87%) não houve incremento de volume micromedido e em 769 casos (77,13% das trocas) houve incremento variável de volume que de forma acumulada resultou em um incremento médio de 27,95%. O gráfico da Figura 7 da sequência apresenta o consumo mensal acumulado antes e após a troca para essas ligações que apresentaram incremento na micromedição.

**Figura 7 – Consumo Mensal (m<sup>3</sup>) – Hidrômetros substituídos em Fevereiro/16**



De maneira geral, no período avaliado (Dezembro/15 a Fevereiro/16) foram realizadas 1786 trocas de hidrômetros, sendo que em 1370 ligações (76,70%) houve incremento variável de consumo que de forma acumulada, resultou em um incremento médio de consumo da ordem de 27%.

É intenção dos autores, numa evolução desta pesquisa, avaliar os resultados financeiros alcançados por meio da aplicação do método aqui apresentado, para isto faz-se necessário um histórico de consumo de maior período após troca para melhor avaliação dos resultados financeiros alcançados.

## CONCLUSÃO

O método de avaliação aqui apresentado representa uma importante ação no controle e redução de perdas aparentes de água, haja vista que a implantação de um plano eficiente de troca de hidrômetros corrobora sobremaneira com a redução dos volumes submedidos e consequentemente com o impacto negativo desta submedição no faturamento do DAE-SCS, influenciando diretamente a saúde financeira e a sustentabilidade operacional da empresa.

Sendo o hidrômetro a principal ferramenta geradora de receitas da empresa, uma eficiente gestão do parque de hidrômetros garantirá um faturamento otimizado, diminuindo os volumes submedidos, haja vista que a deficiência metrológica dos hidrômetros é uma das principais causas das perdas aparentes dos sistemas de abastecimento.

Diferentemente das fraudes e irregularidades, que também impactam as perdas aparentes mas dependem de uma ação externa, a gestão dos hidrômetros depende exclusivamente das ações praticadas pelo próprio DAE-SCS e apresentam impacto rápido e direto no aumento de receita e na redução das perdas aparentes.

O estudo demonstrou que dentre os diversos fatores que podem influenciar o erro de medição dos hidrômetros está o uso com tempo superior à vida útil do equipamento, porém não apenas a idade do hidrômetro deve ser levada em conta no planejamento de troca de medidores, e que o uso da teoria de regressão linear pode propiciar uma análise profunda dos dados de consumo e pode ser um suporte importante na estimativa de submedição.

Para concluir, vale mencionar que a renovação do parque de hidrômetros inicialmente deve acarretar um aumento significativo da receita e posteriormente pode haver uma queda devido à eliminação de desperdícios por parte dos clientes, mas acredita-se que manter-se-á a receita ainda acima da anterior a substituição. O cliente quando percebe um aumento na conta tende a controlar e reduzir desperdícios e sanar pequenos vazamentos, no entanto não conseguirá evitar consumos necessários e anteriormente não registrados pelos hidrômetros, assim indiretamente pode haver um aumento da oferta de água tratada, sem investimentos no aumento do volume importado.

## **RECOMENDAÇÕES**

A eficiência da micromedição é importante não apenas pelo aspecto técnico que permite quantificar o volume de água tratado, distribuído e faturado auxiliando o controle do processo, mas também para promover uma cobrança justa junto ao cliente. Em face disso é fundamental o conhecimento de alguns conceitos, definições, concepções e características dos medidores para embasar o desenvolvimento de ações preventivas e/ou corretivas para otimização da medição e para o combate as perdas aparentes.

Segundo as normas brasileiras, os medidores são classificados metrologicamente como A, B ou C. Esta classificação indica a sua sensibilidade que é determinada pela vazão mínima e a vazão de transição, sendo o medidor de classe A, o menos preciso, e o medidor de classe C o mais preciso.

Cabe ressaltar que vazão de transição é a vazão, em escoamento uniforme, que define a separação entre as faixas superior e inferior de medição, a vazão mínima é a menor vazão em que o hidrômetro fornece indicações sem que existam erros superiores aos erros admissíveis.

O funcionamento adequado dos hidrômetros também está associado às características construtivas, a existência ou não de defeitos de fabricação, as interferências externas relacionadas ao próprio processo de abastecimento ou ainda a sua instalação. Tais interferências podem acarretar a redução do tempo de vida útil do medidor, sendo fundamental garantir a eficiência do parque de hidrômetros. Neste contexto indica-se ações que visem a minimizar os erros associados a medição, seja pela melhoria da qualidade dos hidrômetros, pela sua adequação ao consumo ou pela troca nas situações de desgaste, além de minimizar as fraudes e irregularidades e monitorar os consumos.

Os hidrômetros devem obedecer os critérios preestabelecidos pelas normas, e possuir rígidos processos de qualidade na fabricação e para garantir isto a aquisição de tais equipamento devem ser apoiadas em especificações técnicas rigorosas nos processos licitatórios e deve haver um processo bastante criterioso no recebimento dos equipamentos adquiridos pela autarquia, pois pode haver variações significativas em hidrômetros de mesma marca e até mesmo de um mesmo lote.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. TSUTIYA M.T. Abastecimento de água - Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 4ª edição, p.507 -508, 2006.
2. NETO, A. (1998). Manual de Hidráulica. Edgar Blucer Ltda, v 2, 8 ed, São Paulo, 1.988