

CÁLCULO DE RECORRÊNCIA DE VAZAMENTOS – COMO APERFEIÇOAR A METODOLOGIA DE PESQUISA DE VAZAMENTOS

LEAK RECURRENCE CALCULATION - HOW TO IMPROVE LEAK RESEARCH

COSTA, R. F.¹

¹ Centro Universitário Estácio de São Paulo –
ESTÁCIO SÃO PAULO – SP
robson.costa@estacio.br

Resumo

Em um sistema de abastecimento de água, a ocorrência de vazamentos nas tubulações representa uma das maiores fontes destas perdas reais. O objetivo do presente trabalho foi apresentar um novo conceito de gerenciamento das pesquisas de vazamentos, através do cálculo da curva de recorrência de vazamentos, sejam eles em setores de abastecimento ou em trechos de redes de abastecimento de água. A metodologia utilizada foi o acompanhamento em campo de pesquisas de vazamentos e a análise de planilhas de pesquisa de vazamentos, realizadas em um setor de Abastecimento na Região Metropolitana de São Paulo, com base em atividades de 10 meses de pesquisa nos períodos diurnos e noturnos. Foram utilizados para a comparação os resultados efetivos de concertos de vazamentos através dos cruzamentos das planilhas de baixa de execução fornecidos. As perdas reais foram constituídas pelos vazamentos que ocorreram nas redes de distribuição, além de extravasamentos de reservatórios. Para um efetivo combate a essas perdas é necessária a subdivisão dos setores de abastecimento em subsetores denominados área de controle. Além disso, é necessário o conhecimento das recorrências de vazamentos por setor ou área de controle, suas causas e medidas preventivas. Este trabalho apresenta em detalhes os resultados da aplicação desta metodologia em um Setor de Abastecimento.

Palavras-Chave: Perdas Reais; Áreas de Controle; Recorrências de Vazamentos.

Abstract

In a water supply system, the occurrence of leaks in the pipelines represents one of the biggest sources of these real losses. The objective of the present work was to present a new concept of management of leak research, through the calculation of the leak recurrence curve, whether in supply sectors or in sections of water supply networks. The methodology used was the monitoring of leak research in the field and the analysis of leak research spreadsheets, carried out in a Supply sector in the Metropolitan Region of São Paulo, based on 10-month research activities during the day and night. For the comparison, the effective results of leak repairs were through the crossings of the execution spreadsheets provided. Actual losses were constituted by leaks that occurred in the distribution networks, in addition to overflow of reservoirs. To effectively combat these losses, it is necessary to subdivide the supply sectors into subsectors called the control area. In addition, it is necessary to know the recurrences of leaks by sector or control area, their causes and preventive measures. This work presents in detail the results of the application of this methodology in a Supply Sector.

Keywords: Actual Losses; Control Areas; Leak Recurrences.

Introdução

A utilização da água para diversos fins relacionados às atividades humanas, como abastecimento, recreação, geração de energia elétrica, irrigação, navegação e diluição de esgotos, a transforma em um recurso de valor econômico e, como tal, exige que o seu manejo seja o mais racional possível (COSTA, 2010a). Esta consideração torna-se mais contundente em regiões onde a disponibilidade de água não supera sua demanda para o atendimento a todos os possíveis usos (COSTA, 2008).

O dimensionamento de um sistema de abastecimento deve levar em conta parâmetros estatísticos e medições para o desenvolvimento de um projeto que atenda a demanda atual e futura (TSUTIYA, 2006). Assim, devem ser considerados, por exemplo, o crescimento populacional, a disponibilidade hídrica, a topografia e o índice de perdas (ALEGRE, 2006). Este último corresponde a um valor adotado pelo projetista, variando em até 40% do volume disponibilizado, e que pode alterar significativamente os custos e mesmo as dimensões de reservatórios e redes primárias de distribuição (B&B Engenharia, 2010).

Em um sistema de abastecimento de água, a ocorrência de vazamentos nas tubulações representa uma das maiores

fontes destas perdas (TSUTIYA, 2006). É senso comum associar este tipo de vazamento nas à ideia de perda, desperdício, ineficiência e outros qualitativos que denotam má gestão do sistema (ALEGRE, 2006).

Diversas consequências imediatas podem decorrer dos vazamentos, como o aumento dos custos de produção e operação, resultando em preços mais elevados da água tratada ao consumidor (ALEGRE, 2006). Outra consequência se refere aos riscos maiores de contaminação da água distribuída quando ocorre perda de pressão da rede, pela possibilidade de acesso de agentes nocivos ao interior da tubulação (COSTA, 2010b). Ainda podem ser citados os danos ao patrimônio público ou privado, pela degradação do sistema viário e comprometimento das edificações devido a infiltrações de água (ARIKAWA, 2005).

As tubulações da rede de distribuição são enterradas e transportam água sob pressão até os pontos de consumo junto aos imóveis, onde ocorre a medição dos volumes através de hidrômetros (TSUTIYA, 2006). Apesar das tubulações serem enterradas, os vazamentos geralmente afloram à superfície, sendo então facilmente identificados e posteriormente corrigidos. Entretanto, em

diversos casos os vazamentos não atingem a superfície do terreno, permanecendo dias, meses ou anos escoando, totalizando volumes consideráveis de perdas de água (TSUTIYA, 2006).

Ações como a detecção de vazamentos por método acústico, instalações de válvulas redutoras de pressão (VRP) ou setorização implicam diretamente na diminuição destes volumes e são técnicas já aplicadas nos sistemas de abastecimento (ALEGRE, 2006). O grande desafio, portanto, se refere a como podem ser aplicadas estas ações de forma a otimizar as ações e potencializar os resultados.

Para isso, uma efetiva gestão de detalhamento e conhecimento dos setores de abastecimento se faz necessária. Pulverizar ações por todo o setor muitas vezes não resultam nas metas desejadas, visto que em setores com mais de 60 km de rede a pesquisa de vazamento pode sofrer pela recorrência de vazamentos, ou seja, a taxa de surgimento de vazamentos pode ser maior que o número de vazamentos locados por ciclo de varredura (COSTA, 2006). Além disso, setores muito grandes podem demorar meses para que os resultados destas ações possam surtir efeitos, como a diminuição da vazão diária ou mesmo da sua vazão mínima noturna (CADESSUS, 2005). Para isso, as divisões dos setores em subsetores ou áreas de controle, facilitam

não somente o direcionamento das ações bem como o acompanhamento dos resultados (ARIKAWA, 2005).

Neste cenário podem ser definidas áreas de controle, ou porções de rede de abastecimento limitadas por válvulas de bloqueio determinadas, isolando seu funcionamento e limitando sua alimentação principal por um ou mais linhas de abastecimento (ABNT, 2010). Outra determinação para áreas de controle é a subdivisão do setor de abastecimento em menores áreas, como exemplos plantas cadastrais ou quadrículas. Nestes casos o setor não é limitado por válvulas limítrofes, mas por parâmetros gráficos das redes assentadas (COSTA, 2010b).

Cada setor de abastecimento, portanto, é definido pela área de abrangência de seus reservatórios divididos em uma setorização clássica em zonas altas ou baixas, feitas pela limitação das pressões estáticas máximas e mínimas. Em alguns casos se fazem necessário à instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP) para a diminuição destas pressões, ou mesmo bombas de recalque (*booster*) para aumento da pressão em áreas com topografias elevadas (TSUTIYA, 2006). Assim, cada uma destas áreas pode ser definida como áreas de controle, limitadas e com redes de alimentação bem definidas. O acompanhamento das variações das vazões,

associadas a parâmetros como pressão ou quantidade de vazamentos por quilômetros (Vaz/km) visíveis e não visíveis as classificam para a determinação de onde devem ser iniciadas as ações de combate as perdas reais (COSTA, 2008).

Outro parâmetro que deve ser determinado nas ações de combate a perdas é a recorrência de vazamentos ou taxa natural de surgimento de vazamentos, geralmente por meio de pesquisas acústicas (COSTA, 2010a). Se nenhuma medida corretiva ou preventiva de combate aos vazamentos for tomada, há a tendência de uma taxa natural de surgimento de vazamentos decorrentes de diversos fatores como a qualidade do material, variações de pressão, recalques de solo, entre outras (ALEGRE, 2006).

A taxa natural de surgimento de vazamentos representa, então, um valor

médio desse crescimento ao longo do tempo, variando em função das características próprias de cada trecho da rede. O não conhecimento deste crescimento pode gerar um controle passivo das redes de distribuição, na medida em que cada manutenção realizada, decorre do surgimento de uma nova ocorrência. Já o controle ativo é aquele em que as pesquisas de vazamentos superam esta taxa, de forma a caracterizar a manutenção preventiva (COSTA, 2010b). A figura 1 representa esta situação.

Objetivos

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma nova maneira de calcular a taxa de surgimento de vazamentos, através de sua curva de recorrência aplicada a redes de distribuição de água e, também, por

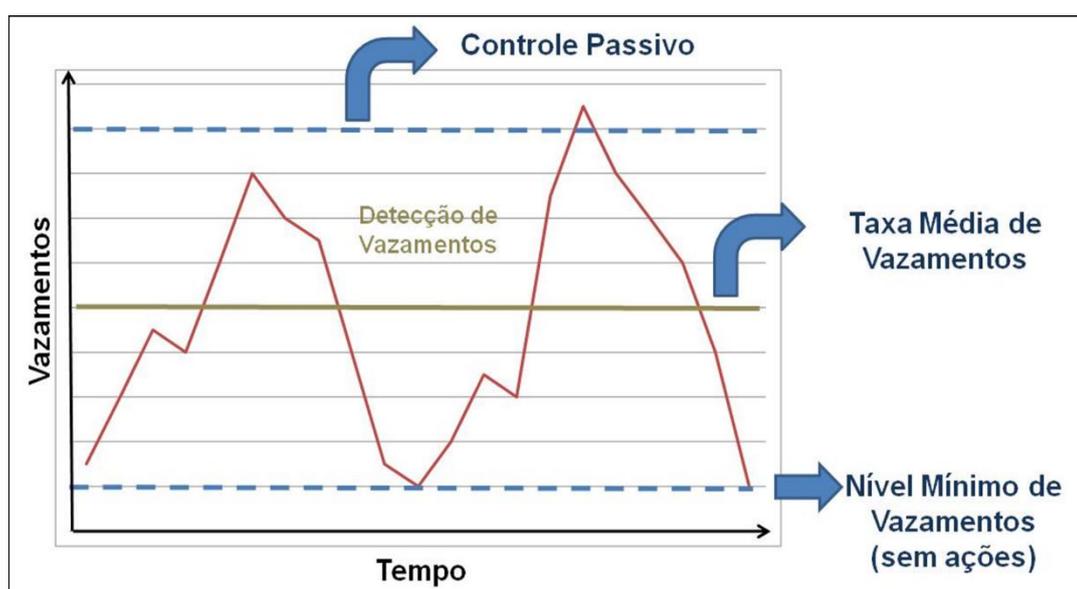


Figura 1 – Taxa de surgimento de vazamentos.

meio do acompanhamento de pesquisas de vazamentos e análise das planilhas de sua locação e reparo durante ações de pesquisa de varredura e revarredura de vazamentos em um setor de abastecimento da cidade de São Paulo

Material e Métodos

Para o acompanhamento e direcionamento das ações de pesquisa de vazamentos no setor de abastecimento foram utilizados como critérios a divisão do setor de abastecimento por quadrícula, seguida do acompanhamento das pesquisas nestas e do levantamento de seus dados de pressão e ocorrências, a partir do que foi elaborado um mapa de pressão e

subsequente levantamento histórico das pesquisas de vazamentos por método acústico. Este acompanhamento envolveu um período de dez meses (fevereiro/07 a fevereiro/08), dividido em ciclos, com cada um correspondendo a pesquisa de uma determinada quadrícula por método acústico.

Estas ações foram realizadas no setor de abastecimento, Jaraguá, no extremo norte da cidade de São Paulo, setor este com aproximadamente 455 km de rede com apenas macromedição na entrada do seu reservatório. Para o acompanhamento de direcionamento das ações de pesquisa de vazamentos não visíveis foi adotada a divisão do setor por quadrículas. Estas quadrículas (Fig. 2), são a representação

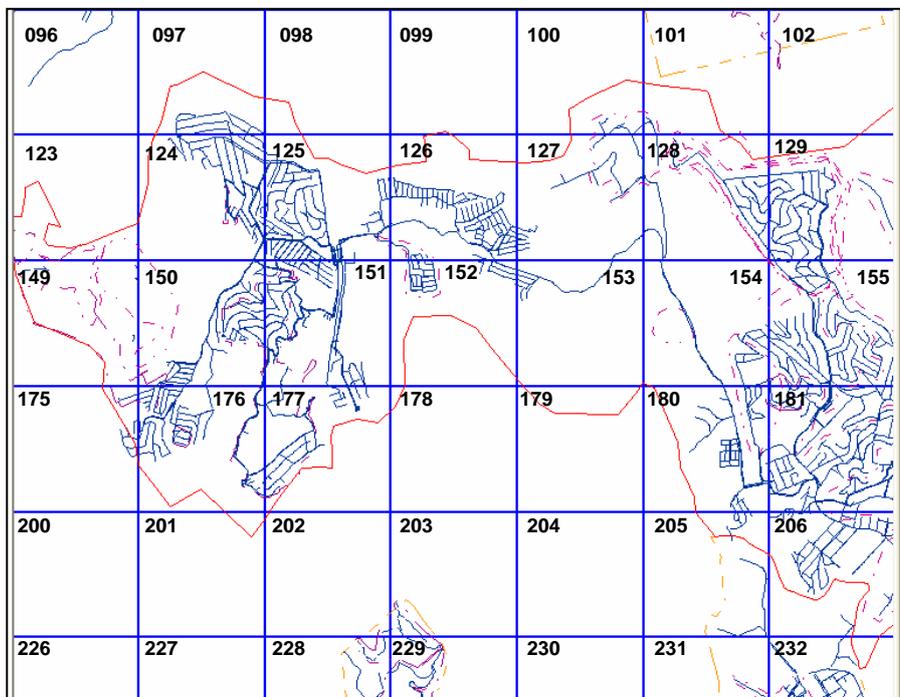


Figura 2 – Exemplo de Planta Cadastral dividida em Quadrículas.

gráfica das redes fornecidas através do georreferenciamento de suas redes de abastecimento. Todos os dados foram coletados e analisados pelo autor e fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Após a divisão do setor verificou-se, através dos históricos de apontamentos de pesquisas anteriores a quantidade de vazamentos por quilometro (vaz/km), por quadrícula, o que determinou a prioridade

de geofonamento. O acompanhamento diário destes apontamentos facilitou não somente este direcionamento, bem como a confecção de mapas temáticos como os das pressões dinâmicas medidas durante a campanha de pesquisa. A Figura 3 representa um destes mapas com o destaque para as quadriculas que apresentaram maior concentração de vazamentos não visíveis apontados e confirmados na execução.

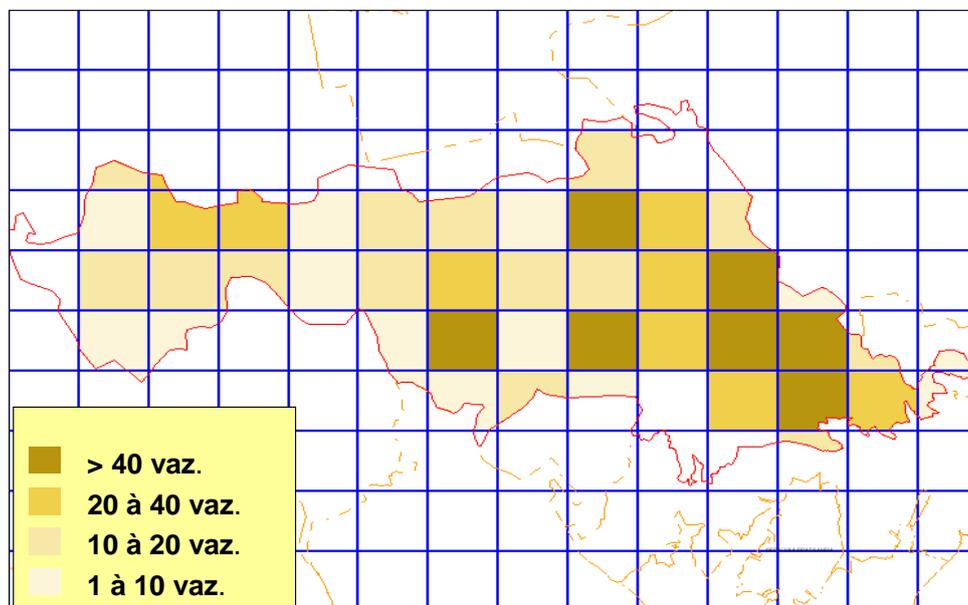


Figura 3 – Mapa Temático de Vazamentos Não Visíveis Executados no Setor.

Porém, a análise destes mapas deve levar em conta a quilometragem de rede de cada quadrícula associada à densidade de ligações, ou seja, uma quadrícula com concentração de vazamentos muito elevada não significa que seja prioritária em comparação com outra de menor quilometragem, visto que a quantidade de

vazamentos por quilometro desta segunda será maior que a da primeira. Com isso, e por meio de um gráfico de Pareto, é possível associar estas informações, identificando as quadriculas prioritárias.

Resultados

Para a determinação do estudo de recorrências no setor, buscou-se o histórico de varredura realizado no período, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Total de vazamentos locados por quilometro para o primeiro Ciclo de Pesquisa. Informações relativas ao quilometro pesquisado, assim como ramal, ferrule e rede para os três meses considerados.

Período	Km Pesquisado	Ramal	Ferrule	Rede	Total
Mês 1	48,71	113	33	6	152
Mês 2	92,30	161	56	10	227
Mês 3	55,77	116	50	16	182
Total	196,78	390	139	32	561
Vaz/km	2,85				

O segundo ciclo ocorreu cinco meses depois do primeiro ciclo e suas ações já foram direcionadas às quadriculas já classificadas anteriormente pelo gráfico de Pareto. A tabela 2 demonstra os resultados deste segundo ciclo de pesquisas. Pode-se

Tabela 2 – Total de vazamentos locados por quilometro para o segundo Ciclo de Pesquisa. Informações relativas ao quilometro pesquisado, assim como ramal, ferrule e rede para os três meses considerados

Período	Km Pesquisada	Ramal	Ferrule	Rede	Total
Mês 04	84,95	55	69	-	124
Mês 05	89,90	93	63	7	163
Mês 06	40,57	20	13	-	33
Total	215,42	168	145	7	320
Vaz/km	1,5				

perceber uma diminuição da quantidade de vazamentos apontados entre a primeira e a segunda varredura, mesmo tendo sido pesquisado 9% a mais em extensão de rede. O gráfico da Figura 4 demonstra estas diferenças.

Para um efetivo acompanhamento das recorrências de vazamentos, ao final do segundo ciclo foi reduzido o período de retorno, realizando reavaliações nas áreas, com intervalos de apenas um mês entre estas. O processo foi repetido em uma

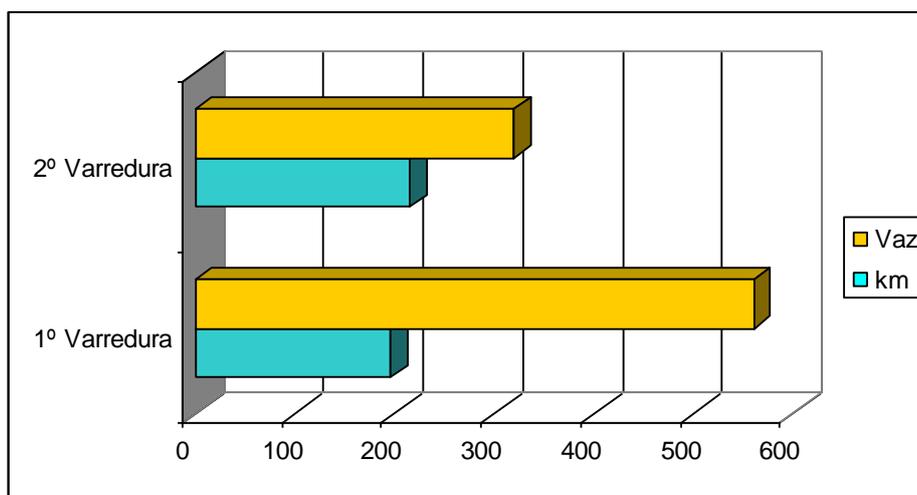


Figura 4 – Comparativo relacionado a vazão e quilometragem consideradas nos dois ciclos de pesquisa no setor.

segunda reavaliação, direcionando para as áreas prioritárias. A Tabela 3 demonstra

respectivamente os resultados obtidos.

Dentre os vazamentos apontados

Tabela 3 – Total de vazamentos locados por quilometro para o primeiro (meses 7 e 8) e segundo (mês 10) Ciclo de Reavaliação. Informações relativas ao quilometro pesquisado, assim como ramal, ferrule e rede para os meses considerados.

Período	Km Pesquisada	Ramal	Ferrule	Rede	Total
Mês 7	118,80	87	92	5	184
Mês 8	143,40	106	53	8	167
Total	262,20	193	145	13	351
Vaz/km	1,4				
Mês 10	153,23	182	-	2	184
Total	153,23	182	-	2	184
Vaz/km	1,2				

no segundo ciclo e na primeira reavaliação, observou-se que os apontamentos na neste último não eram coincidentes, ou seja, eram novas ocorrências, geralmente nos ramais

vizinhos. O mesmo fato ocorreu na segunda reavaliação.

Através de análise das planilhas dos Vazamentos foi possível identificar que

todos os casos coincidentes de vazamentos correspondiam a, aproximadamente, 15% dos novos apontamentos. Isto indicou que os demais 85% dos vazamentos apontados se referiam realmente a novas ocorrências.

Apesar de apenas 58,4% das redes terem sido reavaliadas no segundo ciclo de reavaliação, foram priorizadas as áreas com

maior incidência de vazamentos. A Figura 5 apresentam estes dados e demonstram a proporcionalidade entre a quilometragem varrida e os vazamentos apontados, sendo que a segunda revarredura, não apresentou alterações significativas em relação a primeira revarredura, diferindo em apenas 0,2 no indicador de Vaz/km.

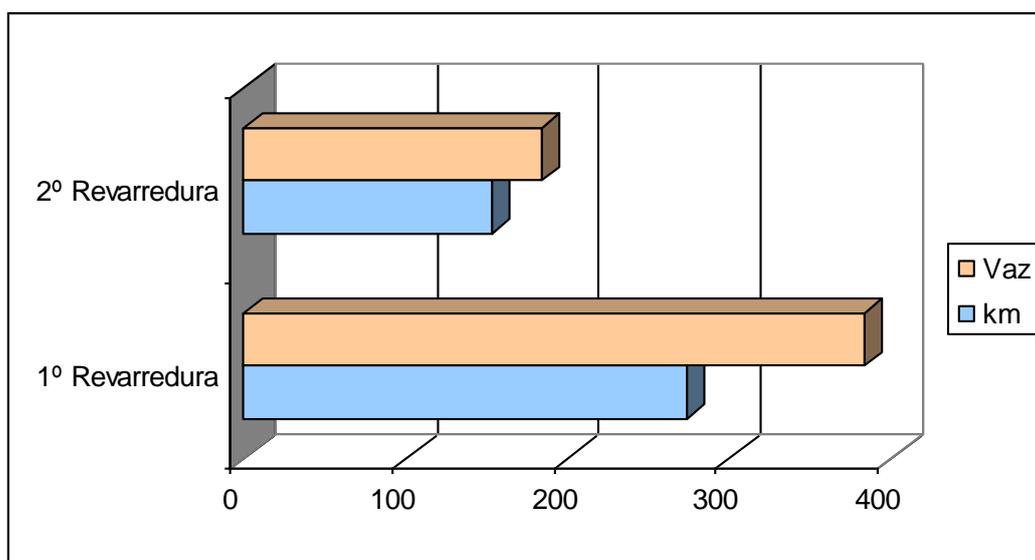


Figura 5 – Comparativo relacionado a vazão e quilometragem consideradas nos dois ciclos de reavaliação ou revarredura no Setor.

Foi possível verificar que houve uma significativa diminuição do indicador de vaz/km no intervalo dos cinco meses entre o primeiro ciclo de pesquisa e o segundo, com uma diminuição de 1,34 vaz/km. Porém, com a diminuição ainda maior destes ciclos foi obtida uma média de 1,4 vaz/km para este indicador, mesmo executando varreduras com intervalos de uma semana entre as quadriculas priorizadas. Este fato se deve, portanto, ao que chamamos de taxa de recorrência de

vazamentos, ou seja, à taxa natural de surgimentos de novas ocorrências. A Figura 6 apresenta o comparativo quanto ao indicador apontado nas diversas avaliações realizadas.

Assim, foi possível demonstrar de forma gráfica a taxa de recorrência de vazamentos para o Setor. Isto é possível ao assumir que cada apontamento conhecido não tivesse sido executado e, portanto, houvesse se acumulado aos vazamentos locados do próximo mês.

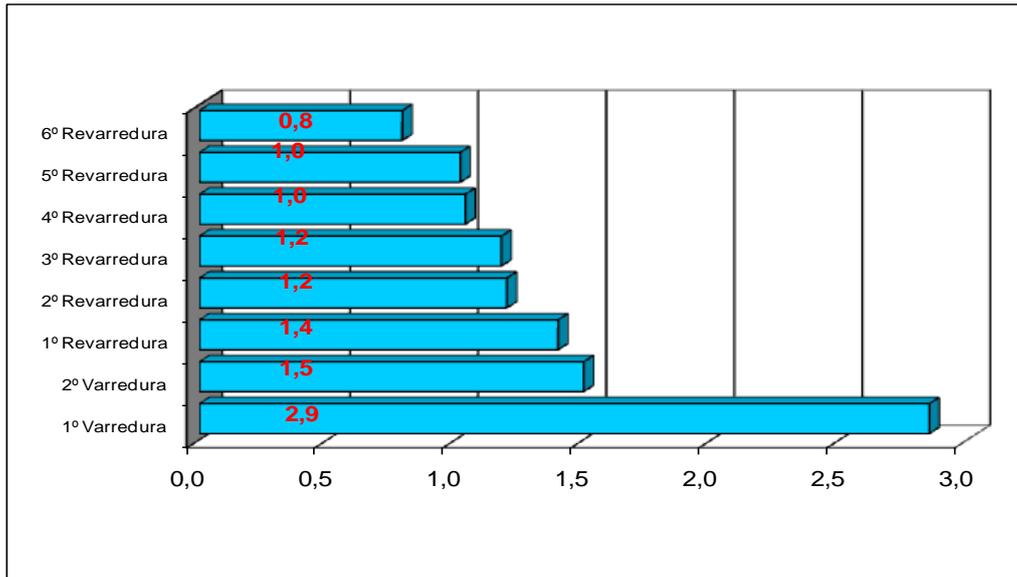


Figura 6 – Taxa de Diminuição dos vazamentos por quilometro entre os Ciclos de Pesquisas no Setor.

A Figura 7 representa a taxa de recorrência de vazamentos no Setor durante os diversos ciclos de avaliação e reavaliação. A Figura 8 representa a diminuição destas taxas, ao alinharmos seu coeficiente angular da reta para as mudanças de patamares, ou

seja, demonstramos a diminuição da taxa de surgimento dos vazamentos. Com a utilização do registro de falhas, ou visitas aos locais com maior recorrência de vazamentos, foi possível analisar as causas destes. Muitas novas ocorrências se dão

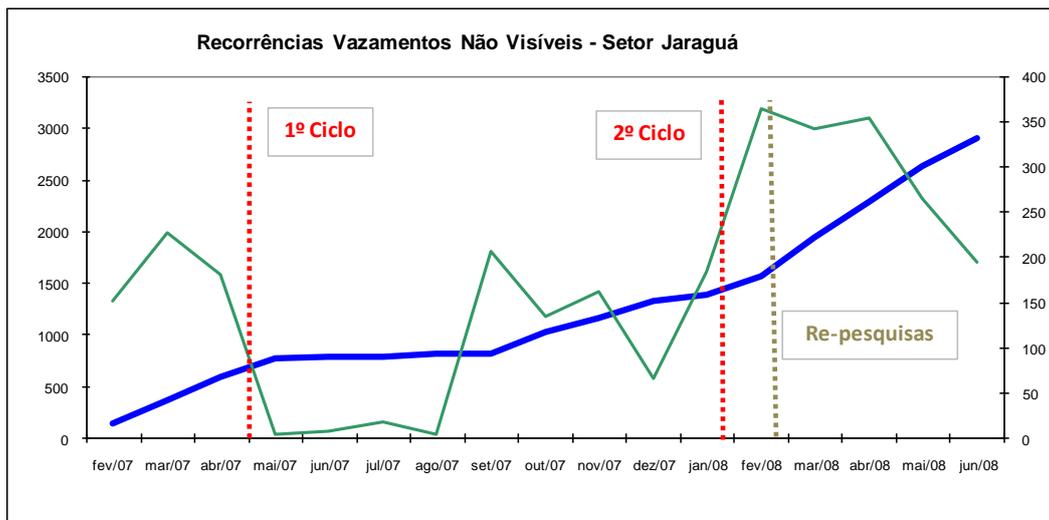


Figura 7 – Gráfico de Recorrência de Vazamentos no Setor.

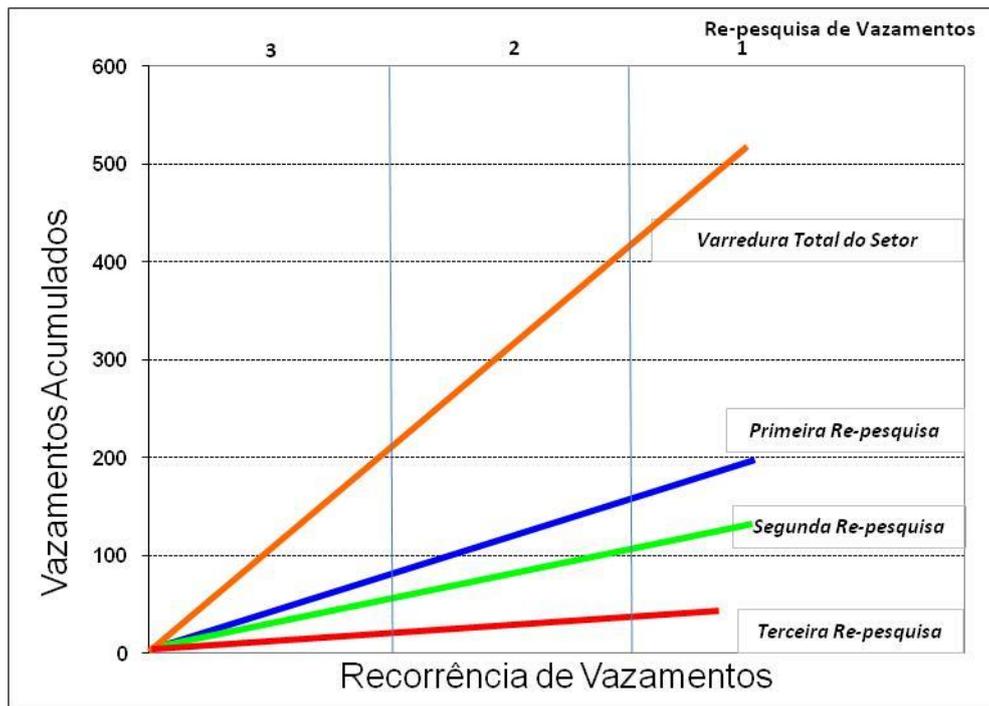


Figura 8 – Gráfico de Recorrência de Vazamentos no Setor.

pelo aumento da pressão após o conserto da fuga (COSTA, 2010b). O gráfico da Figura 9 representa o aumento desta pressão em uma das quadrículas priorizadas.

Além desta análise foi possível

verificar e classificar as ruas com maior incidência de ocorrências conforme a tabela 5. Esta classificação é útil na escolha e verificação das ações corretivas aplicadas a cada sub-setor.

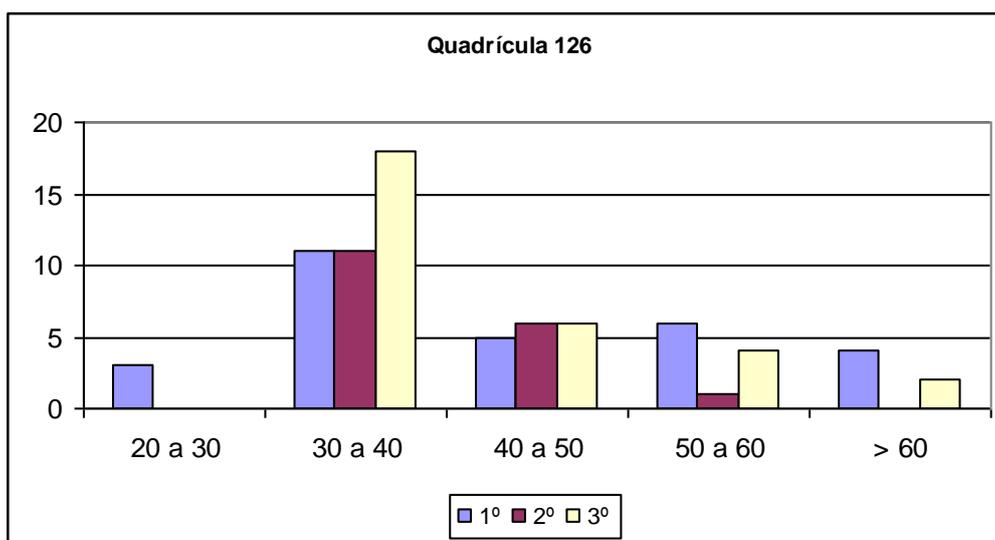


Figura 9 – Aumento da Pressão após Execução de Vazamentos.

Tabela 5 – Frequência de ocorrências de vazamentos.

Ocorrências	Número de Ruas com vazamentos	Fr (%)
1	200	50,25
2	89	22,36
3	40	10,05
4	24	6,03
5	11	2,76
6	7	1,76
7	7	1,76
8	7	1,76
9	4	1,01
10	1	0,25
11	3	0,75
12	1	0,25
13	1	0,25
14	2	0,50
15	1	0,25
Total	398	100

Considerações Finais

É possível concluir que para um efetivo controle das perdas reais, devem ser utilizadas ferramentas para um melhor desempenho das atividades de pesquisa de vazamentos. Uma destas ferramentas é a subdivisão dos setores de abastecimento em áreas de controle, onde o acompanhamento dos resultados e das ações empregadas pode se dar de forma mais clara e rápida. O acompanhamento destas áreas permite o direcionamento para aquelas porções prioritárias que seriam diluídas nas campanhas globais de pesquisa.

Além disso, a determinação da taxa de surgimento de vazamentos é de fundamental importância para os

planejamentos e dimensionamentos dos períodos de pesquisa de cada setor. Cabe lembrar que as características como a topografia elevada, que pode causar áreas com altas pressões, e as instalações de bombas de recalque (*boosters*), associados à má qualidade dos materiais empregados nas ligações e a idade da rede, potencializam o surgimento de vazamentos em períodos cada vez menores. Estes, se não equacionados de maneira rápida, elevam significativamente os indicadores de perdas.

Outro ponto relevante se refere ao fato de que cada vazamento visível foi em seu surgimento um vazamento não visível, permitindo afirmar que a taxa de vaz/km não visíveis apontada em uma campanha de detecção é a taxa natural de vazamentos do setor, desde que a diferença entre as pesquisas não aponte sua diminuição.

Os resultados também indicam que para que seja possível efetuar um controle ativo de vazamentos, seria indicado aumentar ainda mais a quantidade de pesquisas acústicas realizadas entre os ciclos. Porém, a não diminuição deste indicador poderá estar associada a outras ações como a diminuição da pressão, a troca da infraestrutura existente (troca de ramais) e a agilidade nos reparos (COSTA, 2010a).

As análises reforçam ainda a necessidade de associação entre as

campanhas de pesquisa de vazamentos não somente a simples execução após a locação, mas sim, em um amplo planejamento e pesquisa dos resultados apresentados. Somente assim, associando estas execuções à diminuição da pressão, análise de

infraestrutura com trocas de ramais e maior agilidade no reparo é possível evitar situações com a da Figura 10, na qual as diversas marcas de reparos anteriores, deixam claro que a real necessidade do local é a troca de suas ligações.



Figura 10 – Exemplo de Recorrência de Vazamentos identificada a partir dos diversos reparos notáveis no asfalto.

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ensaio não destrutivo – Estanqueidade para Saneamento Básico – Procedimento para Tubulações Pressurizadas. NBR 15183/2010 1a ed. São Paulo, 2010.

ALEGRE, H., **Performance Indicator for Water Supply Services**. 3ª Ed. U.K: IWA Publishing., 2006

ARIKAWA, K. C. O. **Perdas reais em sistemas de distribuição de água** – proposta de metodologia para avaliação de perdas reais e definição das ações de controle - São Paulo, 200 p. Dissertação de (Mestrado em Obras Hidráulicas) –

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

B&B Engenharia. **Relatório de Performance da Região Bragantina** – Medição 05. B&B Engenharia, São Paulo, 2010.

CANDESSUS, M., **Água**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, R. F. **Análise de Varreduras no Setor de Abastecimento Suzano**. São Paulo – SP, 2006.

COSTA, R. F. **Balanço Hídrico em Gestão de Controle de Perdas**, FENASAN – Feira Nacional do Saneamento, São Paulo – SP, 2008.

COSTA, R. F. **Recurrence of leaks in Distribution Networks Case Study Jaragua Sector - Sao Paulo**, WATER LOSS, São Paulo – SP, 2010a.

COSTA, R. F. **Áreas de controle e recorrência de vazamentos nas redes de distribuição**, 14^o ENaSB SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto – Portugal, 2010b.

TSUTIYA, Milton T. **Abastecimento de Água**. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3^a. Edição, 2006.