



**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



81 - EFETIVIDADE DAS TROCAS PREVENTIVAS DE RAMAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA – ESTUDO DE CASO: 12 ANOS DE IMPLANTAÇÃO

Regiane Garcia⁽¹⁾

Tecnóloga em Hidráulica e Saneamento Ambiental pela FATEC, Secretária Executiva pelo Centro Universitário de Santo André – UNIA, Gerente da Divisão de Controle de Perdas da Unidade de Negócio Centro da Cia. De Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP

Vanessa Viana de Almeida

Aluna do 8º semestre do curso de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental pela FATEC, Engenheira Ambiental pela UNICID

Robson Fontes da Costa

Orientador do presente trabalho de conclusão do curso de Tecnologia em Hidráulica e Saneamento Ambiental da FATEC, Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Centro Paula a Souza, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública de São Paulo e Especialista em Engenharia de Projeto de Válvulas Industriais pela Faculdade de Mecatrônica da Politécnica de São Paulo, Engenheiro Civil com ênfase em Saneamento, graduado pela Universidade Cruzeiro do Sul e graduado em Tecnologia em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo .

Endereço⁽¹⁾: Rua Antônia de Queiros, 218 – Consolação – São Paulo - SP - CEP: 01307-010 - Brasil - Tel: +55 (11) 3138-5417- e-mail: rgarcia@sabesp.com.br.

RESUMO

O estudo foi realizado como trabalho de conclusão de curso – TCC, do curso de Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental da Fatec São Paulo. Apresenta um estudo sobre o quanto a troca preventiva dos ramais de distribuição contribui efetivamente na redução das perdas de água, na redução dos vazamentos e se é viável financeiramente. Para desenvolvimento deste trabalho foi feita uma ampla pesquisa bibliográfica sobre as perdas de água, com foco maior nas perdas reais. A metodologia compreendeu o levantamento de dados históricos do período de 12 anos utilizando banco de dados e ferramentas de georreferenciamento, comparando as trocas de ramais executadas no Polo de Manutenção de São Mateus e mais dois Polos de Manutenção na região central da Cidade de São Paulo. O Polo de São Mateus fez um trabalho diferenciado com amplo planejamento e incluindo a troca também do pé do cavalete. Após a conclusão da pesquisa constatou-se que a prática da troca preventiva do ramal de distribuição é eficaz por todos os ângulos observados, representando efetiva redução da perda de água, redução dos vazamentos e representando um eficiente retorno financeiro, e quando se insere a troca do pé do cavalete o retorno se mostrou ainda mais vantajoso.

PALAVRAS-CHAVE: Troca de ramal de água, vazamento, infraestrutura, cavalete, ramal

INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações das empresas de saneamento em todo o mundo é a utilização eficiente dos recursos hídricos. No cenário onde a água se apresenta cada vez mais escassa a redução do nível de perdas se torna fator essencial para garantir um uso sustentável da água, com disponibilidade para futuras gerações, além da manutenção do negócio.

Segundo relatório do SNIS – Sistema Nacional de Informações do Saneamento, de 2017 o Brasil possui um índice de perdas na distribuição de 38,3%, o estado de São Paulo perde 35,3% e a cidade 35,59%. A média dos países da América Latina é de 43,03% (ADERASA – Asociación de Entes de Reguladores de Agua Y Saneamiento de Iás Américas, 2016).

Segundo TARDELLI (2016) os indicadores de perdas de água de um sistema indicam se a operação e manutenção estão sendo bem conduzidas.

Até o ano de 2000 não se existia uma definição clara sobre as perdas e seus componentes, assim a IWA – International Water Association propôs uma estrutura de balanço hídrico para padronizar de forma clara a questão. Uma das definições foi sobre os tipos de Perdas, segundo ALEGRE (2006) as perdas reais são compostas de vazamentos nas tubulações e extravasamento nos reservatórios e as perdas aparentes de erros de medição, fraudes e falhas no sistema comercial.

As Perdas Reais de Água ou Perda Física é a fatia do problema que precisa ser olhado com a maior preocupação, quando se pensa em um problema ambiental, uma vez que essa é a água perdida de fato, além de na maioria dos sistemas ser a maior parcela da perda. Em 2016 a perda em São Paulo estava estimada em 67% reais e 33% aparente (TARDELLI, 2016).

Sabe-se que a perda de água não é algo imóvel, não existe cenário onde se alcance um patamar onde nada mais precise ser feito, se as empresas não fazem nada ela sobe. Um estudo feito pela Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo em 2014 mostra que se nada for feito em 2 anos o sistema entraria em colapso, somente considerando os vazamentos não visíveis. (ABES, 2015).

Muitas são as ações paliativas que são tomadas para melhorar ou pelo menos conter o aumento do volume perdido como, controle de pressão através de Válvulas Redutoras de Pressão, pesquisa ativa de vazamentos não visíveis, agilidade e qualidade nos reparos. Porém para obter resultados mais efetivos e de longo prazo é necessário a renovação da infraestrutura.

As perdas reais acontecem nas adutoras que levam a água até os reservatórios, nos extravasamentos dos reservatórios de distribuição, nas redes de distribuição e nos ramais de ligação domiciliar. Os maiores volumes perdidos são nos vazamentos de rede, porém por terem uma vazão maior esses vazamentos são rapidamente identificados. Já os ramais domiciliares por terem uma grande quantidade de conexões se tornam o ponto mais vulnerável para vazamento, e por terem uma vazão menor seus vazamentos são mais difíceis de aflorarem, e assim demoram mais para serem localizados, sendo que alguns passam anos vazando sem que ninguém perceba. Essa característica torna o ramal um dos vilões das perdas reais de água.

Em 2005 a Sabesp começou a atuar com um novo tipo de contratação denominada Global Sourcing, modalidade de contrato que permite às empresas ganhos de vantagens competitivas, reduzindo custos, aprimorando qualidade e possibilitando maior poder de negociação junto aos fornecedores. E a partir deste momento começaram a realizar o serviço de troca preventiva de ramal, algo que não era prática até então. (FIORINDO, 2010).

Nosso estudo irá abordar o Polo de Manutenção de São Mateus, um dos polos da Região Metropolitana de São Paulo, localizado na zona leste, com 212.113 ligações de água, que traçou uma estratégia para utilizar da forma mais efetiva possível essa disponibilidade do novo contrato, uma vez que a renovação de infraestrutura demanda alto custo. Após quatro anos de trabalho os resultados alcançados foram muito significativos chegando à redução de 73% do número de vazamentos de ramal e 43% do índice de perdas, o que levou o trabalho a ser apresentado no Congresso da IWA como um case de sucesso.

REVISÃO DA LITERATURA

QUANTIFICANDO PERDAS DE ÁGUA

Para o estudo apresentado neste trabalho o foco é a Perda Real. Quando falamos de perdas reais, ou perdas físicas a IWA define no balanço hídrico três tipos de perdas:

- Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição;
- Vazamento nos ramais prediais;
- Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos.



Resumindo, a perda real é o volume de água perdido nos vazamentos. Esses vazamentos podem ser divididos em visíveis e não visíveis. Os visíveis são aqueles que afloram, de fácil detecção pelos clientes ou funcionários de empresa responsável pelo saneamento do local. Os não visíveis são os vazamentos que não afloram e se dividem em mais duas categorias, os detectáveis e os indetectáveis chamados também de inerentes. Os vazamentos detectáveis são aqueles que os equipamentos de pesquisa de vazamento conseguem detectar através do ruído. Já nos inerentes os equipamentos de detecção acústico não consegue localizar.

Na tabela 1 podemos verificar os tipos de vazamento conforme definição do TSUTYA.

Tabela 1 - Característica dos vazamentos

Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Fonte: TSUTYA

Entre as principais causas de vazamentos podemos destacar as pressões elevadas ou sua variação, má qualidade de materiais, mão de obra sem o devido preparo para instalação e manutenção das redes e ramais de água.

As altas pressões no sistema de distribuição de água é um dos grandes causadores de vazamento (TSUTIYA, 2006). Segundo DINIZ (2012) a vazão dos vazamentos se relaciona exponencialmente com a pressão. Em 2008 PARACAMPOS disse que 40% das redes de distribuição da cidade de São Paulo possuíam pressões acima de 60 metros de coluna d'água. A alta pressão em conjunto com a idade avançada das redes e ramais da cidade tem grande impacto no volume de água perdida.

Para o aprimoramento dos indicadores de perdas a IWA utiliza como uma das formas de medir perdas o Índice Infraestrutural de Perdas, em inglês *Infrastructure Leakage Index* (ILI).

O ILI mostra a relação entre o nível de perdas do sistema daquele momento e o nível mínimo aceitável utilizando como base sistemas bem operados na Europa, ou seja, quantas vezes o seu sistema está pior do que seria o ideal.

Com teste em distritos pitométricos na Inglaterra e País de Gales durante a década de 1990 definiu-se parâmetros para o cálculo de perdas inevitáveis anuais (LAMBERT, 2009). Esses valores foram checados na Alemanha, Áustria, Austrália e Nova Zelândia.

A tabela 2 (LAMBERT et al, 1999 apud SOARES, 2010) apresenta valores estimados das vazões de vazamento numa pressão de 50 mca, conforme o tipo de vazamento, lembrando que a pressão influencia no volume perdido.

Analisando a tabela podemos verificar que foi estimado para vazamentos inevitáveis em redes com pressões de 50 mca. Três vazamentos de ramais a cada 1000 ligações por ano e 0,13 vazamentos de rede a cada km por ano, desses vazamentos inevitáveis na rede 5% seria não visível com 50 dias aproximadamente de duração, e nos vazamentos de ramais esse número sobe para 25% com 100 dias de duração.

A vazão média de um vazamento visível na rede é de 12m³/h enquanto o dos não visível é de 6m³/h. O vazamento no ramal tem uma vazão média de 1,6m³/h tanto no visível como no não visível. A vazão típica de vazamento foi baseada em dados publicados no Reino Unido, Brasil e Alemanha (Lambert, 2009).

Tabela 2 - Valores usados como parâmetro para cálculo das perdas reais inevitáveis anuais

Componentes da Infraestrutura	Vazamentos Inerentes	Vazamentos Visíveis	Vazamentos Não Visíveis
Redes	20 litros/Km/h*	0,124 arrebitados/Km/ano a 12 m ³ /h* com 3 dias de duração	0,006 arrebitados/Km/ano a 6 m ³ /h* com 50 dias de duração
Ramais até a testada da propriedade	1,25 litros/ramal/h*	2,25/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 8 dias de duração	0,75/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 100 dias de duração
Ramais após a testada da propriedade (extensão média de 15m)	0,50 litros/ramal/h*	1,5/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 9 dias de duração	0,50/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 101 dias de duração

Fonte: Adaptado por Melato (2010) de Lambert et AL (1999)

Segundo TARDELLI¹ (2018-Citação Verbal) as perdas de água possuem um crescimento natural, se nada for feito as perdas sobem naturalmente, além disso para se obter um resultado positivo é necessário que as ações sejam o suficiente para compensar essa degradação natural. Conforme as tubulações vão envelhecendo automaticamente elas se deterioram e o número de vazamentos tanto em rede quanto ramal vão aumentando gradativamente. Para quantificar esse crescimento é necessário ensaios em campo, levando em consideração o material utilizado, o método da instalação e a idade das redes e ramais.

1 TARDELLI FILHO, Jair. ABES – CT Perdas e Eficiência Energética – Palestra: Gestão Eficiente. Rio Water Week 2018 – Rio de Janeiro 2018 (informação verbal).

LIGAÇÃO PREDIAL

Um dos focos de perdas reais de água é nas ligações prediais, que é o conjunto de tubulações que tem a finalidade de comunicar hidráulicamente a rede pública de distribuição de água potável da concessionária responsável pelo abastecimento a instalação predial do consumidor (TSUTIYA).

A ligação predial, é composta de um dispositivo de tomada, um ramal predial e um cavalete, que suporta um medidor. O dispositivo de tomada é o conjunto de peças destinadas a permitir a conexão do ramal predial à tubulação da rede pública de distribuição (TSUTIYA), ele pode ser por tomada direta, por colar ou ferrule.

O sistema de tomada direta, menos usual na cidade de São Paulo é aplicável em redes de ferro fundido de parede relativamente espessa, normalmente se trata de uma curva rosqueada diretamente no tubo, para sua instalação é necessário que a rede de abastecimento esteja vazia.

O sistema de tomada por colar é empregado em tubos de ferro fundido de parede fina ou nos tubos de PEAD, trata-se de um conjunto de peças que se prende a rede de distribuição, a furação do tubo é feita posteriormente por aparelho especial.

O sistema de tomada com ferrule é empregado em tubos de ferro fundido de parede grossa como a tomada direta, no entanto com a vantagem de poder ser feito com a rede em carga, é uma peça com base, corpo, vedador e tampa e é colocado com uma máquina especial de furar.

O ramal predial de água é o trecho entre a tomada e o cavalete de medição, normalmente fica em posição perpendicular ao alinhamento da rua. (TSUTYIA)

No passado a maioria dos ramais prediais instalados na Região Metropolitana de São Paulo era de ferro fundido ou PEAD, sendo que hoje todos os ramais novos de ligações comum instaladas ou renovadas na região metropolitana são de PEAD.

MATERIAIS UTILIZADOS NOS RAMAIS

Alguns tipos de materiais podem ser empregados nas tubulações de água, sendo os mais utilizados o polietileno de alta densidade (PEAD) e o ferro fundido. Ao longo dos anos o ferro fundido tem se mantido em serviço por ser resistente, porém, possui a desvantagem de ser pesado e propenso a corrosão. Já o PEAD, com sua aplicação relativamente mais recente, possui inúmeras vantagens, sendo mais leve, flexível, resistente a corrosão e, com menor custo. Contudo, qualquer um dos materiais, pode apresentar falhas de natureza distintas, entretanto, para os materiais plásticos, incide a questão da variação de suas propriedades em relação ao tempo e temperatura. (PERES, 2005)

Os principais fatores que influem na vida útil da tubulação são: materiais, ambientais, carga e instalação. O entendimento das causas de fraturas precoces pode favorecer a prevenção, evitando assim que se proceda a perdas nos sistemas. (PERES, 2005).

A Sabesp iniciou as aplicações de polietileno em ramais prediais em 1976 (Peres, 2005), mas o material ainda não tinha normas e padrões para sua utilização, o PEAD preto fornecido estava misturando materiais recicláveis à resina com o objetivo de baratear o custo de produção, isso fez com que fossem instalados uma grande quantidade de ramais de água de baixa qualidade, o que fez com que os ramais tornassem-se um grande problema para as perdas de água.

Em 1993 a Sabesp contratou empresa especializada para fazer um estudo sobre suas perdas de água, a conclusão dessa empresa foi que 47,6% das perdas eram em vazamentos de rede ou ramais e desses 95% são nos ramais. (ROCHA, 2001) Dos casos investigados 80% eram ramais de PEAD, boa parte destes ramais apresentavam mais de um ponto de fuga, sendo que 62% apresentaram vazamento no ferrule, 49% no próprio tubo e 46% nas conexões.

Segundo ROCHA (2001) a partir destes resultados foram feitos um análise em laboratório de 270 ocorrências de falha para detectar os motivos, foram encontrados microfuros no trecho central do tubo devido a má qualidade de fabricação do material; corte na extremidade do tubo provado pelo adaptador devido a má qualidade do PEAD, má qualidade do adaptador e falha na execução; desengate da extremidade do tubo por movimentação do tubo ou falha na execução; furo no tubo provocado por equipamento que estrangula o fluxo de água, e furo provocado por elemento perfurante no solo; falta de estanqueidade da junta mecânica; trinca em adaptador e esforço de flexão; trinca nos componentes; e deslocamento do colar de tomada.

Colocando as falhas em um gráfico de Pareto detectou se que 70,4% eram falhas no tubo e 23,9% eram no adaptador.

Levando isso em consideração, a SABESP, passou a utilizar somente tubulações na cor azul, com objetivo de dificultar visualmente a inserção de outros componentes não permitidos na confecção do tubo, além de diferenciar visualmente os tubos das normas antigas e novas, e ainda reduzir a resistência da força de trabalho em utilizar o PEAD, que na concepção deles era um material sem qualidade.

Somente em 2003, a Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas, a ABPE iniciou os estudos junto com o Centro de Caracterização de Materiais da Universidade Federal de São Carlos com o objetivo de



**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



criar padrões normativos para garantir a vida útil de pelo menos 50 anos do material PEAD (Marcondes, 2016).

FALHAS NOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Segundo Rocha (2001), as falhas na execução tanto da implantação do ramal como na sua manutenção também são responsáveis pelas perdas de água. No caso dos ramais de PEAD que são hoje a maioria pode-se destacar:

- Utilização de equipamento para interromper o fluxo de água, conhecido pelos operacionais como capa bode, esse equipamento causa um estrangulamento no tubo o que torna esse ponto um ponto vulnerável a posteriores vazamentos. Esse equipamento já foi praticamente abolido na Sabesp, mas ele ainda é utilizado em empresas fora de São Paulo.
- Falta de envoltório de areia, o tubo de PEAD precisa ficar protegido de pedras ou materiais pontiagudos dentro da vala, pois esses materiais com o passar do tempo e a vibração do terreno causam fissuras na tubulação, uma camada protetora de areia evita esse tipo de problema na tubulação.
- Má compactação, um solo mal compactado também aumenta a vibração sobre tubo, prejudicando não só a tubulação como também favorecendo que haja escape das conexões.
- Aplicação de torque excessivo nas conexões, o que pode causar corte no tubo e perda da capacidade de vedação da própria conexão.
- Utilização de tubo muito esticado, o PEAD é um material que possui uma movimentação de dilatação e compressão do tubo conforme a temperatura, além de estar sujeito a vibração do solo, um tubo muito esticado está propenso a soltar das conexões em suas extremidades.

Para todos esses problemas de execução a solução é uma mão de obra bem treinada na execução do serviço.

METODOLOGIA

Em 2004 na RMSP a Sabesp estava reparando, em média, cerca de 1000 vazamentos por dia, dos quais 53% eram vazamentos de ramal. O índice de perdas da Unidade de Negócio Centro em 2005 era de 0,588 m³/ligação/dia, sendo as perdas reais responsáveis por mais de 60% deste índice. (FIORINDO, 2010)

Neste mesmo ano com a introdução de uma nova modalidade de contratação de serviços, Global Sourcing (modalidade de contrato que permite às empresas ganhos de vantagens competitivas, reduzindo custos, aprimorando qualidade e possibilitando maior poder de negociação junto aos fornecedores), houve a possibilidade da execução do serviço de Troca Preventiva de Ramal de Água.

No Polo de Manutenção de São Mateus havia um grupo formado pelo então gerente da área, o encarregado da célula de água e alguns funcionários operacionais. Esse grupo era responsável por estudar e elaborar ações com objetivo de reduzir as perdas de água do Polo de Manutenção (FIORINDO, 2010).

Uma das ações desenvolvidas por esse grupo foi a Troca de Ramal de Água por Arrastão, que consistia em trocar todos os ramais de uma área previamente estudada, esse trabalho teve um resultado muito significativo sendo inclusive apresentado no Congresso da IWA de 2010 como um case de sucesso.

O trabalho iniciou no final do ano de 2005. Para analisar o cenário foram utilizando Mapas Temáticos, conforme figura 6, contendo os vazamentos ocorridos no 1º semestre de 2005 e a informação de idade das redes do Polo de Manutenção, cruzando as informações de instalações mais antigas com as quadras com os maiores números de vazamento por semestre definiu-se a área onde seria iniciada a prática (FIORINDO, 2010).



A região escolhida possuía quadras com 7 a 12 vazamentos por semestre, era uma área predominantemente residencial e possuía 39.234 ligações em 27.223 ramais e fazia parte do setor de abastecimento de São Mateus, conforme figura 3.

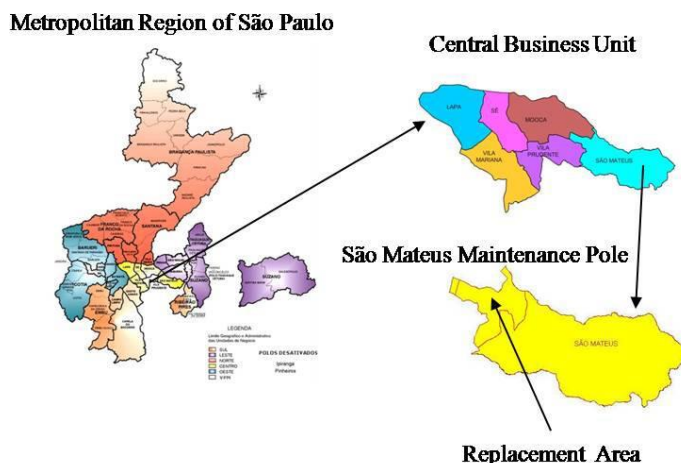


Figura 3 - Localização do trecho inicial do estudo
Fonte: Fiorindo et al (2010)

Na figura 4 o mapa temático do primeiro semestre de 2005, os pontos mais escuros apontam de 7 a 12 vazamentos na quadra por período:

Após a definição da área foi realizado um pré-trabalho que englobou levantamento de cada ligação nos bancos de dados corporativos da empresa para mapear: ligações inativas, imóveis com débitos e ramais trocados recentemente.



Figura 4 - Mapa temático de quantidade de vazamento de ramal
Fonte: Fiorindo et al (2010)

Após o levantamento era encaminhada uma comunicação prévia para os clientes através de carta informando os serviços a serem realizados no imóvel, esta comunicação tinha por objetivo estreitar o relacionamento através de um canal adicional de contato, antecipando-se às necessidades e expectativas do cliente (Fiorindo, 2010).

Concomitantemente os imóveis que possuíam algum débito com a empresa era chamado a regularizar a sua situação para terem seus ramais também regularizados e não sofrerem com um possível corte no fornecimento.

O serviço era todo realizado por empresa terceirizada, através do contrato Global Sourcing. Após a comunicação a empresa contratada iniciou a execução das trocas preventivas dos ramais, acompanhando este serviço foram mantidos fiscais da Sabesp em tempo integral para esclarecer dúvidas dos clientes, dar apoio à contratada e fiscalizar para garantir que a execução ocorresse conforme Manual de Execução da Companhia.

De 2005 a 2007 foram trocados 25.779 ramais o que corresponde a 94,69% dos ramais existentes na área previamente definida, sendo a maioria das trocas por método não destrutivo, método que consiste em realizar a troca com a abertura de duas pequenas valas, uma sobre a rede e a outra próxima ao pé do cavalete (FIORINDO, 2010).

O controle era realizado semestralmente através dos mapas temáticos e relatórios de retrabalho que apontavam ramais trocados que voltaram a vaziar. O objetivo era detectar as falhas no processo de troca de ramal.

O primeiro problema detectado foi no adaptador que prendia o ramal ao pé do cavalete, ele se soltava quando o ramal era colocado em carga. Para solução do problema foi envolvida a área de controle tecnológico da Sabesp e o fabricante do adaptador, o fabricante melhorou seu processo de fabricação e trocou todas as peças que já haviam sido entregues na Sabesp.

Outro problema em peça detectado foi na Curva de PVC, elas estavam rachando com pouco tempo em carga, as curvas foram substituídas por conexões metálicas.

Porém a principal causa dos retrabalhos foram os vazamentos na corrida de ferro e pés de cavalete galvanizados que não haviam sido trocados. Os cavaletes e as corridas também eram de ferro e tão antigos e deteriorados quanto os ramais trocados, conforme figura 5. Quando era executada a troca do ramal consequentemente havia movimento nessas peças o que causava vazamento.



Figura 5 - Pé de Cavalete Galvanizado

Fonte: Fiorindo et al (2010)

No segundo semestre após as trocas notou-se que não houve redução considerável na quantidade de vazamentos da área, e a constatação era que as trocas estavam causando vazamentos nas corridas, portanto seria improdutivo realiza-las sem que a corrida também fosse trocada.

Em reunião com a contratada definiu-se que todas as corridas e os pés dos cavaletes galvanizados deveriam ser trocados junto com os ramais, e que não deveriam ocorrer emendas.

O método de execução de Trocas Preventivas de Ramais por Arrastão ainda possuía funções paralelas como atuar em Ligações Inativas, que no caso de ligações com fraude era dada a oportunidade de regularização ao cliente e nos casos onde a ligação era confirmada inativa ou o cliente não tinha interesse em regularizar a situação o ramal era suprimido no ferrule, eliminando assim a possibilidade de vazamento em ramais abandonados, foram executados 1.329 supressões no ferrule no primeiro ano do trabalho. Além disso, foram



detectadas diversas irregularidades nas ligações enquanto se executava a troca, como by pass e travamento de hidrômetros, com a troca do ramal sempre que se detectava a necessidade os hidrômetros também eram trocados, depois eram lacrados com lacre metálico para dificultar as fraudes após a execução do serviço (FIORINDO, 2010).

Muitos dos ramais trocados estavam com vazamentos não visíveis. Foram encontrados também ramais que passavam por dentro de Galerias da PMSP com vazamentos que provavelmente levariam anos para serem detectados.

No final de 2007 encerraram-se as trocas preventivas na área delimitada e como a prática foi eficaz ela foi expandida. A área definida para o trabalho inicial possuía 39.234 ligações no setor de abastecimento São Mateus, depois o trabalho se expandiu para mais dois setores de abastecimento, o Sapopemba e o Derivação São Mateus. Juntos os três setores possuíam 113.564 ligações ativas.

Das 113.564 ligações até final de 2008 foram trocados 60.000 ramais.

Os mapas das figuras 6 e 7 mostram a redução do número de vazamentos nesta área.

O número de vazamentos no primeiro semestre de 2005 era de 3.453 e no primeiro semestre de 2009 foi de 932, ou seja, a redução foi de 73%

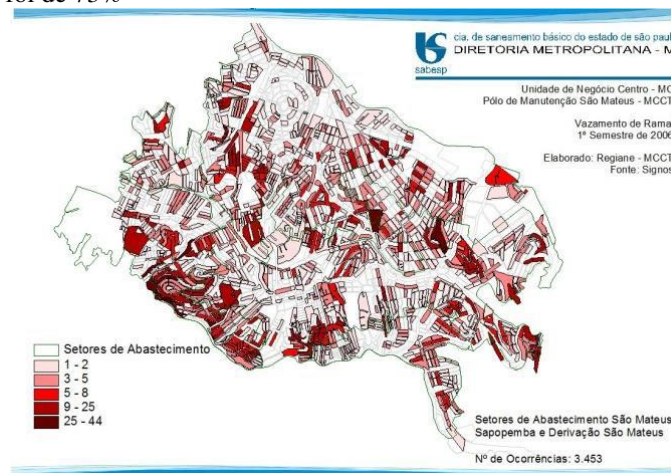
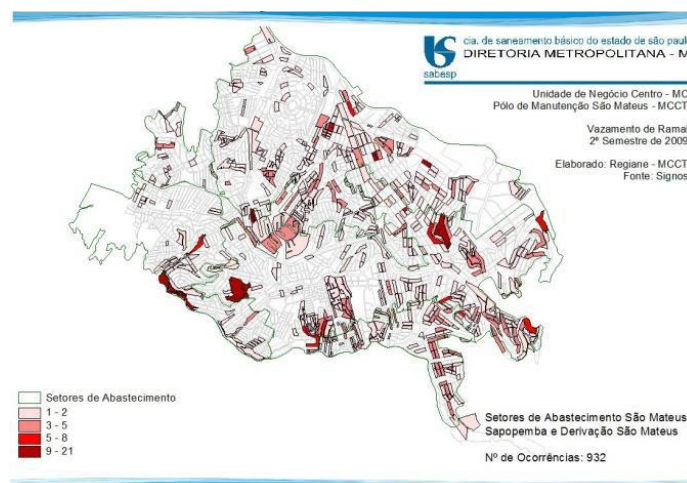


Figura 6 - Mapa de Vazamento de Ramal Antes das Trocas de Ramal
Fonte: Fiorindo et al (2010)





**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



Figura 7 - Mapa dos Vazamentos após as Trocas de Ramal

Fonte: Fiorindo et al (2010)

O índice de perdas nestes setores foi reduzindo consideravelmente, o gráfico da figura 8 mostra o índice de perdas em litros/ligação/dia.

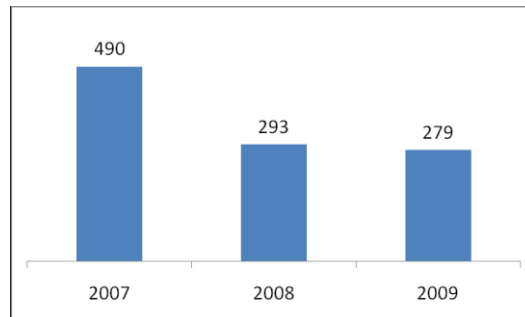


Figura 8- Gráfico do Índice de Perdas

Fonte: Fiorindo et al (2010)

O volume perdido, comparando janeiro de 2008 e janeiro de 2010, teve uma redução de 523.107 m³ por mês.

BOAS PRÁTICAS

A partir dos resultados apresentados, uma série de práticas passou a ser adotadas (SABESP) para a execução das trocas preventivas de ramais como:

- Definição prévia da área onde as trocas serão realizadas com base em diagnóstico através de Mapas Temáticos de vazamento.
- Pesquisa das ligações nos sistemas cooperativos para fazer levantamento das ligações inativas e com débito para prévia tratativa comercial, e das ligações novas para levantamento dos ramais que não precisam ser trocados.
- Envio de comunicado ao cliente para que tenha conhecimento sobre o serviço que será realizado em seu imóvel, assim como dos possíveis transtornos que podem ocorrer na rua, uma vez que serão vários ramais trocados ao mesmo tempo na mesma rua.
- Controle da execução e finalização da pavimentação do serviço.
- A obrigatoriedade do envoltório de areia, conforme figura 12.
- A realização do teste de estanqueidade, conforme figura 13, em todos os ramais trocados, para garantir a qualidade da execução do serviço.
- E a troca de todos os pés de cavalete

ESTUDO ATUAL

O Polo de Manutenção de São Mateus fica localizado na zona leste de São Paulo, sua população é majoritariamente de classe C com 131 núcleos de baixa renda e uma estimativa de 12.800 moradias com ligação direta. (SABESP, 2017) Em 2018 fechou o ano com 212.113 ligações de água, em 166.134 ramais, com um volume faturado de 3.558.210 m³ sendo 90% de consumo residencial e 10% de comercial, pública e industrial.



O volume faturado residencial está dividido em 91% de faturamento comum, e 9% de baixa renda e 65% das ligações possui consumo de até 10m³. (SABESP, 2018)

O Polo está dividido hoje em quatro setores de abastecimento, Sapopemba, São Mateus, Conquista e Jd. São Pedro. Possui algumas áreas cobertas por VRP, porém e em 77% da sua área a pressão passa dos 50mca. Conforme pode ser observado na figura 9.

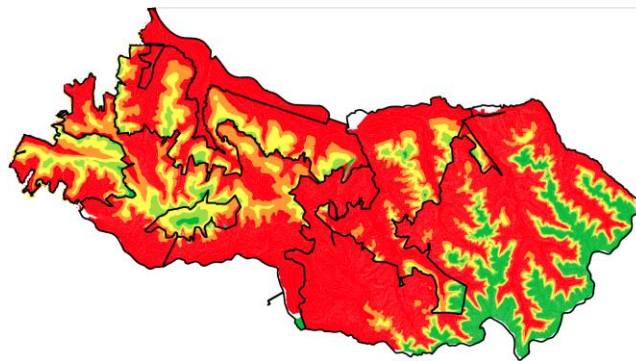


Figura 9 - Mapa de Pressão das Redes do Polo São Mateus
Fonte: Sabesp (2018)

Após as conclusões dos trabalhos apresentados na IWA em 2010 o Polo deu continuidade em suas trocas de ramais prosseguindo com a metodologia de arrastão, uma vez que os resultados observados haviam sido positivos.

Através de análise dos dados históricos do Sistema SIGAO, sistema utilizado pela Sabesp para registro de todos os serviços executados pela empresa, verificou-se a quantidade de trocas de ramais executados desde 2004, conforme a tabela 2 e figura 10.

Observa-se nesses números que as trocas de ramais iniciaram-se com intensidade no ano de 2006 e teve seu auge entre 2006 e 2011, e com uma redução significativa a partir de 2016. Conforme entrevista com os responsáveis pelo Polo a redução tem se dado pelo fato de não ter mais ramais antigos que necessitam ser trocados, além da redução significativa alcançada nos últimos anos do número de vazamentos de ramais o que não justifica mais o alto investimento realizado nos anos anteriores

Tabela 2 - Trocas Preventivas de Ramal São Mateus

Troca de Ramal			
Ano	Quantidade	Ano	Quantidade
2004	14	2012	7.583
2005	4.367	2013	7.036
2006	14.253	2014	8.870
2007	16.720	2015	7.896
2008	10.972	2016	5.981
2009	11.796	2017	4.470
2010	7.943	2018	3.365
2011	10.731	Total Geral	121.997

Fonte: do autor - baseado em dados sistema SIGAO-Sabesp (2019)

A quantidade de ramais da tabela trocados nos primeiros três anos é inferior ao citado no trabalho da IWA, pois parte da área onde foi realizado o trabalho de 2006 a 2008 foi transferida para outro Polo de Manutenção devido a uma nova divisão de áreas da Unidade de Negócio Centro.

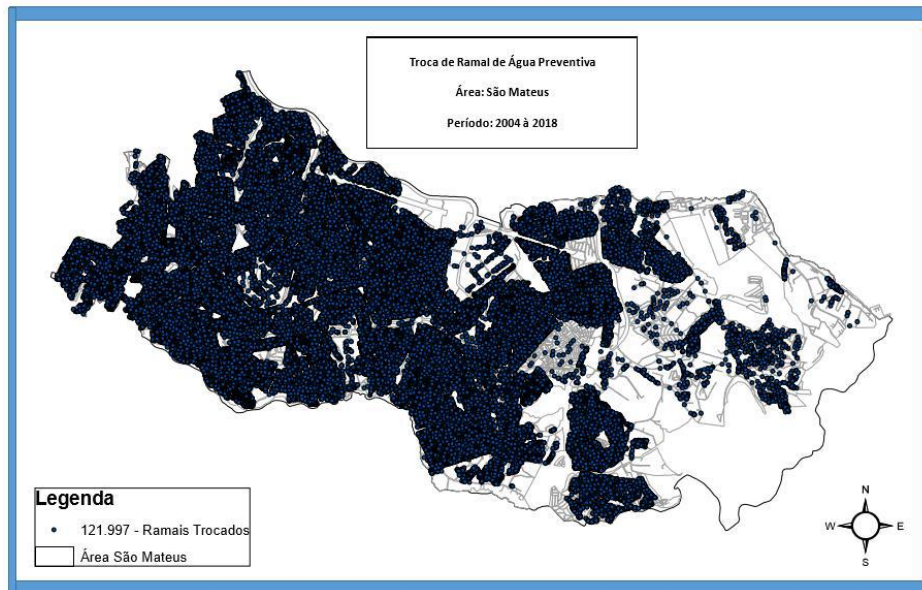


Figura 10 - Mapa Temático de Ramais Trocado

Fonte: do autor (2019)

A redução do número de vazamentos pode ser observada no gráfico, figura 11. Observa-se que o número de vazamentos de ramal vinha crescendo entre 2004 e 2006, com o início da redução dos vazamentos coincidindo exatamente com o início do programa de troca de ramais por arrastão.

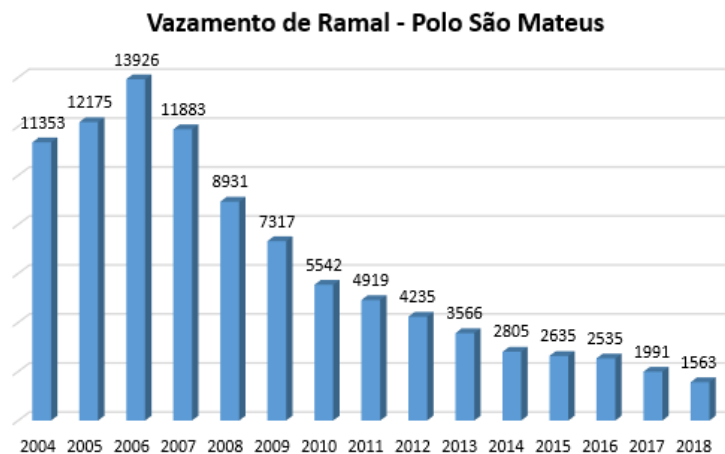


Figura 11 - Gráfico de vazamento de Ramal

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGAO-Sabesp (2019)

A redução de perdas de água no Polo São Mateus também apresentou uma redução significativa nos últimos anos, conforme observado na tabela 5, ressaltando que a troca de ramais não foi a única ação de perdas realizada no Polo nestes anos, houve também instalações de válvulas redutoras de pressão, trocas de redes e pesquisas de vazamentos, porém a ação feita com maior intensidade foram as trocas de ramais.

O resultado da redução de vazamento pode ser observado também na redução dos vazamentos localizados nas pesquisas de vazamentos não visíveis. No ano de 2007 o Polo realizou um trabalho de pesquisa de vazamento

não visível e em 62 km de rede pesquisadas foram encontrados 313 vazamentos, ou seja, 5 vazamentos por quilômetro, pesquisa realizada em 2018 localizou 0,22 vazamentos por quilômetro (SABESP, 2018).

Tabela 3 - Volume de água perdida em m³

Volum e Perdido	
Ano	m ³
2009	22.641.710
2010	20.953.119
2011	14.055.658
2012	11.515.664
2013	11.268.585
2014	10.993.449
2015	8.070.103
2016	11.623.531
2017	10.590.349
2018	10.633.150

Fonte: do autor – baseado em dados do sistema Net Perdas e SGP – Sabesp (2019)

Os outros Polos de Manutenção analisados estão localizados na região central de São Paulo, sua população é majoritariamente de classe A e B. Em 2018 fechou o ano com 191.909 ligações de água, com 563.973 economias, região amplamente verticalizada, com um volume faturado de 9.171.171 m³ sendo 77% de consumo residencial e 23% de comercial, publica e industrial. Possui 2.100 km de rede de água instalada, sendo 45% com idade entre 50 e 60 anos e 19% com mais de 60 anos de instalação (SABESP, 2018).

A tabela 4 mostra a quantidade de ramais trocados preventivamente de 2004 a 2018, a velocidade de troca na região central é um pouco mais lenta que a região de São Mateus devido às complexidades de trânsito, interferência e grande quantidade de pisos especiais nas calçadas. E a figura 12 mostra o comportamento dos vazamentos no ramal.

Tabela 4 - Troca Preventiva de Ramal na Região Central

Troca de Ramal			
Ano	Quantidade	Ano	Quantidade
2004	2963	2012	5127
2005	11041	2013	4498
2006	6008	2014	3991
2007	10060	2015	6095
2008	10391	2016	5789
2009	1908	2017	4651
2010	837	2018	5003
2011	2261	Total Geral	80.623

Fonte: do autor - baseado em dados sistema SIGAO-Sabesp (2019)



Vazamento de Ramal - Região Central

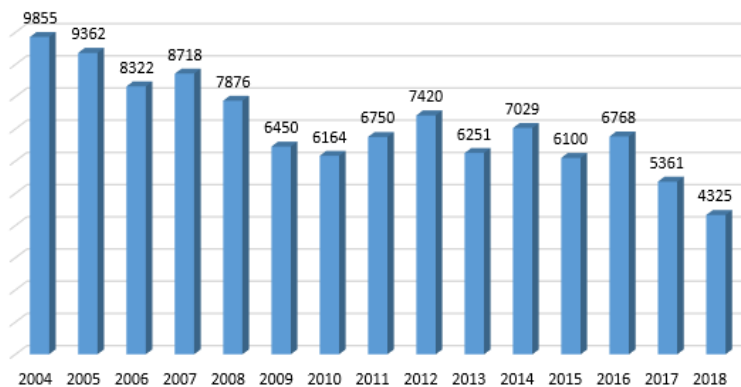


Figura 12 - Gráfico de vazamento de ramal

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGAO-Sabesp (2019)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de perdas de água nas duas áreas são difíceis de comparar, pois as áreas têm características bem diferentes, a principal delas é a idade das redes de abastecimento.

O contrato de execução das trocas preventivas de ramais possui exatamente a mesma configuração nas duas áreas, portanto vamos nos ater a comparar a troca de ramal em si. Embora os contratos fossem iguais a metodologia de execução foi diferente, enquanto São Mateus utilizou o método de arrastão trocando todos os ramais de uma determinada região os Polos da Região Central faziam as trocas preventivas de forma mais pontual, e a outra diferença foi que em São Mateus as trocas dos pés dos cavaletes começaram a ser realizadas a partir de 2006, enquanto que os outros Polos somente aderiram a prática em 2014. A dificuldade de adotar essa prática na região central foi principalmente pela resistência dos clientes quanto à reposição dos seus pisos especiais.

De posse dos bancos de dados das trocas de ramais e dos vazamentos, foi feito um cruzamento de dados para verificação dos ramais trocados, quantos voltaram a vazar levando em consideração o tempo de instalação em anos. Conforme observado nas tabelas 5 e 6.

No ano de 2005 quando ainda não se existia controle sobre as trocas de ramal em São Mateus 4,14% voltaram a vazar dentro do prazo de 5 anos. Na Região Central durante o período que não se realizava a troca do pé do cavalete os ramais que voltaram a dar problema ficou em torno de 5,5% de retrabalho nos primeiros cinco anos.

Para ser uma comparação mais precisa dos retrabalhos onde houve trocas de pé de cavalete e onde não houve, foi tirada a média dos retrabalhos de São Mateus desconsiderando o ano de 2015 onde o pé do cavalete não eram trocado e a média dos retrabalhos da Região Central de 2015 a 2018, período em que a prática já estava amplamente difundida também nessas áreas. Pode se observar na tabela 7 que o ramal onde foi trocado também o pé do cavalete está apresentado um retrabalho anual entre 0,40 e 0,50% ao ano. Já na região central onde o não houve a troca o retrabalho anual é de 1,20 a 1,50% ao ano, mais que o dobro da situação anterior.



Tabela 5 – Percentual de Ramais Trocados que vazaram por ano após a instalação - São Mateus

Ano da Troca do Ramal	TRA	% de Ramais Trocados que vazaram por ano de instalação - São Mateus													
		1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	8º Ano	9º Ano	10º Ano	11º Ano	12º Ano	13º Ano	14º Ano
2005	4.367	0,78	1,14	0,62	0,98	0,62	0,41	0,34	0,46	0,57	0,62	0,37	0,64	0,53	0,55
2006	14.253	0,40	0,55	0,61	0,39	0,41	0,39	0,53	0,41	0,46	0,46	0,50	0,42	0,44	
2007	16.720	0,55	0,60	0,35	0,28	0,35	0,33	0,45	0,28	0,30	0,35	0,31	0,26		
2008	10.972	0,49	0,46	0,40	0,47	0,48	0,57	0,47	0,57	0,67	0,50	0,51			
2009	11.796	0,36	0,55	0,46	0,62	0,39	0,51	0,54	0,67	0,53	0,52				
2010	7.943	0,50	0,48	0,54	0,40	0,30	0,53	0,64	0,34	0,57					
2011	10.731	0,47	0,35	0,32	0,31	0,37	0,42	0,34	0,25						
2012	7.583	0,50	0,32	0,32	0,46	0,33	0,26	0,25							
2013	7.036	0,38	0,37	0,53	0,48	0,24	0,37								
2014	8.870	0,20	0,47	0,45	0,38	0,35									
2015	7.896	0,39	0,42	0,41	0,22										
2016	5.981	0,42	0,42	0,23											
2017	4.470	0,27	0,27												
2018	3.365	0,21													

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGNOS-Sabesp (2019)

Tabela 6 - Percentual de Ramais Trocados que vazaram por ano após a instalação - Região Central

Ano da Troca do ramal	TRA	% de Ramais Trocados que vazaram por ano de instalação - Região Central													
		1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	8º Ano	9º Ano	10º Ano	11º Ano	12º Ano	13º Ano	14º Ano
2005	11.041	0,62	1,24	1,49	1,19	0,97	0,90	1,07	1,13	1,23	0,92	0,97	1,22	0,91	0,85
2006	6.008	0,85	1,30	1,25	1,28	0,83	1,38	2,41	1,53	1,22	1,13	1,76	1,10	1,02	
2007	10.060	0,87	1,57	0,88	1,04	1,12	1,65	1,24	1,27	1,25	1,57	1,26	1,06		
2008	10.391	0,90	1,19	1,18	1,01	1,29	1,12	1,27	1,03	1,36	1,08	0,80			
2009	1.908	0,94	1,57	1,94	1,42	0,89	1,36	0,89	1,15	1,15	1,15				
2010	837	1,91	1,08	2,15	1,43	0,96	1,91	2,15	0,96	1,31					
2011	2.261	1,37	1,50	1,46	0,97	0,97	0,88	0,97	1,02						
2012	5.127	1,19	1,81	2,57	2,11	1,79	1,07	1,52							
2013	4.498	1,16	2,00	1,16	1,58	1,78	0,98								
2014	3.991	0,98	1,58	1,70	1,20	1,23									
2015	6.095	0,72	1,33	1,20	0,69										
2016	5.789	0,60	0,85	0,50											
2017	4.651	0,54	0,49												
2018	5.003	0,28													

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGNOS-Sabesp (2019)



Tabela 7 - Média de Porcentagem de Retrabalho

	%Retrabalho São Mateus	%Retrabalho Região Central
1º Ano	0,40	1,13
2º Ano	0,44	1,51
3º Ano	0,42	1,59
4º Ano	0,40	1,34
5º Ano	0,36	1,21
6º Ano	0,42	1,29
7º Ano	0,46	1,49
8º Ano	0,42	1,16
9º Ano	0,51	1,26
10º Ano	0,46	1,23
11º Ano	0,44	1,28
12º Ano	0,34	1,08
13º Ano	0,44	1,02

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGNOS-Sabesp (2019)

A tabela 8 tem informações apenas a partir de 2015 e já é possível observar a melhora, observando a tabela 8 verifica-se que nos anos de 2017 e 2018 os índices ficaram mais parecidos com os de São Mateus.

Tabela 8 - Média de % de Retrabalho

	%Retrabalho Região Central
1º Ano	0,54
2º Ano	0,89
3º Ano	0,85

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGNOS-Sabesp (2019)

Somente em 2017 a trocas preventivas do pé do cavalete começaram a ser oficiais na empresa com baixa específica em seus bancos de dados, no ano de 2014 a 2016 os Polos utilizavam as baixas de Inversão de Registro de Cavalete, que era um código não muito usado e era uma forma de registrar as trocas executadas, antes de 2014 essas trocas não eram registradas no sistema, por isso não é possível levantar nos bancos de dados os números executados. Na tabela 9 apresenta o quantitativo das trocas de ramal versus as trocas de pé de cavalete.

Tabela 9 - Comparação troca de ramal com pé de cavalete

Ano	São Mateus		Região Central	
	Ramal	Pé de Cavalete	Ramal	Pé de Cavalete
2014	8870	8.850	3991	2024
2015	7896	6812	6095	3518
2016	5981	4892	5789	4711
2017	4470	2845	4651	4764
2018	3365	2716	5003	4095

Fonte: do autor – baseado em dados sistema SIGNOS-Sabesp (2019)



Sabe-se que a eficiência 100% em qualquer processo é quase impossível de ser alcançada, todo processo existe perda. Os ramais de água estão instalados em ambientes não controlados, existem outros fatores que podem intervir no vazamento, como por exemplo, obras de outras concessionárias, intervenção do proprietário do imóvel entre outras.

O custo de uma troca preventiva de ramal pelo banco de preço da Sabesp varia conforme o tipo de pavimento, posição da rede de água, e método construtivo, fazendo uma média pelo banco de preço de 2017 temos o valor de R\$495,87 (quatrocentos e noventa e cinco reais e oitenta e sete centavos) por troca, sem considerar a reposição do pavimento, mas considerando o material.

Da mesma forma as trocas corretivas dos ramais de ligação também possuem diversos preços, na média uma troca corretiva sai pelo valor de R\$ 641,57 (seiscentos e quarenta e um reais e cinquenta e sete centavos). Já o conserto tem um preço único independente da profundidade ou posição da rede que é de R\$275,36 (duzentos e setenta e cinco reais e trinta e seis centavos) considerando material e sem reposição.

O adicional de preço para a troca preventiva do pé de entrada do cavalete tem o valor de R\$63,84 (sessenta e três reais e oitenta e quatro centavos).

O Polo de São Mateus trocou entre os anos de 2006 e 2018 (período sob o controle da prática) 117.616 ramais (tabela 4). O custo das trocas trazendo a valor presente seria de R\$58.322.245,92 (cinquenta e oito milhões trezentos e vinte e dois mil, duzentos e quarenta e cinco reais e noventa e dois centavos).

Observando a figura 18 os vazamentos de ramal vinham crescendo exponencialmente entre 2004 e 2006, indo ao encontro com o que disse TARDELLI sobre o crescimento natural das perdas citado anteriormente. Mas neste momento não temos como dimensionar a taxa de crescimento ao longo dos anos de 2006 a 2018 se nada tivesse sido feito, vamos apenas supor que o número de 13.926 vazamentos ocorridos em 2006 tivesse se mantido ao longo dos anos, o Polo de São Mateus teria executado 42.228 consertos a mais do realmente executou. A um custo de R\$ 275,36 (duzentos e setenta e cinco reais e trinta e seis centavos) a valor presente o custo desses consertos estariam na casa de R\$ 11.627.902,08 (Onze milhões, seiscentos e vinte e sete mil, novecentos e dois reais e oito centavo).

Segundo LAMBERT (1999), Tabela 2, o vazamento de ramal perde em média 1,6m³ por hora de água a uma pressão de 50mca, segundo ele também 25% dos vazamentos de ramal são não visíveis e demoram até 100 dias para aflorarem. Para o vazamento visível o tempo utilizado no cálculo da tabela 10 foi de 24 horas, tempo de atendimento para conserto de vazamento do Polo São Mateus nos últimos anos (SABESP).

Levando isso em consideração, pode-se supor que dos 42.228, vazamentos que ocorreriam a mais no Polo se nada fosse feito, 10.557 seria não visível e 31.671 seria visível. A perda estaria estimada em mais de 41 milhões de m³, tabela 10. O custo de produção de água considerado pela Unidade de Negócio para estudos de renovação é de R\$2,61 (SABESP) pode-se considerar uma perda financeira de R\$ 108.980.671,11 (Cento e oito milhões novecentos e oitenta mil seiscentos e setenta e um reais e onze centavos).

Tabela 10 - Cálculo de Perda de Água

Vazamento	Quantidade	Tempo de vazamento (h)	Perda/h (m ³)	Perda total (m ³)
Visível	31.671	24	1,6	1.216.166,40
Não visível	10.557	2400	1,6	40.538.880
Total	42.228	-	-	41.755.046,40

Fonte: do autor (2019)

Supondo-se que em todos os ramais trocados houve troca do pé do cavalete haveria um acréscimo no custo de R\$7.508.605,44 (sete milhões, quinhentos e oito mil, seiscentos e cinco reais e quarenta e quatro centavos)



Conforme o índice de retrabalho (tabela 7) com média de 0,42% de retrabalho ao ano onde foi trocado o pé do cavalete e a média de 1,27% onde não foi trocado, temos um acréscimo de 0,85% ao ano onde o serviço não foi feito. Considerando os anos de 2006 a 2018 teríamos uma acréscimo de 10,2% de vazamentos sobre os ramais trocados em um período de 12 anos. Isso significaria 11.997 vazamentos. Usando os mesmos parâmetros de LAMBERT (1999) demonstrados anteriormente teríamos mais de 11 milhões de m³ de água perdida. Ou seja, custo de água perdida R\$30.968.915,33 (Trinta milhões, novecentos e sessenta e oito mil, novecentos e quinze reais e trinta e três centavos), custo de conserto desses vazamentos R\$3.306.733,11 (Três milhões, trezentos e seis mil, setecentos e trinta e três reais e onze centavos).

Tabela 11 - Calculo de Perda de Água

Vazamento	Quantidade	Tempo de vazamento (h)	Perda/h (m ³)	Perda total (m ³)
Visível	8.997	24	1,6	345.484,80
Não visível	3.000	2400	1,6	11.520.000
Total	11.997	-	-	11.865.484,80

Como dito no capítulo 2.2 uma das formas da IWA medir as perdas é o Índice Infraestrutural de Perdas, em inglês Infrastructure Leakage Index (ILI).

O ILI mostra quantas vezes o seu sistema está pior do que seria o ideal. Pelos números da tabela 2, LAMBERT (2009) fala que o vazamento inevitável de ramal seria 2,25/1000 ramais de vazamentos visíveis e 0,75/1000 ramais de vazamento não visível, ou seja, 3 vazamentos a cada 1000 ramais. O Polo de São Mateus fechou 2018 com 166.134 ramais, portanto seu número ideal de vazamento inevitável seria 498 vazamentos ao ano.

Não foi possível levantar o número de ramais do Polo em 2006, apenas o número de ligações, como existe uma grande quantidade de ligações múltiplas esse número não seria o ideal, por exemplo, em 2018 o Polo possuía 212.113 ligações de água, em 166.134 ramais. A IWA considera o número de ramais e não o de ligação.

Apenas para efeito de comparação vamos considerar o mesmo número de ramais em 2006 e 2018. O Polo de São Mateus teve 13.926 vazamentos em 2006, ou seja, o sistema estaria 27,96 vezes pior do que o ideal, em 2018 foram 1.563 vazamentos o sistema está 3,14 vezes pior que o ideal. A melhora deste indicador foi de 88,77% em 12 anos.

CONCLUSÕES

O investimento para fazer renovação de infraestrutura na área de saneamento é sempre muito alto, por isso é importante estudar o retorno desse investimento para que ele se torne atrativo aos olhos das empresas de saneamento.

Esse trabalho é inovador no sentido de analisar um histórico de 12 anos de renovação de ramais de ligação de água em material de PEAD, que é um material relativamente novo no mercado.

A redução do número de vazamentos de ramal já demonstrado na figura 18, de 88,7% de 2006 para 2018 pode ser observada graficamente nas figuras 20 e 21.

O resultado da pesquisa foi muito satisfatório, mostrando a relevância das ações de troca preventiva de ramal, e mostrando também a relevância da troca completa incluindo o pé do cavalete, reduzindo ainda mais o número de conexões do ramal.

Vamos dividir essa análise em duas, primeiro apenas na troca de ramal em si, e posteriormente a troca do pé do cavalete.



Quando se compara o cenário atual com as trocas de ramal realizadas e supondo que elas não tivessem sido feitas, financeiramente com os cálculos demonstrado neste trabalho podemos dizer que o retorno em 12 anos foi de R\$62.286.327,26, conforme tabela 12.

Tabela 12 - Projeção de Custo Troca de Ramal

Custo total da Troca do Ramal	R\$ 58.322.245,92
Custo do Conserto se nada fosse feito	R\$ 11.627.902,08
Projeção de perda de água se nada fosse feito	R\$ 108.980.671,11
Resultado	-R\$ 62.286.327,26

Fonte: do autor (2019)

É claro que existem diversas variáveis, por exemplo, os cálculos de perdas de Lambert levam em consideração uma pressão de 50 mca, o Polo de São Mateus possui áreas cobertas por VRP, com pressões mais baixas, por outro lado não foi considerado o custo de reposição de pavimento, não foi considerado o crescimento natural citado por Tardelli, e muito menos o prejuízo da imagem da empresa e a satisfação do cliente, que são ativos intangíveis (difíceis de mensurar), além claro, do desperdício do recurso hídrico, um bem escasso como citado também no primeiro capítulo deste trabalho.

Quando se compara o cenário atual com as trocas de pé de cavalete devidamente realizadas e supondo que elas não tivessem sido feitas, financeiramente com os cálculos demonstrados neste trabalho, podemos dizer que o retorno em 12 anos foi de R\$26.767.043,00, conforme tabela 13.

Tabela 13 - Projeção de Custo da Troca do Pé do Cavalete

Custo total da Troca do Pé do Cavalete	R\$ 7.508.605,44
Custo do Conserto se não fosse feito	R\$ 3.306.733,11
Projeção de perda de água se não fosse feito	R\$ 30.968.915,33
Resultado	-R\$ 26.767.043,00

Fonte: do autor (2019)

As variáveis quanto as perdas também precisam ser consideradas, como no caso do ramal, no entanto no caso do pé do cavalete o desgaste da imagem junto ao cliente é maior, pois já foi realizado uma troca anteriormente, para o cliente fica claro que foi um serviço mal feito.

A redução do índice de retrabalho dos dois últimos anos dos ramais trocados na Região Central com o início da prática efetiva de troca do pé do cavalete corrobora para o resultado alcançado em São Mateus.

Portanto este trabalho mostra a viabilidade da troca preventiva do ramal de água e também da troca conjunta do pé do cavalete. O que é ainda comprovado pela redução geral do volume perdido no Polo São Mateus (Tabela 5) e a redução total do número de vazamentos (Figura 18).

Os resultados de perdas e redução de vazamento na Região Central fica prejudicado devido a idade de instalação das redes, o que reforça a ideia do crescimento natural das perdas com o passar dos anos, o que implica em um esforço muito maior para alcançar um resultado efetivo, embora a redução do número de vazamentos de ramal também podem ser observados nos últimos dois anos (Figura 19).

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABES. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento De Água**, São Paulo, 2015
ABNT. **Norma Técnica Brasileira NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**, julho de 1994.

ADERASA – Asociación de Entes de Reguladores de Agua Y Saneamiento de las Américas, **Informe Anual: Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking**, Lima, 2016.

ALEGRE, H. et al. **Performance Indicators For Water Supply Services**, IWA Publishing, Second Edition, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1977.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**, 2017, Brasília, 2019

COLLISCHONN, W. e TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPH UFRGS, maio de 2008.

DINIZ, A.R.S. **Avaliação Do Controle De Perdas Físicas Em Redes De Distribuição De Água Na Região Metropolitana De São Paulo**, Dissertação de Mestrado na Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

FIORINDO, A. et al. **Improving Infrastructure**, Water Loss, São Paulo, 2010.

FONTANA, M. E. e MORAIS, D. C. **Modelo para setorizar redes de distribuição de água baseado nas características das unidades consumidoras**. UFPE, Pernambuco, 2012.

IWA. International Water Association. <http://www.iwa-network.org/about-us/>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

LAMBERT, A. **Ten years experience in using the UARL Formula to calculate infrastructure Leakage Index**, International Water Association, Water Loss Task Force, Biannual Conference 2009, Cape Town, South Africa, 2009.

MARCONDES, R. A. C. **Estudo do uso das tubulações de PEAD em sistemas de distribuição de água no Brasil**. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

MELATO, D. S. **Discussão de uma metodologia para diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 2010.

MOTTA, R. G. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público**. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 2010.

NAGHETTINI, M. **Introdução à hidrologia Aplicada**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos – UFMG, 2012.

PARACAMPOS, F. J. F. **Heading for an efficient water loss control São Paulo experience**. Bonn: UNWC-DPC International Workshop: Drinking Water Loss Reduction: Developing Capacity for Applying Solutions, 2008.

PERES, F. M. **Desenvolvimento de métodos alternativos para a avaliação da resistência à fratura por fluência de resinas de polietileno utilizadas para a extrusão de tubos de água**. São Paulo, 2005.

ROCHA, A.L.; BARRETO, D.; NETO, P.J.C. (1999). **Aprimoramento dos ramais prediais de PEAD**. 21o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, São Paulo, 2001.

SAAE. **Programa de setorização das redes de distribuição de água**. Prefeitura Municipal de Caeté. Disponível em:

http://www.saaecaete.com.br/uploads/conteudoarquivo_arquivo/800/programadesetorizacaodasredesdedistribuicao.pdf. Acesso em: 30 de abril de 2019.

SOUZA Junior, J. C. **Distritos de medição e controle como ferramenta de gestão de perdas em redes de distribuição de água**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2014.

TARDELLI Filho, J. **Controle e Redução de Perdas**. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. EPUSP, 1ª Edição, 2004

TARDELLI FILHO, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Revista DAE. Edição 201, Volume 64, 2016.

TARDELLI FILHO, J. **Palestra: Gestão Eficiente**. Rio Water Week 2018 – Rio de Janeiro 2018 (informação verbal).

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3ª ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.