

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

ROBERTO ABRANCHES

REABILITAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO - AVALIAÇÃO E CONTROLE

SÃO PAULO
MARÇO - 2009

ROBERTO ABRANCHES

REABILITAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO – AVALIAÇÃO E CONTROLE

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão e Desenvolvimento de Tecnologias Ambientais, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles.

SÃO PAULO
MARÇO - 2009

Abranches, Roberto
A161r Reabilitação de redes de distribuição de água para abasteci-
mento público: avaliação e controle / Roberto Abranches. --
São Paulo, 2009.
146 f. + apêndices

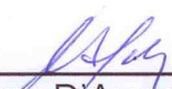
Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza, 2009.

1. Água – abastecimento. 2. Redes de distribuição. 3. Água
- qualidade. 4. Redes de ferro fundido. I. Título.

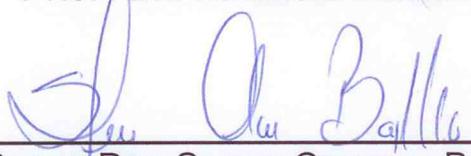
CDU 628.14

ROBERTO ABRANCHES

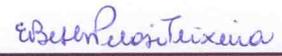
REABILITAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO – AVALIAÇÃO E CONTROLE



PROF. DR. DIRCEU D'ALKMIN TELLES



PROF^a. DR^a. SILENE CRISTINA BAPTISTELLI



PROF^a. DR^a. ELIZABETH PELOSI TEIXEIRA

SÃO PAULO, 26 DE MARÇO DE 2009

Dedicatória

*À minha esposa
Anna Paula,
que me fortalece,
mesmo nos
momentos
difíceis.*

*Ao meu filho
Felipe, que emana
sua energia e
preenche nosso
lar com divinas
cores e alegria.*

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles pela orientação e pelo incentivo durante a elaboração deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Helena Gemignani Peterossi, coordenadora do curso de pós-graduação do CEETEPS, pelo acolhimento recebido.

À Prof^a. Dr^a. Elisabeth Pelosi Teixeira, Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Pereira da Silva, Prof^a. Dr^a. Esméria Rovai, e toda a equipe pela dedicação e carinho recebido.

Aos funcionários do CEETEPS, em especial à Dona Cleonice Viana.

Aos colegas da Fatec e aos que acreditaram na realização deste trabalho.

Aos colegas da Sabesp que muito me incentivaram para a realização deste estudo, em especial à Maria Tereza Barboza Carvalho e à equipe de reabilitação da qual me orgulho em fazer parte, composta pelos colegas Tecg^o Wilson Santini, Eng^a Isabel Cristina P. Oshiro, Tecg^o Ricardo Chinaglia, Eng^o Anderson de Melo Martins, Eng^a Marta Regina Inoue, Químico Marcio L. R. P. Fernandes, Tecg^o Amarildo Miguel, Tecg^o Genival Abdias Carvalho, Tecg^o Hilton A. Oliveira, Eng^a Maria Sílvia Polisaitis, Eng^o Marcos Aurélio Martins e Tecg^o Sandro Waiteman Pereto.

Aos amigos que me deram o apoio e incentivo para superar as dificuldades do dia a dia e à minha mãe por seu amor incondicional e motivação.

Resumo

ABRANCHES, R. **Reabilitação de Redes de Distribuição de Água para Abastecimento – Avaliação e Controle**. 2009. 150 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2009.

Nos últimos anos o envelhecimento das tubulações de distribuição de água nos sistemas de abastecimento vem sendo alvo de estudo para adoção de programas específicos de reabilitação. O presente trabalho consiste numa proposta de desenvolvimento e aplicação de um modelo operacional para reabilitação de redes de distribuição de água para abastecimento público contemplando as fases de planejamento, aplicação de materiais e métodos, e formas de avaliação e controle. O principal objetivo é o de promover uma discussão técnica com a perspectiva futura de se fazer com maior e melhor eficiência a reabilitação dos sistemas de distribuição de água no que tange à recuperação das tubulações de ferro fundido, sobretudo nos grandes centros urbanos. Tomando como referência alguns trabalhos de reabilitação de redes de distribuição de água em empresas de saneamento do país e do exterior, a presente dissertação discorre a respeito dos problemas e soluções relacionados a esse tema, em particular, à reabilitação das tubulações de ferro fundido, que devido à formação de incrustações agravada pelo processo de corrosão, e conseqüente redução do tempo de vida útil, causa impacto adverso relacionado à qualidade da água distribuída, alterando seu aspecto, sabor e odor; e também às perdas reais de água (vazamentos) conferindo um alto consumo de energia ao sistema. As técnicas de reabilitação de redes usualmente empregadas, por hipótese, cumprem a função de restabelecer o abastecimento de áreas críticas chegando a resultados satisfatórios. No entanto, há situações, comprovadas por meio de avaliações de amostras de tubos retirados da rede de distribuição, que se mostra evidente a necessidade de um melhor acompanhamento, propondo-se como melhoria a revisão de normas e procedimentos, evidenciando a necessidade de um monitoramento contínuo por meio de uma fiscalização eficiente, e avaliações periódicas de amostras de tubos durante e após os serviços. Após a realização dos serviços de reabilitação, houve uma melhora quanto à qualidade da água, um aumento das pressões dinâmicas nas redes de distribuição, e também um aumento das vazões disponíveis para consumo em áreas de medição e controle pré-definidas.

Palavras-chave: Reabilitação de redes de distribuição; abastecimento de água, qualidade da água, redes de ferro fundido; corrosão; incrustação.

Abstract

ABRANCHES, R. **Rehabilitation of Water Supply Networks – Evaluation and Control**. 2009. Thesis (Master's Degree in Environmental Technologies) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2009.

Over the last years the ageing of pipelines in water supply systems has been the subject of studies for the adoption of specific rehabilitation programs. This work outlines a proposal for the development and application of an operational model aimed at the rehabilitation of public water supply networks. The model is comprised of three phases: planning, application of materials and methods, and types of evaluation and control. The main purpose of this work is to promote a technical discussion that leads to an improved and efficient rehabilitation of water supply systems in large urban areas, especially those made up of cast iron pipes. This paper, based on rehabilitation works in water supply networks performed by Brazilian and foreign water and sanitation companies, addresses the problems and solutions related to this matter. It particularly emphasizes the rehabilitation of cast iron pipelines which, due to build-up of incrustations aggravated by corrosion and consequent reduction of their service life, adversely affects the water quality and changes its aspect, taste and odor. Real water losses (leakages) in cast iron pipelines that result in high levels of energy consumption in the system are also discussed. Pipeline rehabilitation techniques supposedly reestablish the water supply in critical areas and achieve satisfactory results. However, there are cases in which the assessment of pipe samples collected from water supply networks confirmed the need of an improved monitoring and a review of standards and procedures. The findings showed the need of continuous inspections performed by an efficient team and periodic assessments of pipe samples during and after repair services. After performance of the works, there was an improvement in the water quality, an increase in the dynamic pressures in the water supply network, and also an increase of flows for consumption in previously defined metered and controlled areas.

Key words: Rehabilitation of water supply networks; water supply, water quality, cast iron pipelines; corrosion; incrustation.

Lista de Figuras

Figura 1	– Consumo médio diário por habitante nas capitais brasileiras em 2004.....	17
Figura 2	– Níveis e fases de atuação da metodologia proposta para a reabilitação.....	28
Figura 3	– Produção de água – processos chave.....	30
Figura 4	– Tubulação de ferro fundido com tubérculos de cor castanho-alaranjada.....	36
Figura 5	– Detalhe de tubérculo presente na tubulação.....	36
Figura 6	– Tubulação de polietileno em forma de anel ligada a dois imóveis.....	39
Figura 7	– A cor aparente na água anterior à instalação do do anel “P”... ..	40
Figura 8	– A cor da água após a instalação do anel “P”	40
Figura 9	– Análise de perda de água – SANEPAR – 2001.....	45
Figura 10	– Perdas reais em algumas cidades do Japão, Viena e região da Diretoria Metropolitana da Sabesp.....	46
Figura 11	– Comparativo do percentual de perdas entre setores: A e B....	50
Figura 12	– Ações Técnicas e gerenciais para redução e controle de perdas.....	52
Figura 13	– Classificação dos vazamentos.....	57
Figura 14	– Os quatro métodos básicos de gerenciamento das perdas reais.....	58
Figura 15	– Dados de pressão e vazão de abastecimento – VRP Rua dos Pilões.....	59
Figura 16	– Estimativa de redução de perdas na rede (%) em função da redução de pressão nas tubulações.....	61
Figura 17	– Evolução da taxa de danos por extensão por ano por tipo de material.....	64

Lista de Figuras

Figura 18	–	Projeção para renovação das redes – Sttugart, Alemanha.....	65
Figura 19	–	Distritos de medição e controle.....	67
Figura 20	–	Zonas de Medição e Controle – ZMCs.....	69
Figura 21	–	Zonas de Medição e Controle do Parque das Nações em Lisboa.....	70
Figura 22	–	Alterações na qualidade em função da implantação das ZMCs em Lisboa.....	71
Figura 23	–	Esquema para desencadeamento para as ações de reabilitação.....	75
Figura 24	–	Fluxograma para as ações de investigação e mapeamento....	80
Figura 25	–	Mapa da qualidade da água - Pólo de Manutenção Mooca.....	82
Figura 26	–	Mapa de vazamentos da rede – Pólo de Manutenção Mooca.	83
Figura 27	–	Mapa de falta d'água - Pólo de Manutenção Mooca.....	83
Figura 28	–	Áreas críticas – Unidade de Negócio Centro - (2002-2006)....	84
Figura 29	–	Áreas potenciais para reabilitação – Unidade de Negócio Centro – (2002-2006).....	85
Figura 30	–	Amostra de tubulação de ferro fundido Ø 100 mm.....	88
Figura 31	–	Amostra de tubulação de ferro fundido Ø 75 mm.....	89
Figura 32	–	Conceitos e terminologias de reabilitação.....	91
Figura 33	–	(a) Valas longitudinais abertas no passeio para aterramento dos fios elétricos; (b) Serviços de reposição do pavimento das valas pontuais abertas no passeio.....	93
Figura 34	–	(a) Câmera CCTV; (b) Imagens de uma inspeção com câmera.....	95
Figura 35	–	Raspadores mecânicos.....	96
Figura 36	–	Modelos de <i>pigs</i>	96

Lista de Figuras

Figura 37	–	Aplicação de revestimento de argamassa e cimento.....	99
Figura 38	–	(a) Procedimento de limpeza da tubulação; (b) Remoção das incrustações por arraste mecânico e produto da mistura do revestimento; (c) Detalhe das roldanas do equipamento do processo de arraste.....	102
Figura 39	–	Aplicação de revestimento de resina epóxi.....	104
Figura 40	–	Esquema do processo A.S.	105
Figura 41	–	(a) Colocação de agregado para limpeza de tubulação; (b) Mistura e aplicação da resina epóxi e caminhão dotado de coletor e filtro.....	106
Figura 42	–	Processo de rompimento pneumático ou dinâmico (<i>pipebursting</i>).....	109
Figura 43	–	Processo de rompimento hidráulico ou estático (<i>pipecracking</i>).....	110
Figura 44	–	(a) Detalhes da unidade hidráulica e hastes de aço (b) Detalhe macaco hidráulico e a puxada com detalhe da chegada da nova tubulação.....	111
Figura 45	–	Técnica de inserção simples.....	112
Figura 46	–	Redução de diâmetro por esmagamento ou rolldown.....	113
Figura 47	–	(a) Tubo dobrado; (b) Imagem da inserção do tubo de parede dobrada (c) Detalhe do tubo dobrado e detalhe do tubo expandido no interior da rede.....	114
Figura 48	–	Processo de perfuração direcionada ou furo dirigido.....	116
Figura 49	–	Amostra de tubulação reabilitada por resina epóxi em 2001...	118
Figura 50	–	Amostra de tubulação reabilitada por argamassa acrílica em 2006.....	118
Figura 51	–	Investigação e mapeamento - 1º etapa, 2006.....	120
Figura 52	–	Avaliação e controle- 2º etapa, 2006.....	121
Figura 53	–	Reclamações da qualidade da água – Setor Sacomã, 2006...	125

Lista de Figuras

Figura 54	–	Volume de d'água perdido em função de descargas na rede.	126
Figura 55	–	Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Jardim América – período anterior aos serviços de reabilitação das redes.....	127
Figura 56	–	Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Jardim América – período posterior aos serviços de reabilitação das redes.....	128
Figura 57	–	Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Sumaré – período anterior aos serviços de reabilitação das redes.....	130
Figura 58	–	Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Sumaré – período posterior aos serviços de reabilitação das redes.....	131
Figura 59	–	Número de trocas preventivas de ramais – Setor de Abastecimento Mooca.....	132
Figura 60	–	Índice de perdas – Setor de Abastecimento Mooca.....	133
Figura 61	–	Amostras de tubulação de ferro fundido antes e depois dos serviços de limpeza e revestimento das redes – Setor de Abastecimento Jd. América.....	133
Figura 62	–	Análise do consumo micromedido – Rua Januário Miraglia....	134
Figura 63	–	Análise do consumo micromedido – Rua Tajá.....	135
Figura 64	–	Análise do consumo micromedido – Rua Dr. Esdras Pacheco Ferreira.....	135
Figura 65	–	Análise do consumo micromedido – Rua Apinajés.....	137
Figura 66	–	Análise do consumo micromedido – Rua Aimberê – rede não reabilitada.....	137
Figura 67	–	Análise do consumo micromedido – Rua Caiowaa.....	138

Lista de Tabelas

Tabela 1	– Principais problemas nos sistemas de abastecimento que determinam desempenho insatisfatório.....	31
Tabela 2	– Extensão de rede em ferro fundido assentadas até 1970 por setor de abastecimento.....	32
Tabela 3	Caracterização geral das perdas de água em sistemas de abastecimento.....	44
Tabela 4	– Matriz do Bálano Hídrico – IWA.....	47
Tabela 5	– Balanço Hídrico da Cidade de São Paulo, ano 2005.....	48
Tabela 6	– Reduções de perdas reais por redução de pressão.....	60
Tabela 7	– Expectativa de vida útil das tubulações por material, em anos.....	64
Tabela 8	– Escala de setores prioritários para obras de reabilitação.....	87
Tabela 9	– Técnicas de reabilitação de redes.....	98
Tabela 10	– Análise de pressões da rede de distribuição com uso de modelo hidráulico.....	123
Tabela 11	– Estimativa de problemas de baixa pressão dentro de uma área.....	124

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABENDE	–	Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivo e Inspeção
ABRATT	–	Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva
AWWA	–	<i>American Water Works Association</i>
CCO	–	Centro de Controle Operacional
CONAMA	–	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	–	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
IWA	–	International Water Association
L/s	–	Litros por segundo
L/s.hab	–	Litros por segundo por habitante
m	–	Metros
m ³ /h	–	Metros cúbicos por hora
mH ₂ O	–	Metros de coluna de água
mm	–	Milímetros
MND	–	Método Não Destrutivo
NBR	–	Norma Brasileira
OMS	–	Organização Mundial da Saúde
ONU	–	Organização das Nações Unidas
PIPA	–	Plastics Industry Pipe Association of Australia Ltd
RMSP	–	Região Metropolitana de São Paulo
SAM	–	Sistema Adutor Metropolitano de Água
SABESP	–	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCOA	–	Sistema de Controle da Operação da Adução
WRc	–	Water Research Centre
ZMC	–	Zona de Medição e Controle

Sumário

1.	Introdução.....	14
1.1.	A questão do consumo e do desperdício.....	16
1.2.	A questão da qualidade das águas.....	19
1.3.	A vulnerabilidade dos sistemas de distribuição.....	21
2.	Justificativa.....	24
3.	Objetivo.....	25
3.1.	Objetivos específicos.....	25
4.	Referencial teórico.....	26
4.1.	A reabilitação de redes em Vila Franca de Xira – Portugal.....	27
4.2.	Diagnosticando os problemas das redes de distribuição.....	29
4.3.	Perdas de água em sistemas de distribuição.....	43
4.4.	Matriz de Balanço Hídrico – IWA.....	46
4.5.	Indicadores de perdas.....	49
4.6.	Redução e controle de perdas.....	51
4.7.	Monitoramento das redes de distribuição.....	65
5.	Metodologia.....	73
5.1.	Área de estudo.....	73
5.2.	Plano de reabilitação.....	74
5.3.	A metodologia proposta do plano de reabilitação de redes.....	76
5.4.	O cadastro das redes.....	81
5.5.	Mapeamento de áreas críticas.....	81
5.6.	Estabelecendo prioridades.....	85
5.7.	Amostragem.....	88
5.8.	O conceito de reabilitação.....	90
5.9.	Métodos não destrutivos.....	91
5.10.	Investigando os problemas.....	93
5.11.	Técnicas de reabilitação por renovação.....	95
5.12.	Reabilitação por substituição das redes existentes.....	107
5.13.	Reabilitação por perfuração direcionada, ou furo direcional.....	114
5.14.	Acompanhamento técnico.....	117
5.15.	Avaliação e controle.....	119
6.	Resultados e discussão.....	125
	Conclusão.....	139
	Sugestões para complemento ao estudo.....	140
	Referências.....	142
	Apêndices A e B.....	147

1. INTRODUÇÃO

A alta dependência humana em relação à água e a sua baixa disponibilidade nos impõem a sua preservação.

Recentemente, conforme publicado no relatório do Fórum Econômico Mundial em Davos, na Suíça, as reservas de água potável podem se esgotar em menos de 20 anos, em consequência do aumento constante da demanda, que cresce em ritmo mais rápido que a população mundial (ECODEBATE, 2009a).

Segundo o texto do relatório, no futuro, o mundo não poderá simplesmente administrar a questão da água como tem feito no presente.

Também num artigo recente, publicado no jornal “Le Monde Diplomatique Brasil”, Whately et al. (2008) avalia que 1 bilhão de pessoas não têm acesso a água de boa qualidade e 2,6 bilhões, ou 40% da população mundial, não têm acesso a saneamento adequado. Uma parcela significativa deste montante não vive em zonas rurais, mas nas grandes cidades, onde atualmente reside metade da população mundial, ou 3,3 bilhões de pessoas.

Estes dados nos remetem à reflexão proposta por Salati et al. (2006) quando afirmam que no futuro, a escassez de água e a poluição serão fatores limitantes ao desenvolvimento sustentável, em particular nos países em desenvolvimento.

A escassez de água é resultado do consumo cada vez maior, do mau uso, do desmatamento, da poluição e do desperdício.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a escassez hídrica ocorre quando o total da água de lagos, rios e aquíferos não é adequado para satisfazer as demandas dos seres humanos e dos ecossistemas, resultando em uma crescente competição entre usuários de água.

Do ponto de quantitativo, segundo Ribeiro (2008), esse mesmo programa define a escassez hídrica quando a população de uma determinada

região dispõe de menos de 1.000 m³ de água por ano nas reservas naturais (rios, lagos e água subterrânea).

A população sofre com a escassez hídrica na região metropolitana da cidade do México, por exemplo.

Em El Mirador, um labirinto de construções anárquicas, cujas ladeiras vertiginosas foram pavimentadas com cimento pelos habitantes, uma moradora reclama que faz oito anos que a água não sai mais da torneira: “Nós a recebemos duas vezes por semana por caminhão-pipa e somos obrigados a reciclar”. Nem 15% dos dois milhões de habitantes de Ecatepec, a municipalidade local, são atendidos permanentemente (ECODEBATE, 2009b).

No Brasil, o crescimento da população urbana promoveu também um aumento considerável nas demandas hídricas.

Este aumento, segundo Tundisi (2003), associado à expansão urbana, à degradação dos mananciais e à contaminação e poluição, causaram efeitos deletérios aos recursos hídricos, do ponto de vista qualitativo e quantitativo.

Segundo o autor, as causas foram: urbanização e despejos de esgotos sem tratamento, construção de estradas; desvios de rios, construção de canais, mineração, hidrovias; construção de represas, atividades industriais, agricultura, pesca, piscicultura, aquicultura, introdução de espécies exóticas, disposição de resíduos sólidos (lixo urbano) e desmatamento das bacias hidrográficas.

Na região metropolitana de São Paulo, a disponibilidade hídrica é preocupante.

Segundo o atual diretor metropolitano da Sabesp, engenheiro Paulo Massato, a RMSP é a que tem menos disponibilidade de água per capita do País (ESCOBAR, 2008).

A Sabesp, empresa de saneamento do estado, calcula que a disponibilidade de água na metrópole é de 165 mil litros anuais por pessoa (incluindo toda a água da bacia, mais a trazida do Sistema Cantareira),

enquanto que nas regiões mais áridas do Nordeste, esse índice gira em torno de 400 mil litros.

Como referência, a disponibilidade mínima considerada sustentável pela Organização das Nações Unidas – ONU, é 1,5 milhão de litros ao ano por habitante (ESCOBAR, 2008).

1.1. A questão do consumo e do desperdício

É fato que o crescimento acelerado da população urbana e da industrialização está submetendo a grave pressão os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Por isso, garantir água de boa qualidade nas grandes cidades será um dos principais desafios deste século.

No caso da cidade do México, as fontes alternativas para o abastecimento se encontram cada vez mais distantes, e os métodos para trazer água são caros e vulneráveis fomentando a disputa pela gestão entre os estados da federação. O volume extraído dos poços é da ordem de 50m³/s, abastecendo 80% da demanda. Apesar de todas essas dificuldades, o consumo diário per capita dos quase 20 milhões de habitantes da capital mexicana é de 364 litros por dia, enquanto que a ONU recomenda um consumo diário *per capita* de 110 litros (WHATELY et. al, 2008).

No Brasil, a situação não é diferente, a média de consumo diário *per capita* nas capitais brasileiras é de 150 litros por habitante. As cidades de Vitória, Rio de Janeiro e São Paulo apresentam os maiores consumos por habitantes do país (todas superiores a 220 litros/hab/dia), conforme podemos verificar na Figura 1.

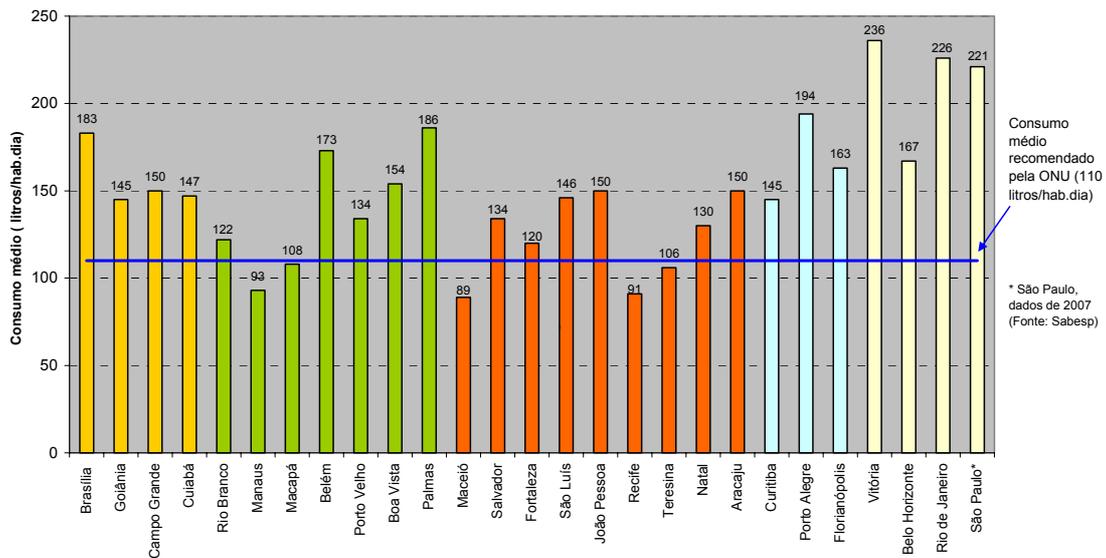


Figura 1. Consumo médio diário por habitante nas capitais brasileiras em 2004.

Fonte: WHATELY et. al, 2008.

Segundo Whately et. al (2008), na Região Metropolitana de São Paulo, se o consumo doméstico por pessoa for mantido na média atual, a previsão é que em 2025 haja uma demanda adicional de 375 milhões de L/dia, ou 4,34 m³/s.

Além disso, um recente estudo revela que 45% da água retirada dos mananciais das capitais brasileiras são desperdiçados em vazamentos, submedições e fraudes, ou seja, a quantidade de água jogada fora foi estimada em 6,14 bilhões de litros por dia (o equivalente a 2.457 piscinas olímpicas, com medidas de 50x25x2 metros) que seria suficiente para atender o consumo diário de 38 milhões de pessoas (ISA, 2008).

A seguir, são apresentados alguns pontos do estudo, que mostra a situação de abastecimento de água nas capitais brasileiras (ISA, 2008):

Abastecimento:

- Apenas seis das 27 capitais atendem à totalidade de sua população.

- Apesar da média de cobertura ser de 90%, as cidades de Porto Velho, Rio Branco e Macapá cobrem apenas 30,6%, 56,2% e 58,5% de suas populações, respectivamente.

Consumo:

- A média de consumo *per capita* nas capitais é de 150 litros por dia (a despeito da recomendação da ONU, de 110 litros);
- São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória apresentam os maiores consumos: mais de 220 litros/habitantes/dia.

Perda (por vazamentos e outros fatores):

- A água perdida diariamente nas capitais seria suficiente para abastecer 38 milhões de pessoas/dia.
- Em termos percentuais, se destacou Porto Velho, com 78,8% do total.
- Em termos de volume, o Rio de Janeiro perde diariamente um volume igual ao de 618 piscinas olímpicas.

Só na Grande São Paulo, 18% da água captada é perdida por vazamentos na rede da Sabesp. Isso equivale a 1 bilhão de litros/dia que, descontadas as perdas, seriam suficientes para abastecer 3,7 milhões de pessoas.

"É uma Guarapiranga por dia que estamos jogando fora", segundo Marussia Whately, coordenadora da Campanha de Olho nos Mananciais do Instituto Socioambiental (WHATELY et. al, 2008).

Portanto, é crucial o empenho de profissionais da área de saneamento e empresas coligadas na busca por soluções técnicas e ambientais na tentativa de amenizar o desperdício e fomentar iniciativas para a preservação dos recursos hídricos.

Segundo Silva (1998), é importante buscar identificar as origens da

organização institucional dos serviços públicos, em particular daqueles relativos aos recursos hídricos e saneamento, importantes setores responsáveis pela manutenção dos padrões adequados de qualidade ambiental e, conseqüentemente, de saúde coletiva, proporcionando a melhoria da “qualidade de vida” da população.

O aumento do consumo, a ameaça à qualidade e conseqüente diminuição da disponibilidade hídrica para atender à demanda obriga as agências, o poder público e empresas de saneamento coligadas a gerir ações estratégicas para garantir a sustentabilidade, fazendo com que as instituições, sejam elas públicas ou privadas, se empenhem na difícil tarefa para garantir a preservação dos recursos naturais, em especial, da água.

Essas ações em geral são específicas, locais e de longa duração, por isso nem sempre de baixo custo.

1.2. A questão da qualidade das águas

Ao se falar da qualidade das águas, a situação não é menos crítica.

Os fatores que modificam a qualidade da água para consumo humano originam-se muito antes à fase do tratamento e distribuição dos sistemas de abastecimento.

No meio rural, nas diversas formas de ocupação do território, segundo Rebouças (2006), historicamente a economia fundamentou-se pela exploração extensiva do potencial hídrico do solo, tanto a agricultura como a pecuária; ou seja, ao longo dos anos a população rural foi responsável pelo desmatamento das bacias hidrográficas, os processos erosivos, o empobrecimento das pastagens nativas, bem como a redução das reservas de água.

Com isso, o Brasil ocupa o 5º lugar na lista mundial dos maiores consumidores de pesticidas e herbicidas, utilizando perto de 200 mil ton³/ano, cuja aplicação praticamente não é controlada (REBOUÇAS, 2006, p.132).

Já no meio urbano, segundo o autor, há um quadro social

especialmente agravado pela ocupação de favelas em áreas de alto risco – encostas dos morros e várzeas dos rios –, com lançamento de 90% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais não tratados nos corpos de água utilizados para abastecimento, não coleta do lixo produzido – cerca de 90 mil ton/dia –, disposição de 76% desse volume de forma inadequada, e grande desperdício de água disponível.

É sabido que o despejo de resíduos urbanos, rurais e industriais em córregos, rios e lagos, contribuem para o acréscimo de matéria orgânica na água e que devido à redução dos níveis dos mananciais, por motivo do aumento de desmatamentos, destruição de matas ciliares e impermeabilização dos solos, acabam se sedimentando nos leitos e margens, aprofundando os efeitos nocivos da contaminação (ONG DEFENSORIA DAS ÁGUAS et al., 2004).

Pode-se citar o caso de uma empresa do setor de cosméticos em Goiás que há pouco tempo lançou grande quantidade de amônia, enxofre (sulfeto de hidrogênio), arsênio e tricloroetileno sobre a bacia do ribeirão João Leite, que abastece a cidade de Goiânia. Na ocasião, os efluentes, em quantidade acima do permitido pela Resolução Conama 357/2005, impregnaram na água, alterando o seu sabor, provocando mau cheiro e afetando 25 bairros da região norte e central da cidade, segundo matéria publicada por SANTOS (2008).

A contaminação da represa do Guarapiranga, na região metropolitana de São Paulo, é um caso recorrente.

No mês de setembro de 2008, a proliferação de algas ocasionou uma alteração no odor e sabor na água consumida, principalmente devido à estiagem e a alta concentração de nutrientes na represa. No caso, a percepção dos moradores pelo efeito causado na água foi imediata, com depoimentos inclusive, como se pôde comprovar na matéria publicada por REINA, E. (2008).

Naquele mesmo mês, um índice polêmico havia saído nas manchetes de jornais de grande circulação da capital: 500 litros de esgoto por segundo *in natura* são despejados diariamente em rios e córregos da cidade de

São Paulo, e parte desse montante tem por origem cerca de 100 mil ligações irregulares de esgotos, segundo matéria publicada por REINA, M. (2008).

Portanto, ainda há muito que se fazer para que a questão da poluição dos rios, córregos e represas seja resolvida.

1.3. A vulnerabilidade dos sistemas de distribuição

Com o passar do tempo os sistemas de distribuição se deterioram de maneira natural, ou mesmo acelerada, dando origem a problemas operacionais que por sua vez geram altos índices de perdas de água, aumento dos custos operacionais e diminuição da qualidade da água, levando a um crescente aumento de despesas com manutenção e, por conseqüência, um aumento do número de reclamações por parte dos consumidores.

Segundo Soares et al. (2002), a qualidade da água de uma rede de abastecimento está fortemente relacionada ao seu regime de distribuição, às características de projeto e operação do sistema de abastecimento e também à localização do empreendimento no que diz respeito à vulnerabilidade da área de influência.

Freqüentemente, nos sistemas de distribuição, a vulnerabilidade das redes está associada à operação. A manobra nos registros e válvulas, por exemplo, produz variações significativas das pressões no sistema.

A manobra, em áreas intermitentes e em locais onde as tubulações são antigas, na maioria dos casos, incrustadas, a qualidade da água é alterada. Quando dotadas de pequenas fissuras, o sistema de distribuição se mostra mais vulnerável a infiltrações, nestes casos parcelas do solo e matéria orgânica são carreadas para o interior das mesmas.

Nestes casos, segundo CHEUNG e REIS (2007), pode ocorrer a formação de um biofilme nas tubulações, devido ao acúmulo de matéria orgânica, e ocorrer alterações nos padrões bacteriológicos da água abastecida, modificando o seu sabor e causando mau cheiro.

Gugelmin et al. (2003) por exemplo, observaram significativa

aumento do nível de contaminação dos instrumentos odontológicos de alta- rotação e da seringa-tríplice, que por meio de análise de amostras de placas bacterianas, comprovou-se que o aumento teria sido provocado pela formação de biofilme de microrganismos, que com o passar do tempo, teriam se depositado nas tubulações que alimentam os instrumentos odontológicos e depois transportados pela água.

Ribeiro (2008) menciona que a falta de condições adequadas está gerando o retorno de doenças antes consideradas erradicadas ou que não tinham seu número de casos aumentando durante a década de 1990. Esse é o caso da diarreia, do tifo, da cólera, e de mais de trinta tipos de bactérias e vírus que afetam o aparelho digestivo humano, cujo contágio ocorre por meio da ingestão da água contaminada, principalmente onde a infra-estrutura de saneamento básico é inadequada ou inexistente.

Segundo o autor, há muita divergência entre organismos que divulgam dados sobre o total de mortes relacionadas com a água, mas todos concordam que elas ultrapassam dois milhões por ano, número bastante elevado, sendo que a as crianças são as principais vítimas.

Percebe-se, portanto, o quanto ainda falta ser elucidado no tocante à epidemiologia das doenças transmissíveis via abastecimento e consumo de água, reforçando as recomendações sobre os limites do controle laboratorial e a importância de recursos adicionais de avaliação e gerenciamento de riscos, dentre os quais se insere a inspeção sanitária e o empenho técnico e responsável dos profissionais da área do saneamento básico.

Ao tratar da gestão dos sistemas públicos de abastecimento de água, Covas e Ramos (2007) citam os países desenvolvidos da Europa e América do Norte, onde muitos dos sistemas de abastecimento foram construídos há algumas décadas, e, atualmente as entidades gestoras se defrontam com o desafio de manter, operar e gerenciar os sistemas de forma a garantir a satisfação das necessidades de água com a qualidade adequada aos consumidores.

As autoras mencionam que o envelhecimento das redes de

abastecimento de água é um processo natural e inevitável; e como consequência, as empresas e instituições gestoras são confrontadas com as alternativas de renovação (reparação), substituição ou reforço das redes, surgindo aí novas questões como: o quê, onde, quando e como reabilitar?

Muitas vezes os engenheiros e gestores têm de tomar uma série de decisões baseados em informação vaga, incompleta e desatualizada dos seus sistemas constituídos por redes enterradas (COVAS e RAMOS, 2007, p. 62).

Elas se referem especialmente ao cadastro das redes, que na maioria das vezes, por serem antigas, se mostra desatualizado.

Atenção especial deve ser dada à melhoria da infra-estrutura, em particular às redes de distribuição de água, um dos braços fortes para a redução das perdas, uma vez que com o passar dos anos há um decréscimo significativo da capacidade de suporte hidráulico das tubulações em função do fenômeno da corrosão, com consequente formação de tubérculos nas paredes internas, as chamadas incrustações, interferindo muito também na qualidade do fornecimento da água aos consumidores. Portanto é viável a adoção de ações planejadas para redução e controle das perdas, e reabilitação dos sistemas de distribuição.

De acordo com Martins e Sobrinho (2006), hoje no Brasil, as maiores deficiências dos sistemas de abastecimento de água devem-se principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente na parte de distribuição de água.

A implantação de um programa de reabilitação das redes de distribuição de água de forma estruturada tem por objetivo reduzir os impactos causados pela deterioração das redes de abastecimento procurando restabelecer a capacidade de veiculação hídrica e melhoria da qualidade de água distribuída, e também reduzir os prejuízos econômicos em consequência das perdas.

2. JUSTIFICATIVA

O ataque corrosivo das águas de abastecimento público às paredes das tubulações, movimentação de solo, entre outros fatores, reduz sua resistência mecânica, o que favorece a ocorrência de vazamentos e rupturas. Além dos prejuízos causados pela perda de água e queda de pressão nas redes de distribuição, os vazamentos vêm a se constituir em pontos de infiltração da água presente no solo, um fator de contaminação importante que não deve ser desprezado, pois compromete a segurança sanitária e a saúde das pessoas.

O restabelecimento e recuperação da infra-estrutura são um dos braços que movem um programa de redução e controle das perdas. Do ponto de vista empresarial, esta ação favorece o aumento da receita, uma vez que investimentos em novas obras para interligação e ampliação do sistema como o aumento da capacidade instalada de adutoras podem ser adiadas. As empresas do setor de saneamento que atuam nas regiões metropolitanas vêm-se obrigadas a incorporar em seus planejamentos operacionais, planos específicos, por meio de métodos não destrutivos, para a reabilitação das redes de distribuição de água, além é claro de planejar o monitoramento efetivo do sistema, uma vez que nessas regiões a água passou a ser um bem valioso.

3. OBJETIVO

A presente dissertação tem por objetivo principal descrever o processo de implementação de um plano de reabilitação de redes de distribuição de água na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, cuja metodologia, com base teórica proposta por Evins *et al.* (1989), vem sendo adequada na prática, contemplando as etapas de planejamento, investigação, estudo de tecnologias, equipamentos disponíveis, avaliação e controle, tomando por referência companhias de saneamento do país e do exterior.

3.1. Objetivos específicos

Apresentar as técnicas disponíveis de reabilitação de redes de ferro fundido e sua aplicação, por meio de monitoramento da operação e avaliação de indicadores.

Salientar as metodologias para avaliação e aprimoramento dos serviços de reabilitação de redes por meio de análise de amostras e acompanhamento técnico, visando atender as expectativas dos consumidores de água de abastecimento público com disponibilidade e qualidade.

3. OBJETIVO

A presente dissertação tem por objetivo principal descrever o processo de implementação de um plano de reabilitação de redes de distribuição de água na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, cuja metodologia, com base teórica proposta por Evins *et al.* (1989), vem sendo adequada na prática, contemplando as etapas de planejamento, investigação, estudo de tecnologias, equipamentos disponíveis, avaliação e controle, tomando por referência companhias de saneamento do país e do exterior.

3.1. Objetivos específicos

Apresentar as técnicas disponíveis de reabilitação de redes de ferro fundido e sua aplicação, por meio de monitoramento da operação e avaliação de indicadores.

Salientar as metodologias para avaliação e aprimoramento dos serviços de reabilitação de redes por meio de análise de amostras e acompanhamento técnico, visando atender as expectativas dos consumidores de água de abastecimento público com disponibilidade e qualidade.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, especificamente na área de atuação da Sabesp, a partir da década de 70, ocorreu a sistematização dos primeiros projetos de reabilitação de tubulações por meio dos métodos de limpeza interna dos condutos.

No início dos anos 80, a implementação desses projetos ganhou novo impulso em função da queda de investimentos no setor e a necessidade de otimização da capacidade instalada como forma de atender a pressão da demanda, uma vez que não havia recursos financeiros suficientes naquela época para o emprego de pesados investimentos necessários para construção de novas adutoras e elevatórias.

Como referência, Onofre et al. (1989) relatam as ações desenvolvidas pela Sabesp para controle e redução da corrosão nos sistemas de adução e distribuição na época.

Em meados de 2005, ocorreu uma nova sistematização para implementação de um plano de reabilitação de redes na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, que teve como referencial teórico um plano desenvolvido por Evins et al. (1989), cujas principais etapas são:

- Estabelecer, em primeiro lugar, uma estrutura comum de critérios e procedimentos desenvolvidos para proporcionar a tomada de decisão eficiente e imparcial ao longo de toda a área do sistema de distribuição;
- Subdividir a área do sistema de distribuição em zonas que formem unidades básicas, para permitir que sejam feitas investigações detalhadas;
- Avaliação abrangente da dimensão dos problemas, em cada uma das zonas, e classificação das zonas em ordem de prioridade (priorização das zonas), para realizar uma investigação detalhada;
- Desenvolver um plano estratégico de reabilitação, levando em consideração os resultados das investigações detalhadas

procedidas em cada zona, tão logo esses resultados estejam disponíveis, colocando objetivos específicos e direcionando os recursos disponíveis para onde eles forem mais necessários;

- Estimar os gastos requeridos para o sistema de distribuição como um todo, para o planejamento financeiro de longo prazo.

Ao promover tal ação, Evins et al. (1989) propõe considerar indicadores ou parâmetros operacionais para acompanhamento e avaliação do desempenho do plano.

Os indicadores utilizados na Unidade de Negócio Centro da Sabesp são: número de vazamentos por metro linear de rede, n° de reclamações da qualidade da água pelos consumidores e valores de pressão na rede de distribuição.

4.1. A reabilitação de redes em Vila Franca de Xira – Portugal

Muito semelhante ao plano proposto para a Unidade de Negócio Centro, Borda D'água et al. (2008) trata da estratégia de implementação de um plano de reabilitação de redes de distribuição em Vila Franca de Xira, Portugal. Lá, no entanto, foi proposta uma metodologia baseada em quatro níveis de decisão.

Inicialmente, a partir de um primeiro estágio, nível 1, aplicável ao sistema de abastecimento como um todo, e passando pelos níveis 2 e 3, associados à análise, e à particularização do componente a reabilitar, respectivamente, até o nível 4, referente à avaliação dos resultados:

- Nível 1 – Análise macro do sistema (direção);
- Nível 2 – Análise micro em subsistemas/setores (localização);
- Nível 3 - Decisão de onde reabilitar (implementação);
- Nível 4 - Avaliação dos resultados (avaliação).

A especificidade de cada nível permitiu definir diretrizes, localização do setor e componente a reabilitar, estabelecer prioridades, definir as técnicas e métodos para implantação das intervenções estabelecendo cronograma e,

finalmente, proceder à avaliação da eficácia do plano procedendo ao seu controle, avaliação e revisão, conforme ilustrado na Figura 2.

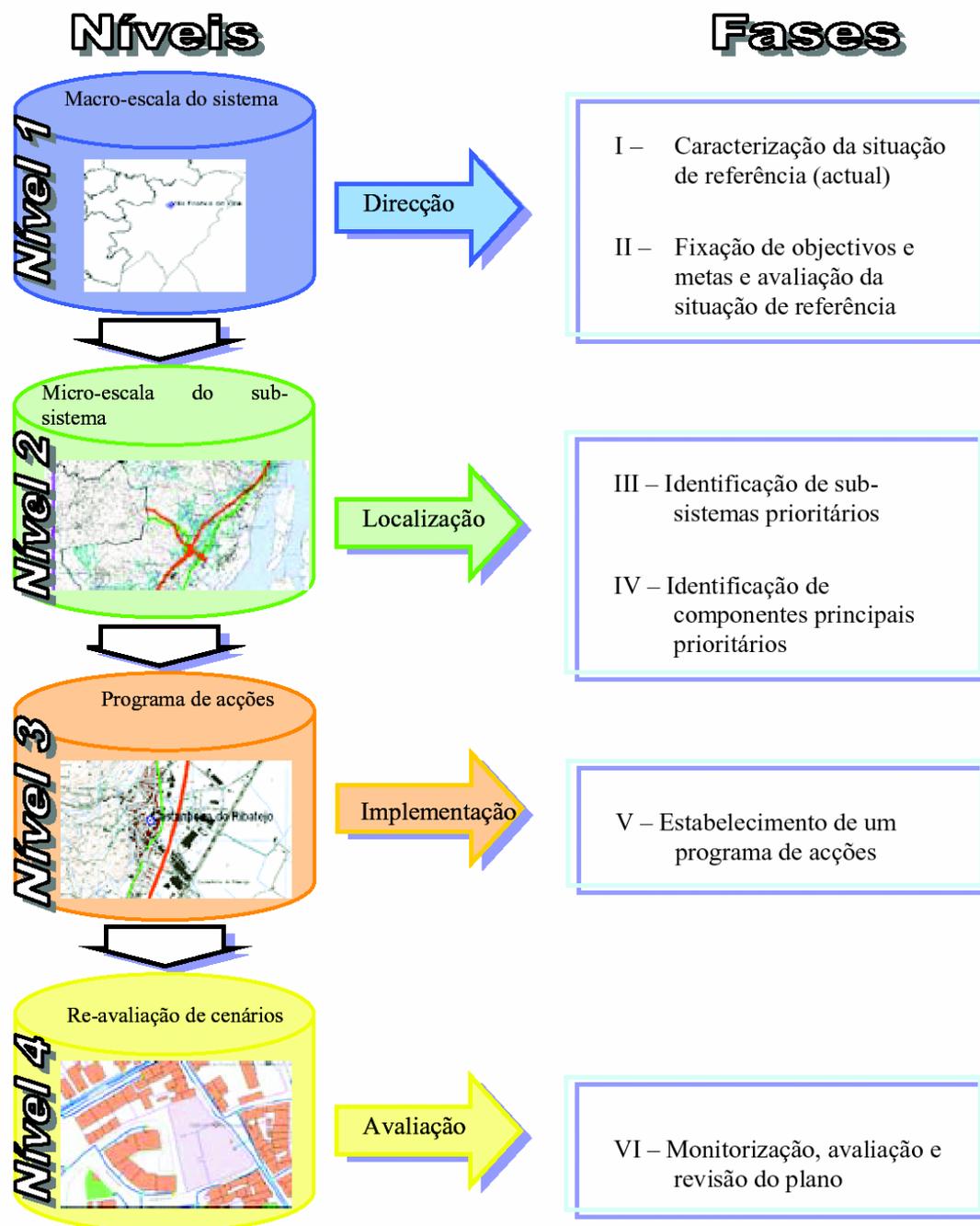


Figura 2. Níveis e fases de atuação da metodologia proposta em Vila Franca de Xira

Fonte: BORDA D'ÁGUA et al., 2008.

Segundo as autoras, para o gerenciamento dos serviços de abastecimento de água há que se tomarem decisões de forma a manter um padrão aceitável de serviço:

Dados os investimentos em jogo, é necessário fundamentar bem as decisões sobre “quanto”, “onde”, “quando” e “como” reabilitar as redes de distribuição, com base em critérios técnicos, funcionais e econômicos. Estas decisões são dificultadas pelo fato de se tratar de infra-estrutura enterrada e não podem ser facilmente inspecionada, pelo que é necessário recorrer a métodos indiretos pra avaliação e diagnóstico para apoio à decisão (BORDA D'ÁGUA et al., 2008).

O plano de reabilitação tal como foi abordado, trata de um plano de caráter tático, com definição de técnicas de reabilitação e com o estabelecimento de linhas orientadoras para a elaboração de planos operacionais.

Este caso da cidade de Lisboa foi citado como exemplo porque, por coincidência, a metodologia empregada na implantação do Plano de Reabilitação de Redes da Unidade de Negócio Centro da Sabesp ocorreu de forma parecida, cujas etapas de planejamento, operação, e ciclo de avaliação e controle foram estabelecidas no ano de 2004, e continuam valendo até os dias de hoje.

4.2. Diagnosticando os problemas das redes de distribuição

A primeira fase para se elaborar um plano de reabilitação de redes é a fase do diagnóstico.

Esta fase se resume em conhecer e investigar os problemas e suas causas. Isto é, tentar descobrir os motivos pelo qual o produto água está chegando ao consumidor final de forma não satisfatória.

Como primeiro passo, procura-se entender os processos chaves do sistema de produção de água ou de abastecimento, o que pode ser facilmente ilustrado na Figura 3:

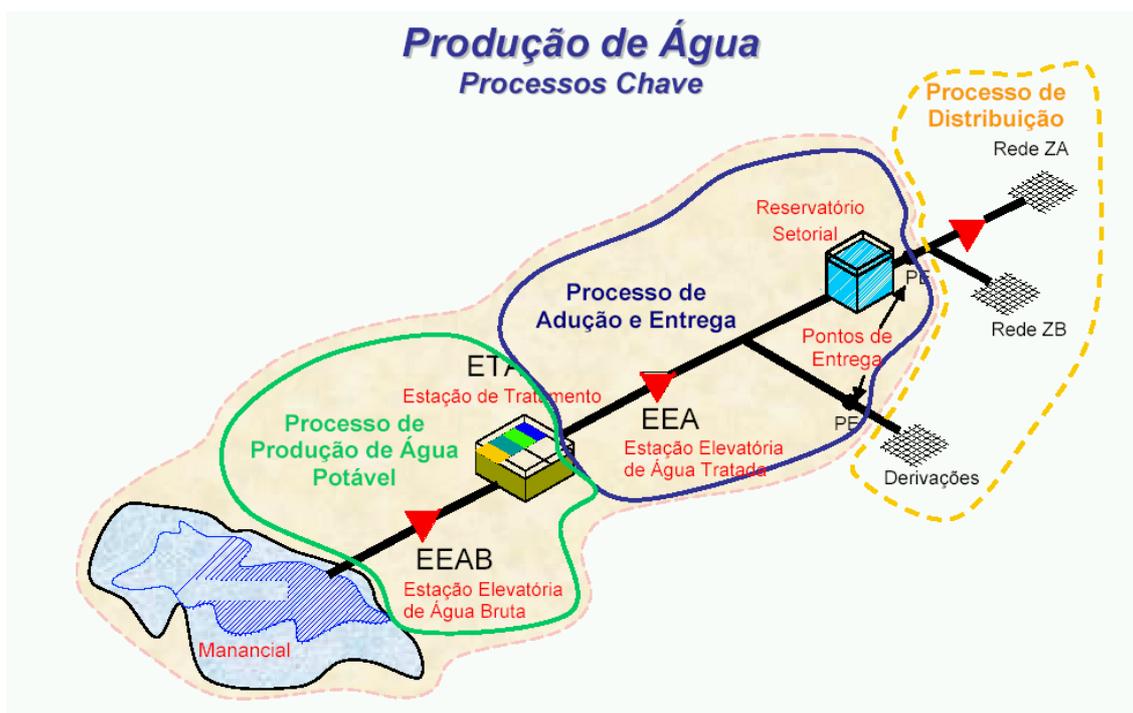


Figura 3. Produção de água - processos chave

Fonte: SABESP, 2006. Relatório Síntese dos Planos Integrados Regionais.

Identificam-se na Figura 3 os processos chaves da produção de água em um sistema de abastecimento: o processo de captação, os processos de adução de água bruta e produção de água potável (tratamento), os processos de adução de água tratada e entrega (reserva), e finalmente o processo de distribuição.

Ao mencionar as causas que tornam um sistema de abastecimento deficiente, Venturini e Barbosa (2002), na Tabela 1, relacionam de forma resumida, os principais problemas encontrados:

Tabela 1. Principais problemas nos sistemas de abastecimento que determinam desempenho insatisfatório.

Categoria de Desempenho Insatisfatório	Problemas e causas mais freqüentes:
Deterioração de obras, equipamentos e componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioração de reservatórios, ETAS; • Deterioração de equipamentos mecânicos (ex. válvulas) ou eletrônicos; • Envelhecimento natural das tubulações.
Deterioração nos processos qualitativos originais de projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Redução na capacidade de tratamento; • Qualidade da água tratada, deteriorada em razão de degradação, do recurso hídrico captado no curso d'água.
Deterioração dos processos quantitativos originais de projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Altas pressões, variação freqüente das pressões e transitórios hidráulicos; • Altos índices de incrustações nas tubulações de rede, devido à ineficiência da ETA (ferro, carvão ativado); • Incapacidade de manter vazão bombeada inicialmente prevista; • Incapacidade de manter a carga manométrica inicialmente prevista; • Consumo excessivo de energia.

Fonte: Venturini e Barbosa, 2002.

De acordo com a Tabela 1 proposta por Venturini e Barbosa, observa-se que os problemas basicamente se resumem à má qualidade e disponibilidade reduzida da água distribuída aos consumidores, tendo como origem um fator praticamente comum, e que pertence a todas as etapas dos processos chave: a deterioração dos sistemas, equipamentos e processos.

Os problemas relacionados à rede de distribuição são associados basicamente ao envelhecimento natural das tubulações, aos fatores que potencializam o fenômeno da corrosão e à formação de incrustações que podem vir a comprometer a qualidade e disponibilidade da água no futuro.

Quanto à rede hidráulica em particular, as tubulações de ferro fundido podem apresentar problemas estruturais ao longo de sua vida útil, como a incidência de fissuras em sua parede, que tende a se tornar mais freqüentes, principalmente devido à fragilização da tubulação iniciada muitas vezes por um processo corrosivo, acarretando o aumento das perdas de água devido a vazamentos da rede ou rompimentos.

A Unidade de Negócio Centro da Sabesp, por exemplo, dispõe de um sistema de abastecimento de água composto de 5.800 km de redes de distribuição, onde 85% das redes existentes são de ferro fundido e foram assentadas anteriormente a 1970, conforme mostrado na Tabela 2, o que força o seu corpo gestor a adotar ações específicas visando à manutenção e melhoria do sistema de distribuição e a entrega do produto água com qualidade e quantidade satisfatória aos consumidores e demais usuários do sistema.

Tabela 2. Extensão de rede em ferro fundido assentadas até 1970 por setor de abastecimento.

Setor de Abastecimento	Extensão de rede em Ferro Fundido < 1970 (km)
MOOCA	376,9
VILA FORMOSA	369,1
VILA ALPINA	251,2
JABAQUARA	294,6
VILA MARIANA	166,1
VILA ROMANA	279,3
DERIV SACOMA	181,8
JARDIM AMERICA	247,4
DERIV IPIRANGA	208,5
SUMARE	165,7
CONSOLACAO	242,4
CAMBUCI	139,5
PAULISTA	167,9
CURSINO	143,8
DERIV BROOKLIN	102,9
CARRAO	131,1
LAPA	111,7
PERDIZES	85,7
SACOMA	70,7
PINHEIROS	147,3
DERIV SUMARE	15,7
DERIV CONSOLACAO	4,1
CASA VERDE	12,2
CIDADE TIRADENTES	0
DERIV SAO MATHEUS	0
DERIV TERCEIRA DIVISAO	0
JARDIM DA CONQUISTA	0
JARDIM SAO PEDRO	0
SAO MATHEUS	0
SAPOPEMBA	0
TOTAL	4.881

Fonte: SABESP/SIGNOS, 2006.

De acordo com o relatório de estruturação do Subprograma de Reabilitação de Redes da Diretoria Metropolitana da Sabesp, em termos de falhas estruturais, que resultam em vazamentos nos tubos ou nas juntas, a incidência nas redes varia de 7 a 10% do total de vazamentos, representando, em 2005, entre 31.000 e 44.000 vazamentos. Comparativamente com sistemas bem operados no mundo, a situação é muito ruim, como demonstram os indicadores apresentados a seguir (SABESP, 2008a):

- Diretoria Metropolitana:.....115 a 163 Vaz. rede/100km.ano;
- Tóquio:.....3 Vaz. rede/100km.ano;
- EUA:..... 18 a 36 Vaz. rede/100km.ano;
- Alemanha:.....18 Vaz. rede/100km.ano;
- Londres:.....79 Vaz. rede/100Km.ano;
- Lisboa:.....43 Vaz. rede/100Km.ano;
- IWA (“inevitável”):.....13 Vaz. rede/100km.ano.

Fatores externos também podem potencializar esse processo de fragilização das tubulações como, por exemplo, a qualidade do material utilizado, as condições de solo, condições de tráfego local, a pressão e vazão de operação.

Em Londres cerca de 30% das redes de água têm mais de 150 anos, e mais de 50% das redes têm mais de 100 anos, e estão operando. Comparando-se esses dados com a situação das idades das redes em São Paulo pode-se afirmar que o problema maior aqui não é a idade da rede, mas a qualidade da rede (material e execução) e sua operação (SABESP, 2008a).

Costa e Telles (2007) mencionam que a intensidade da reação de corrosão de uma tubulação metálica depende do metal e das condições de temperatura e pressão do sistema; das impurezas presentes na água, das condições de operação, e do valor do pH, o potencial hidrogeniônico que expressa a concentração de íons de hidrogênio na solução. Quanto mais baixo

o pH, ou mais ácida a água, mais intensa será a reação de corrosão.

Cabe ressaltar que a qualidade da água doce para abastecimento urbano está vinculada aos padrões de potabilidade. No Brasil estes padrões são estabelecidos pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria n° 518, de 25 de Março de 2004 (COSTA e TELLES, 2007).

O controle de acidez da água é efetuado adicionando-se uma substância alcalina, o pH é corrigido por meio da adição de álcalis (cal), para manter a água numa faixa de pH recomendável para o consumo humano, que segundo a Portaria n° 518 de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde, se situa entre 6,0 e 9,5.

Outro problema verificado nas redes de distribuição está relacionado à formação de incrustações ou a presença de bactérias oxidantes de ferro, aeróbias, como as *Gallionella ferrugineam* ou as do gênero *Crenotrix*, *Leptothrix*, *Siderocapsa* e *Sideromonas*, que aceleram a oxidação de íons de Fe^{2+} que forma, então, o $Fe_2O_3.H_2O$, ou $Fe(OH)_3$, insolúveis (GENTIL, 2007).

Exemplificando, com água contendo bicarbonato de ferro (II), solúvel, tem-se a reação acelerada pelas bactérias de ferro:



(temperatura: 0 a 40° C; pH_{ideal} : 5,5 a 8,2 - pH_{ótimo}: 6,5).

Segundo Gentil (2007), o óxido ou hidróxido de ferro, insolúvel, pode ficar aderido em forma de tubérculos, com coloração castanho-amarelada ou alaranjada, nas paredes da tubulação, como mostram as Figuras 4 e 5.



Figura 4. Tubulação de ferro fundido com tubérculos de cor castanho-alaranjada



Figura 5. Detalhe de tubérculo presente na tubulação

De acordo com Gentil (2007), as incrustações nas tubulações ocasionam inconvenientes como:

- Diminuição da capacidade de vazão da tubulação, entupindo-a após um período de operação;

- Condições para corrosão por aeração diferencial, ocorrendo corrosão embaixo dos tubérculos com conseqüente formação de resíduo preto de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ou Fe_3O_4 ;
- Condições anaeróbias, embaixo dos tubérculos, que propiciam o ambiente adequado para o desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfato;
- O deslocamento dos tubérculos ao longo da tubulação, dependendo do regime de operação, altas velocidades do fluxo e tensões hidráulicas, por exemplo, causando o fenômeno de *água vermelha*.
- As conseqüências do grau elevado de incrustação nas tubulações são a alteração da cor e sabor da água, bem como baixas pressões no abastecimento.

Para gerir estes problemas, as empresas de saneamento procuram investir na reabilitação das redes e adutoras, como acontece na Sabesp, por exemplo, onde parte dos recursos é destinada para a recuperação ou substituição de sua rede de distribuição.

O envelhecimento natural das tubulações, presentes tanto em grandes como em pequenos centros urbanos, também resultam numa perda de água, às vezes, agravada pelo rompimento acidental de uma adutora de grande porte, por exemplo, que além dos prejuízos à prestadora dos serviços, resultam em transtornos aos consumidores e à sociedade: com a interrupção do abastecimento público pode ocorrer falta de água em hospitais, clínicas, penitenciárias, escolas, indústrias, ou seja, setores estratégicos, havendo perdas de faturamento e comprometimento da imagem por parte da concessionária.

A água pode se tornar vulnerável à contaminação, à medida que não há uma atenção adequada quando ocorrem variações no regime de operação, principalmente quando há intermitências no abastecimento, devido principalmente às interrupções programadas para a execução de serviços de

manutenção das redes. A perda de estanqueidade das tubulações neste caso, por meio de pequenas fissuras nas paredes, somadas às falhas de juntas danificadas, podem comprometer a qualidade da água distribuída, por meio de infiltrações em períodos de intermitência.

Pesquisadores (CAMPER e col., 2003; FASS e col., 2003) têm se preocupado com essa questão e enfatizam o biofilme, presente nas tubulações, é um meio suscetível para a sobrevivência e reprodução de organismos patogênicos no sistema, em decorrência dos efeitos transitórios. (CHEUNG e REIS, 2007, p.12).

Visando caracterizar o diagnóstico para se tentar eliminar ou pelo menos minimizar estes problemas, o plano de reabilitação de redes na Unidade de Negócio Centro passa pela adoção de estratégias de gestão fundamentadas em programas de qualidade total que vão de encontro a uma busca permanente de melhoria nos processos.

Seguindo a filosofia do modelo proposto originalmente por Deming, conforme citado por Oakland e Pereira (2007), durante as fases de implementação e manutenção do plano há uma preocupação em integrar e envolver as pessoas de diferentes processos, quebrando a barreira dos departamentos.

Em suas etapas, a busca por resultados se dá por meio da adoção do ciclo do PDCA (*Plan-Do-Check-Act.*):

- *Plan*: planejamento;
- *Do*: fazer ou implementar;
- *Check*: checar, ou seja, medir o desempenho;
- *Act*: agir, controlar, ou seja, tomar decisões para corrigir prováveis desvios.

O principal é a busca por uma melhoria contínua, pois a última etapa do ciclo determina o início de um novo ciclo.

Nas fases de planejamento e implementação do plano houve uma preocupação de ir de encontro às expectativas do cliente, ou seja, a de transformar as necessidades e desejos das pessoas em especificações do

processo, considerando a disponibilidade de fornecimento de insumos, a capacidade produtiva, o posicionamento do serviço e o produto no mercado, levando em conta as tecnologias existentes e a possibilidade de inovação.

O estabelecimento de um sistema permanente de avaliação e controle é fundamental para garantia da qualidade e identificação de desvios ou novos problemas, os quais devem exigir ações corretivas e padronizações de procedimentos.

Na Unidade de Negócio Centro isto é praticado efetivamente, revendo-se as normas técnicas, procurando atualizá-las.

Cabe também ressaltar que o fornecimento de água pela Sabesp atende os padrões de qualidade obedecendo à Portaria nº 518, do Ministério da Saúde garantindo a segurança da água para o consumo, mas as impurezas presentes na água advindas por infiltrações, ou outros meios, podem alterar-lhe as características organolépticas, conferindo uma mudança na cor, ou no sabor.

No entanto, embora livre de substâncias patogênicas, estas impurezas quando acumuladas em trechos de final de rede, como em vielas, por exemplo, podem tornar a água indesejável para o consumo.

Como alternativa para solucionar este problema, as empresas de saneamento geralmente descarregam as redes de distribuição para limpeza das tubulações, gerando no caso perdas de água autorizadas. Em algumas situações são propostos projetos para interligações e/ou duplicações das redes em determinados trechos, favorecendo a circulação da água naquele ponto específico, evitando assim o acúmulo de impurezas.

Solano et al. (2007), em atenção à qualidade da água, menciona que a qualidade da água final vai depender tanto do que acontecer com ela durante o tempo em que ela permanecer dentro da rede, quanto do estado das tubulações existentes (corrosão, presença de biofilmes e deposição de substâncias transportadas) como também pelas possíveis infiltrações de elementos estranhos nos acessórios que circundam a própria tubulação:

válvulas, ventosas, reservatórios, etc. (infiltração patogênica e posterior transporte de microrganismos presentes no meio líquido).

Atualmente o Polo de Manutenção Vila Prudente da Sabesp, estuda a praticidade do uso de um anel, denominado de anel “P”, em material de polietileno, que ajuda a água a circular pela rede ao invés de ficar represada nos trechos de final de rede, como em vielas, por exemplo.

O anel “P”, ilustrado na Figura 6, dependendo do caso, em situações em que há entre dois a quatro imóveis ligados na tubulação, pode-se minimizar o problema do acúmulo de impurezas e matéria orgânica no interior da tubulação em trechos de final de rede terminados em ponta seca ou **cap**.



Figura 6. Tubulação de polietileno em forma de anel ligada a dois imóveis

Fonte: Sabesp, Pólo de Manutenção Vila Pudente, 2008.

O uso do anel “P” e os benefícios podem ser vistos nas ilustrações a seguir, Figuras 7 e 8.



Figura 7. A cor aparente da água anterior à instalação do anel “P”

Fonte: Sabesp, Pólo de Manutenção Vila Pudente, 2008.



Figura 8. A cor da água após a instalação do anel “P”

Fonte: Sabesp, Pólo de Manutenção Vila Pudente, 2008.

Este trabalho atualmente está em fase de estudo e é monitorado periodicamente pela Divisão de Controle Sanitário da Sabesp, que coleta amostras diárias dos imóveis e efetua as medições em laboratório, em que até agora, os resultados têm se mostrado positivos.

A instalação do anel “P” é de fácil execução, e o seu emprego pode solucionar esta questão.

Citando o Programa de Desenvolvimento Operacional proposto pelo Departamento de Planejamento Integrado da Diretoria Metropolitana, Sabesp (2008a):

Aqui reside um ponto fundamental da necessidade de um diagnóstico preciso da situação, pois o problema de qualidade da água é resultante do próprio tratamento da água ou da conformação da rede, em que se eliminando a causa do problema – “ponta seca”, por exemplo – resolve-se a questão das reclamações dos clientes.

No entanto, a reabilitação das redes, que envolve os serviços de limpeza para remoção das incrustações das tubulações e o seu revestimento interno, além dos serviços de substituição da tubulação, quando há comprometimento estrutural, por exemplo, é a metodologia mais apropriada para solucionar estas questões.

Heller e Pádula (2006) citam os problemas hidráulicos causados pela corrosão e pela incrustação das redes de ferro fundido, como:

- Aumento da perda de carga e diminuição da vazão aduzida;
- Problemas sanitários decorrentes, por exemplo, a liberação para a água de metais constituintes da tubulação;
- Problemas organolépticos, originados da alteração da cor e do sabor da água;
- Problemas econômicos, advindos, dentre outros, da necessidade de troca das tubulações, aumento do número de intervenções para manutenção e acréscimo do consumo de energia elétrica, para superar a perda de carga adicional causada pelas incrustações e pelo aumento da rugosidade das tubulações.

Por sua vez, de acordo com o diagnóstico do Subprograma de Reabilitação de Redes proposto para a Diretoria Metropolitana da Sabesp

recentemente, Sabesp (2008a), as condições dos tubos ensejam problemas na operação da rede, tais como:

- Incrustações nas paredes internas, que limitam a capacidade hidráulica do tubo e provoca baixa pressão ou mesmo falta d'água a jusante. Este problema está muito ligado à inexistência de revestimento interno no tubo, o que foi eliminado nos tubos fabricados a partir de 1973;
- Inexistência de fechamento de malhas, o que propicia a ocorrência de trechos com velocidades nulas ou muito baixas e, conseqüentemente, problemas de qualidade de água (água suja);
- Recentemente vários países, entre eles o Brasil, proibiram a fabricação e utilização de tubos de cimento amianto. Essa é outra variável que passa a existir na análise da situação das redes de distribuição em um sistema de abastecimento de água.

Segundo o relatório, um programa de reabilitação de redes deve ter o caráter de permanência na companhia, buscando-se a melhoria contínua das condições da infra-estrutura de distribuição de água. Não é uma intervenção de baixo custo, especialmente quando aplicado em áreas urbanizadas, por isso justifica-se a elaboração de estudos criteriosos para a definição das redes a reabilitar (SABESP, 2008a).

Ainda de acordo com o plano, a elaboração de um Programa de Reabilitação de Redes de Água para a Diretoria Metropolitana da Sabesp, vai ao encontro dos seguintes requisitos:

- Redução de perdas reais (vazamentos) na rede de distribuição;
- Melhoria da qualidade da água distribuída;
- Equacionamento de discontinuidades do abastecimento;
- Melhoria da confiabilidade o sistema de abastecimento, em termos de redução do número de acidentes;
- Melhoria da imagem da empresa perante os seus clientes.

4.3. Perdas de água em sistemas de distribuição

Do ponto de vista empresarial, as perdas de água num sistema de abastecimento são aquelas que se referem aos volumes não faturados, ou seja, aqueles volumes não contabilizados como receita para a empresa prestadora dos serviços.

Segundo Tardelli Filho (2007), esse conceito é um pouco mais abrangente quando se pensa somente nas perdas como parte do volume de água produzido que não chegam ao consumidor final, aquele volume que se perde no caminho por motivo de algum vazamento, por exemplo.

Portanto, para uma prestadora de serviços de abastecimento público de água, há dois tipos de perdas:

- As perdas físicas ou perdas reais, segundo nomenclatura da *International Water Association* (IWA), correspondem ao volume que não chega ao consumidor, proveniente de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes e ramais ou, ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios.
- As perdas não-físicas ou perdas aparentes, segundo a IWA, correspondem aos volumes consumidos, mas não contabilizados, decorrentes de fraudes (roubo), falhas de cadastro, ligações clandestinas, ou na imprecisão dos equipamentos dos sistemas de macromedição e micromedição.

Ambas na visão operacional dos sistemas públicos de abastecimento são concernentes aos volumes que não podem ser contabilizados.

A Tabela 3 mostra as características principais das perdas de água em sistemas de abastecimento.

Tabela 3. Caracterização geral das perdas de água em sistemas de abastecimento.

Item	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custo de produção de água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recursos naturais	Pouco relevante
	Maiores impactos ambientais devido à necessidade de maior exploração de mananciais	
Efeito na saúde pública	Risco de contaminação da água	Pouco relevante
Ponto de vista empresarial	Perda de produto "industrializado"	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem da empresa associada ao desperdício e ineficiência	Não possui relevância imediata
Efeitos para o consumidor	Repasse de custos à tarifa	Repasse de custos à tarifa
	Não incentivo ao uso racional da água	Incitamento ao roubo e à fraude

Fonte: TARDELLI FILHO, 2006.

Segundo Tardelli Filho (2006), as perdas num sistema de abastecimento de água ocorrem em todas as fases, tais como na captação e adução de água bruta, no tratamento, na adução de água tratada e na distribuição:

'Em cada fase, há condições específicas que fazem preponderar um ou outro tipo de perda, que ditarão as ações mais adequadas à prevenção e correção dos fatores que ocasionam o surgimento das perdas. Por exemplo, em uma adutora de aço é muito provável que as Perdas Reais sejam insignificantes em comparação às Perdas Aparentes, estas decorrentes basicamente de erros nos medidores de vazão. Por sua vez, nas redes de distribuição de água encontram-se todos os elementos que permitem a ocorrência tanto de Perdas Reais quanto de Aparentes, em diversas magnitudes, dependendo das características de cada área de análise' (TARDELLI FILHO, 2006).

O controle efetivo das perdas só é alcançado quando as causas são removidas. Segundo as hipóteses e metas de distribuição das perdas na SANEPAR, Empresa de Saneamento do Estado do Paraná, configuram o seguinte quadro, conforme a Figura 9:

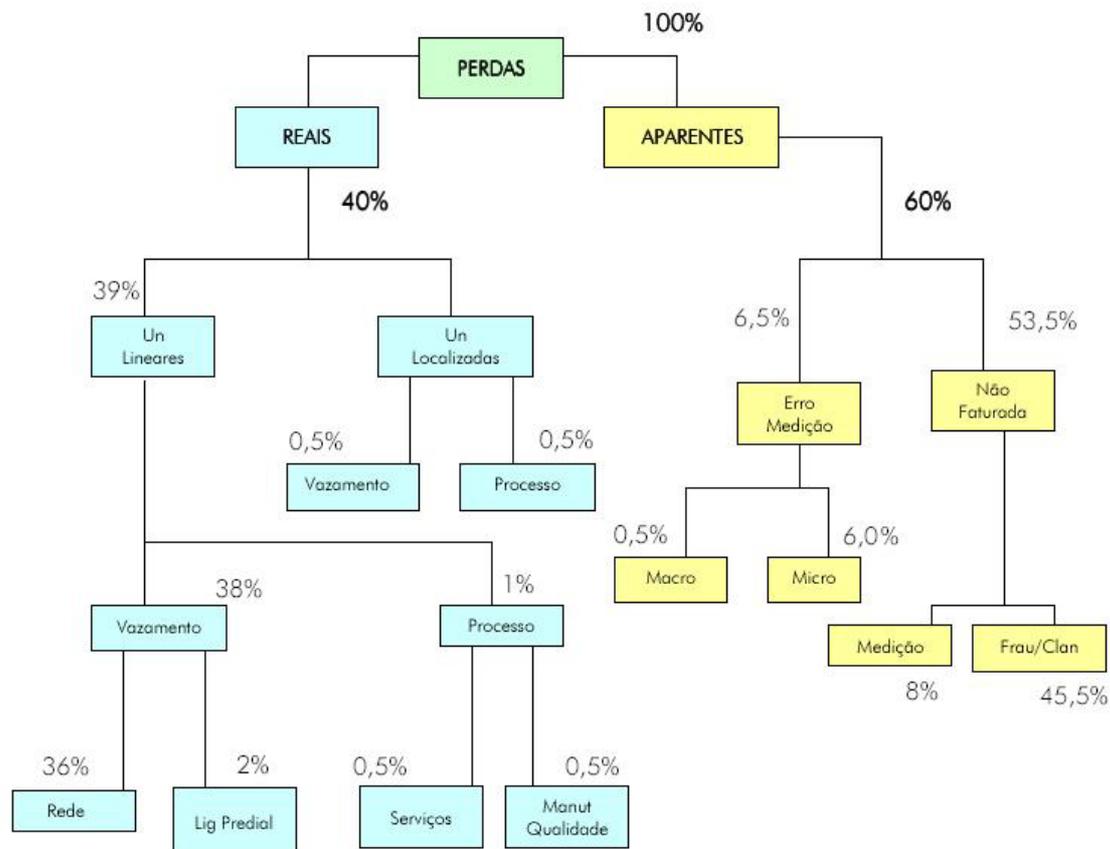


Figura 9. Análise de perdas de água – SANEPAR – 2001

Fonte: BRASIL, 2004a.

Carozzi (2007) menciona, no entanto, que o Japão é uma referência mundial em controle de perdas e possuem sistemas tão grandes e complexos como os da Sabesp, com índices de perdas excepcionais, abaixo de 8%, principalmente quando considerados índices acima de 30%, como ocorre em alguns sistemas operados pela Sabesp.

A Figura 10 mostra as perdas reais de algumas cidades no Japão, da cidade de Viena e da Diretoria Metropolitana da Sabesp, recentemente publicado na revista Saneas (CAROZZI, 2007).

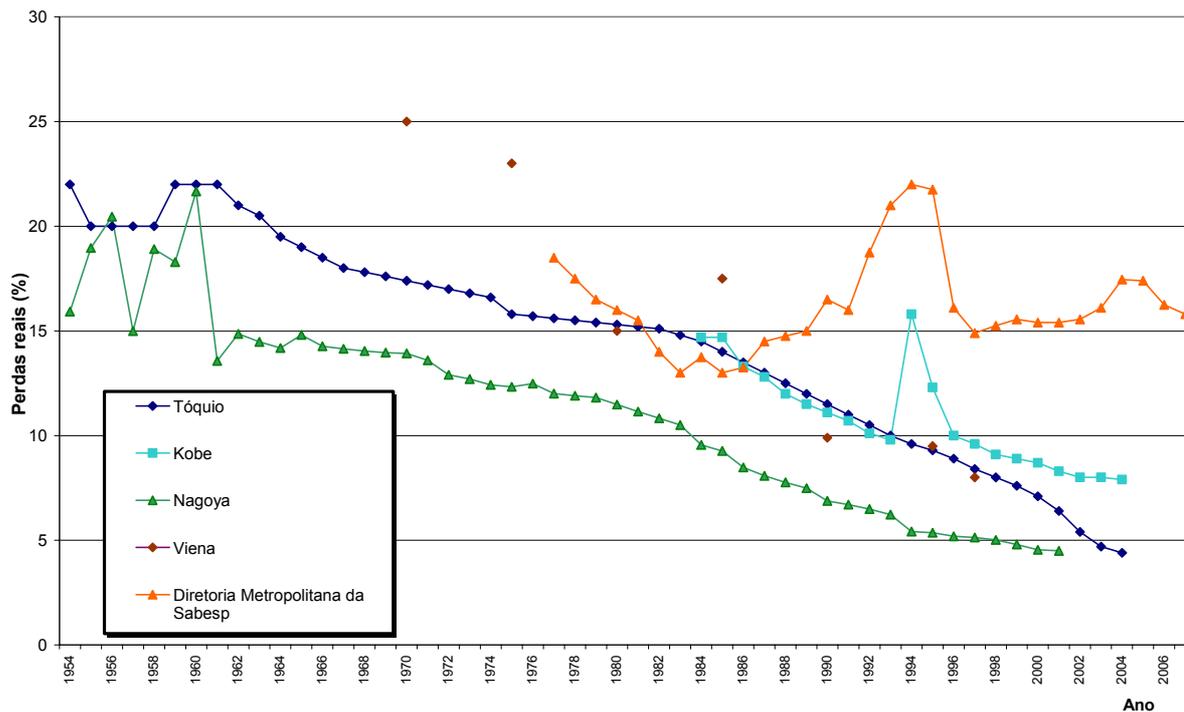


Figura 10. Perdas Reais em algumas cidades do Japão, Viena e região da Diretoria Metropolitana da Sabesp

Fonte: Dados extraídos da revista Saneas, ano IX, Setembro de 2007, n° 27, p. 08.

Observação: segundo a fonte, os dados da cidade de Viena apresentam descontinuidade, portanto são pontuais.

4.4. Matriz de Balanço Hídrico - IWA

Ao se medir o desempenho dos sistemas de alguns países, cidades ou mesmo comparar os índices entre setores de abastecimento, há uma falha na verdade, pois ainda não há um consenso a respeito do que é perda ou o que não é perda, entre as companhias de saneamento do Brasil e de outros países.

A IWA propôs uma matriz de balanço hídrico para os sistemas de abastecimento de água, que procura uniformizar os conceitos e os entendimentos sobre perdas de água em todo o mundo, apresentada na Tabela 4:

Tabela 4. Matriz de Balanço Hídrico – IWA.

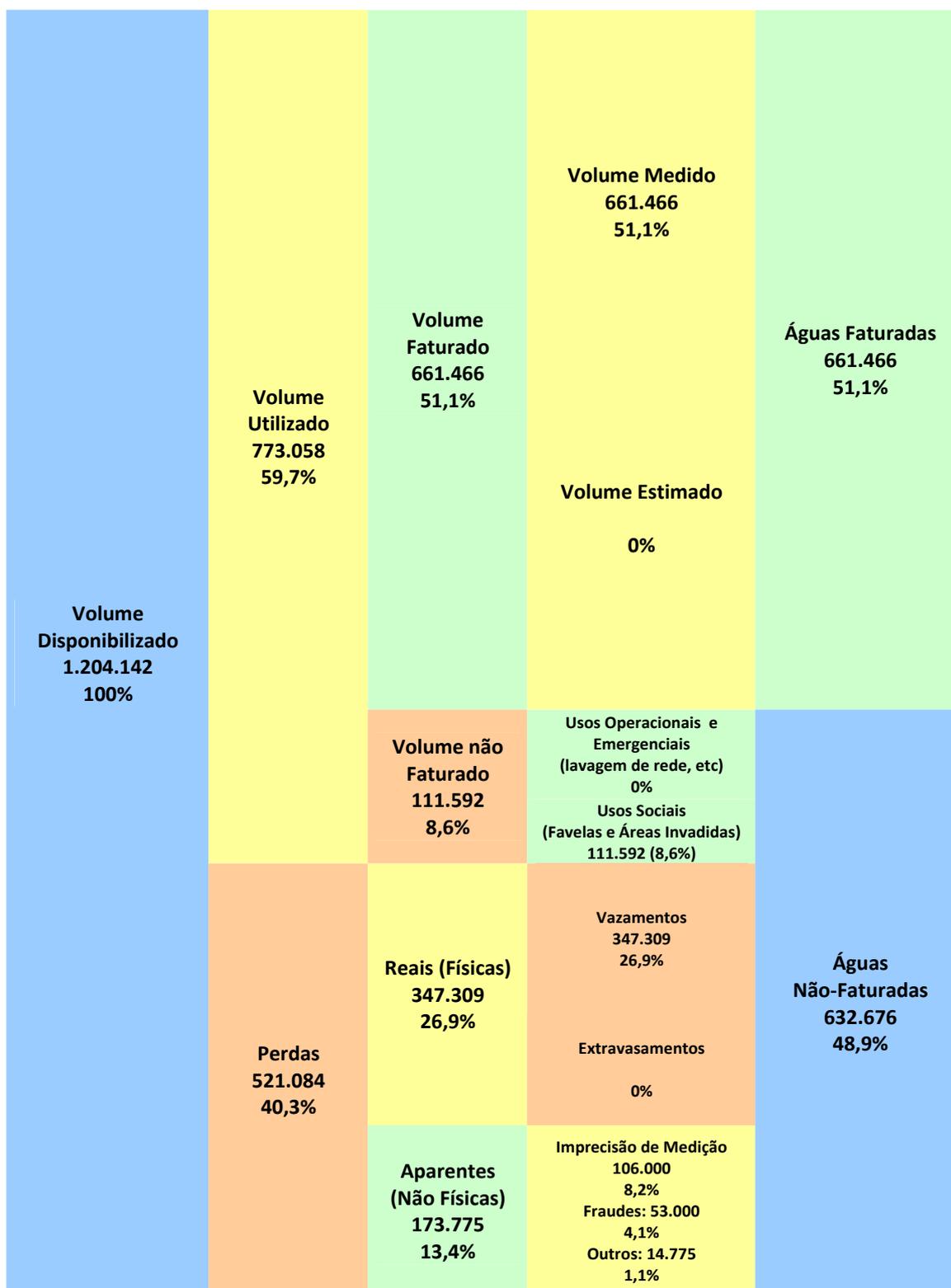
Matriz do Balanço Hídrico - IWA				
[m ³ /ano]				
Água produzida ou disponibilizada à distribuição (macromedicação)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não-medido (estimado)	
		Consumo autorizado não-faturado	Consumo não-faturado medido (usos próprios, caminhão-pipa etc.)	Água não-faturada
			Consumo não-faturado não-medido (corpo de bombeiros, favelas etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não-autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Submedição nos hidrômetros	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			Vazamentos nos ramais (o montante do hidrômetro)	

Fonte: AQUINO, 2007.

Para as condições do sistema de abastecimento de água, o balanço hídrico representa toda a distribuição volumétrica, em bases anuais, dos usos da água ao longo do processo, a partir de um determinado ponto do sistema ao cliente.

No balanço hídrico são identificadas como águas não-faturadas as perdas (reais e aparentes) e os consumos legítimos, porém não submetidos à cobrança, tais como combate a incêndio, usos operacionais (lavagens de rede e reservatórios, p. ex.) e usos sociais em favelas e ocupações irregulares.

Para o Município de São Paulo, o balanço hídrico, Sabesp (2007), é o disposto na Tabela 5:

Tabela 5. Balanço Hídrico da Cidade de São Paulo, 2005 (mil m³/ano) e (%).

Fonte: SABESP, 2007.

Analisando a Tabela 5, pode-se observar que do volume total disponibilizado para a cidade de São Paulo em 2005, as perdas somaram

40,3% (somatória das perdas reais, 26,9%, e aparentes, 13,4%), enquanto que o percentual de água não-faturada do município naquele ano foi de 48,9%.

4.5. Indicadores de perdas

Segundo Tardelli Filho (2006), há uma grande discussão acerca dos indicadores de perdas, especialmente no que diz respeito à comparabilidade entre sistemas de abastecimento de água distintos.

A correta aplicação e interpretação de qualquer tipo de indicador de perdas pressupõe um entendimento universal sobre as parcelas que compõem as perdas e medições sistematizadas ou critérios claros para a estimativa de volumes não-medidos (TARDELLI FILHO, 2006).

O indicador percentual clássico, o percentual das perdas em relação ao volume produzido ou disponibilizado, tem sido preterido em favor de outros que tecnicamente retratam melhor a situação existente, como por exemplo, o indicador de perdas: “litros por ligação de água por dia – (L/ligação.dia)” ou o “índice de vazamentos da infra-estrutura”, adimensional, que leva em conta fatores relativos às condições das tubulações e às pressões reinantes no sistema, sendo que este último indicador é para perdas reais.

Embora este indicador seja de fácil entendimento, o motivo da escolha de outros indicadores pode ser facilmente ilustrado na Figura 11:

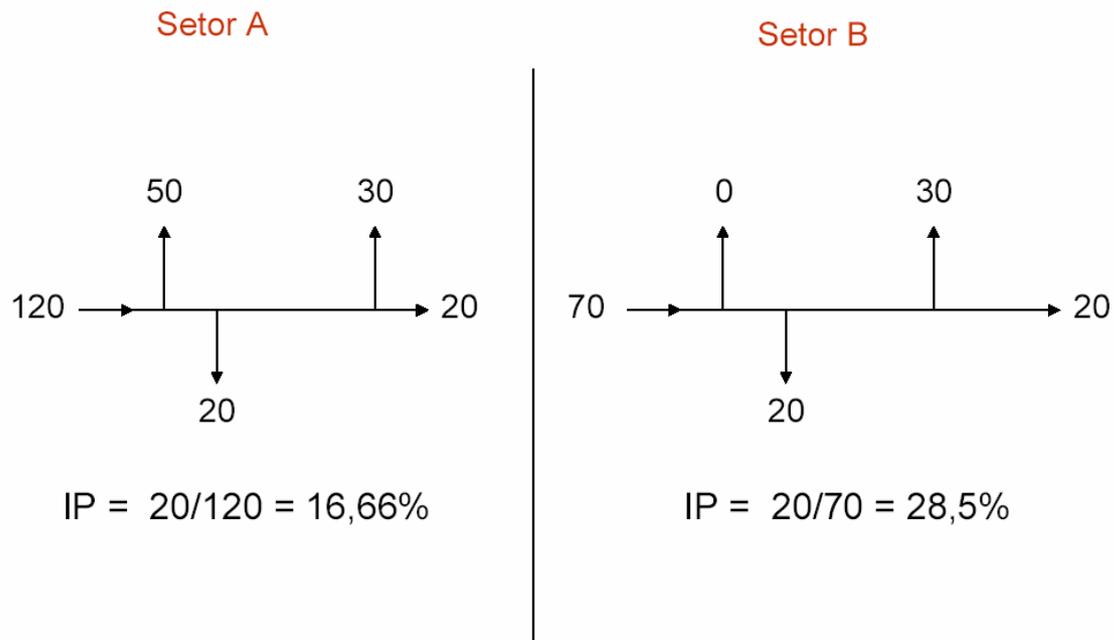


Figura 11. Comparativo do percentual de perdas entre dois setores: A e B

Fonte: MACHADO, 2004.

Considerando dois setores de abastecimento de água, A e B, onde o setor A disponibiliza uma vazão de 120L/s, acontecendo de perder 20L/s (volume não-faturado) por vazamentos, erros de medição, ou ligações clandestinas, por exemplo; enquanto que o setor B disponibiliza uma vazão de 70 L/s, mas com igual perda de volume, 20L/s. Caso formos comparar os dois setores, observamos que o setor B em termos percentuais é menos eficiente, 28,5% de perda, no entanto perde a mesma vazão que o setor A.

Com o objetivo de buscar um consenso a nível mundial, a IWA está apresentando, conceituando e discutindo uma série de indicadores relativos aos sistemas de abastecimento de água, onde se incluem os indicadores e perdas. No Brasil há também essa preocupação, onde as associações das empresas estaduais e municipais de saneamento formularam propostas para nortear as companhias na apropriação dos números e no cálculo dos indicadores (TARDELLI FILHO, 2006).

Não existe “perda zero” em sistemas de abastecimento de água de acordo com Tardelli Filho (2006). Segundo ele, dois limites referenciais para as perdas podem ser definidos:

- Limite Técnico: aquele possível de se chegar utilizando todas as técnicas, tecnologias e recursos disponíveis no momento (perdas inevitáveis);
- Limite Econômico: nível de perdas em que o custo para recuperar um determinado volume supera o custo de produção e distribuição desse volume; geralmente este limite é atingido antes do limite técnico.

4.6. Redução e controle das perdas

Segundo artigo técnico a respeito do controle e redução de perdas, publicado na Revista Saneas, em setembro de 2007, as principais ações para redução das perdas reais são: o gerenciamento de pressões (quanto menores e mais estáveis, melhor); o controle ativo de vazamentos (localizar rapidamente os novos vazamentos não-visíveis, por meio do monitoramento da vazão mínima noturna e de métodos acústicos de pesquisa); a agilidade e a qualidade do reparo dos vazamentos e o gerenciamento da infra-estrutura (priorização de trechos para renovação das tubulações, reabilitação das redes, principalmente dos ramais de água, onde ocorre a maioria dos vazamentos (AQUINO, 2007).

Já para a redução das perdas aparentes, as principais ações são o gerenciamento da hidrometria: melhoria no desempenho das trocas e do dimensionamento dos hidrômetros, principalmente dos maiores consumidores, e o combate às irregularidades, como fraudes e ligações clandestinas.

O desenvolvimento de medidas de natureza preventiva de controle de perdas nas fases de projeto e construção do sistema envolve a necessidade de passos iniciais de organização anteriores à operação. As medidas devem contemplar, dentre outras: a boa concepção do sistema de abastecimento de água, considerando os dispositivos de controle operacional do processo, a qualidade adequada dos materiais e da instalação das tubulações, equipamentos e demais dispositivos utilizados, a implantação dos mecanismos de controle operacional (medidores e outros), a elaboração de cadastros e a execução de testes pré-operacionais de ajuste do sistema.

A macromedição, ou seja, a medição dos grandes volumes de água que entram no sistema (ou mesmo aqueles que saem) deve ser bem estudada,

implantada e acompanhada, pois os números dela resultantes serão as referências para todas as análises posteriores, não só para a questão das avaliações de perdas, mas também para a definição de vários parâmetros de projeto e operação dos sistemas de água.

Na Figura 12, Machado (2004) estabelece as ações técnicas e gerenciais para redução e controle das perdas no sistema de abastecimento numa palestra proferida na Companhia de Saneamento do Estado do Pará, promovida pela Empresa Brasileira de Água e Energia.

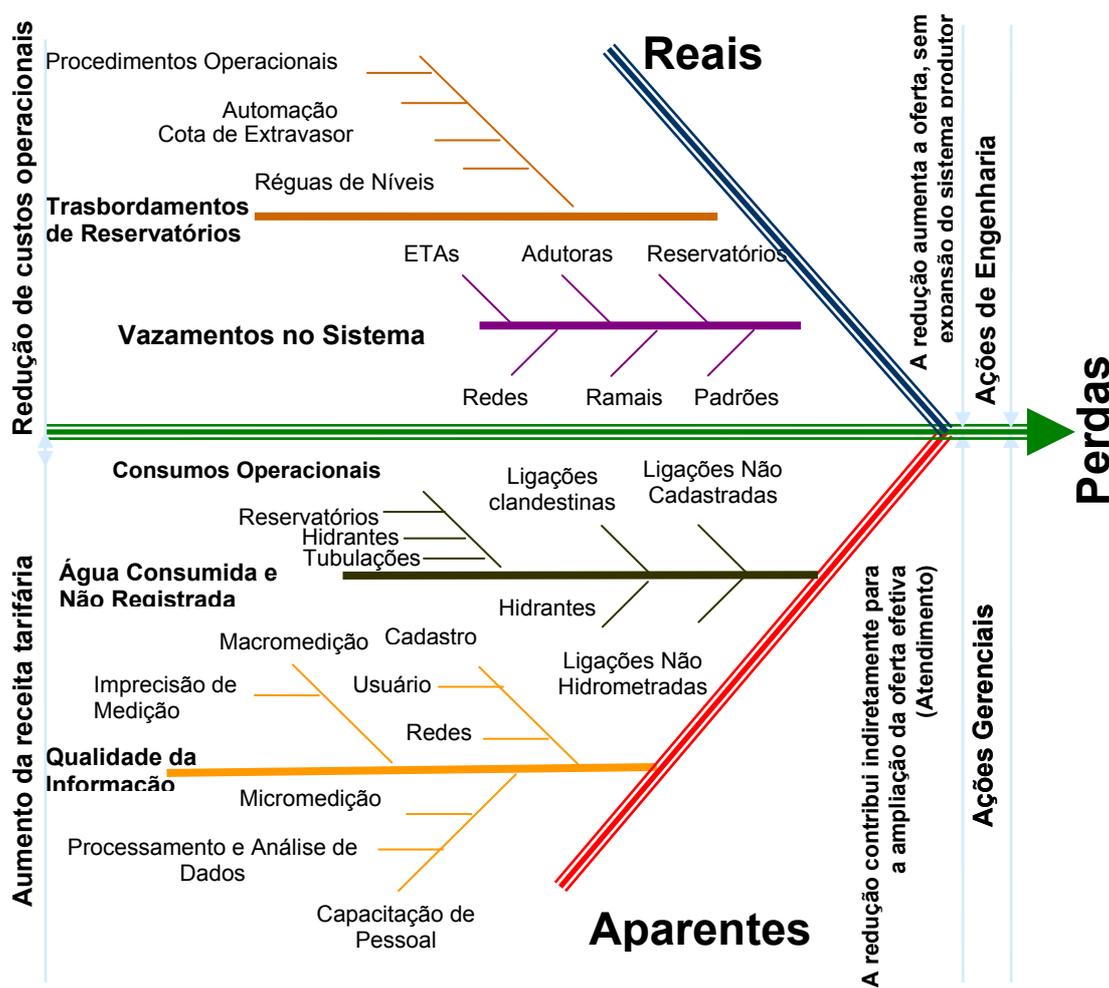


Figura 12. Ações técnicas e gerenciais para redução e controle das perdas

Fonte: MACHADO, 2004.

Segundo Machado (2004), após serem investidos recursos num programa amplo para redução e controle das perdas, há uma melhoria significativa do desempenho gerencial e operacional da empresa, refletindo

também em seu desempenho econômico, tais como:

- Redução nos custos com energia elétrica;
- Redução nos custos com novos investimentos para ampliação dos sistemas de produção, adução e reservação de água;
- Aumento da segurança operacional dos empregados e de terceiros;
- Capacitação para o atendimento a exigências dos órgãos financiadores.

4.6.1. Ações para redução das perdas aparentes

As perdas aparentes, num sistema de abastecimento de água, estão relacionadas aos erros de medição, às falhas de cadastro, às irregularidades, como ligações clandestinas e furtos de água em hidrantes, por exemplo.

Quanto aos erros de medição, estes estão relacionados aos volumes não registrados devido à ocorrência de vazões abaixo da faixa de trabalho dos medidores, submedição, que podem ser decorrentes do efeito do conjunto caixa d'água e torneira de bóia, ou defeitos do próprio medidor devido ao mau dimensionamento ou má instalação (GALVÃO, 2007).

Os demais volumes que complementam as perdas aparentes são aqueles não registrados devidos a falhas no processo de cobrança, por erros de cadastro ou de sistema, e devido a ligações não autorizadas e furtos de água em reservatórios, hidrantes, etc.

Silvestre et al. (2008) relatam os resultados de numa experiência de troca de medidores na cidade de Oaxaca, no México, em 2005, na qual foram verificados 400 medidores:

- 61 apresentavam erro de submedição;
- 181 apresentavam erro de sobre medição;

- 78 estavam funcionando bem;
- e 80 estavam avariados.

Os autores relacionam causas que originam as falhas dos medidores domiciliares, destacando: qualidade da água com índices de ferro, cálcio e manganês fora dos padrões, a ausência de sistemática para disposição de manutenção preventiva, e alterações climáticas tais como umidade, calor, frio, chuva, entre outros.

São estes fatores que danificam o instrumento de medição e fazem com que partes do sistema mecânico se submetam a bloqueios, ressequem e apresentem ruptura das engrenagens, e conseqüentes quedas de precisão ao longo do tempo.

A principal ação para combate às perdas aparentes, no caso da cidade de Oaxaca, foi a implantação de um amplo programa de substituição de medidores e caça às fraudes.

Outro caso que merece ser relatado é o da Copasa (2003), que em seu programa de redução de perdas de água no sistema de distribuição, estabeleceu um conjunto de soluções voltado para o atendimento das necessidades de operação e manutenção do parque de macro e micro medidores e identificação e eliminação dos consumos não-autorizados:

- Agir na rapidez e qualidade da aferição de medidores;
- Criar e reestruturar a contratação de equipes de operação e manutenção de macromedidores;
- Criar e reestruturar as oficinas, laboratórios de macromedição e pitometria;
- Criar e reestruturar a contratação de equipes de substituição de hidrômetros;
- Estabelecer um controle ativo de fraudes, identificando e eliminando possíveis imóveis factíveis de serem ligados;

- Identificar e eliminar ligações clandestinas;
- Identificar e eliminar fraudes em clientes reais, *by-pass* e violação de lacre;
- Identificar e eliminar furtos em reservatórios, em equipamentos e acessórios do sistema de redes, em hidrantes entre outros.

Segundo o programa, os benefícios na redução das perdas aparentes são, na cidade de Belo Horizonte:

- O aumento da receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro;
- A redução das perdas aparentes contribui indiretamente para a ampliação da oferta efetiva (atendimento);
- Conhecimento preciso dos volumes de água produzida, distribuída, consumida e faturada;
- Minimização na imprecisão da medição;
- Compatibilização dos setores de abastecimento com os comerciais;
- Detecção mais rápida de ocorrência de anomalias;
- Priorização geográfica das ações de redução de perdas;
- A satisfação dos clientes.

4.6.2 Ações para redução das perdas reais

As perdas reais, num sistema de abastecimento de água, estão relacionadas aos vazamentos das redes, dos ramais e aos extravasamentos de reservatórios.

Dalmo et al. (2008) citam que as principais causas dos vazamentos são desgastes físicos, químicos, elétricos e o erro humano:

1. Desgaste físico:

- Vibrações causadas pelo trânsito rodovia e ferrovia;
- Variação abrupta de pressão;
- Movimentação no terreno / terremotos;
- Variação térmica / congelamento.

2. Causas químicas:

- Corrosão devido à acidez e salinidade do terreno;
- Presença de substâncias agressivas no chão devido à poluição e acidentes químicos.

3. Causas elétricas:

- Corrosão elétrica devido à presença de linhas de trens e ônibus elétricos;
- Uso da tubulação de água de prédios como fio terra;
- Presença de indústrias com grande consumo de energia elétrica.

4. Falhas humanas:

- Instalação errada;
- Manutenção inadequada;
- Ligações clandestinas / Vandalismo.

De maneira geral os vazamentos são classificados em dois tipos:

- Visíveis: são facilmente notados pela população, que notifica à companhia de saneamento. Portanto, o reparo é normalmente feito em um curto espaço de tempo;

- Não-visíveis: estes não afloram à superfície, infiltram-se na terra, formando fluxos internos no solo. Portanto, leva-se um longo tempo para localizá-los e consertá-los, sendo necessárias inspeções especiais por meio de equipamentos de pesquisa acústica para a sua detecção.

Segundo Tsutiya (2006), nem todos os vazamentos não-visíveis são detectáveis por meio dos equipamentos de pesquisa atualmente disponíveis. Aquelas vazões muito baixas, que geralmente ocorrem nas juntas e nos estágios iniciais dos processos de corrosão, representam o que se denomina "vazamentos inerentes" do sistema de distribuição de água.

Para ilustrar, o diagrama apresentado na Figura 13 resume a classificação dos vazamentos anteriormente colocada.

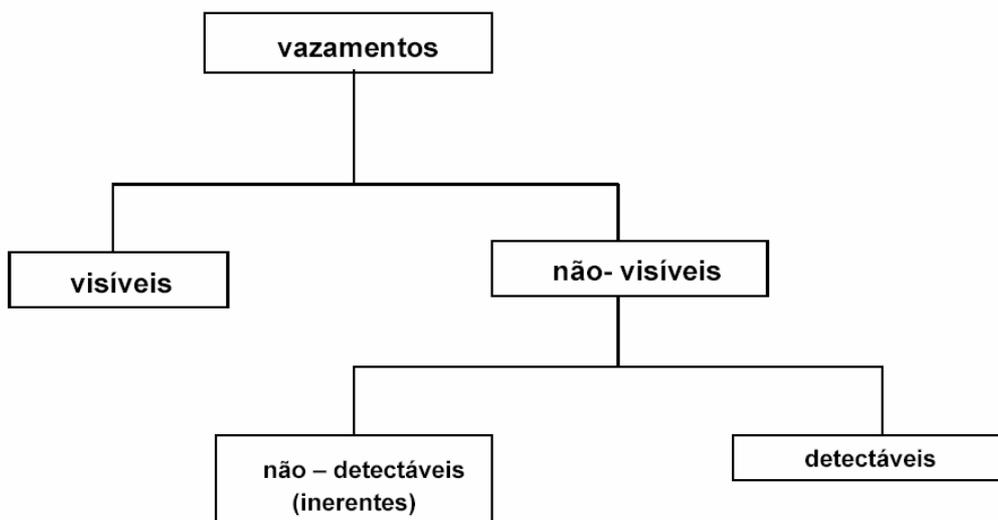


Figura 13 – Classificação dos vazamentos

Fonte: ABENDE (2001/2002), *apud* TSUTIYA (2006).

Farley e Trow (2003) estabelecem um guia para gerenciamento das perdas reais nos sistemas de abastecimento de água, enfocando as principais ações, conforme disposto na Figura 14:

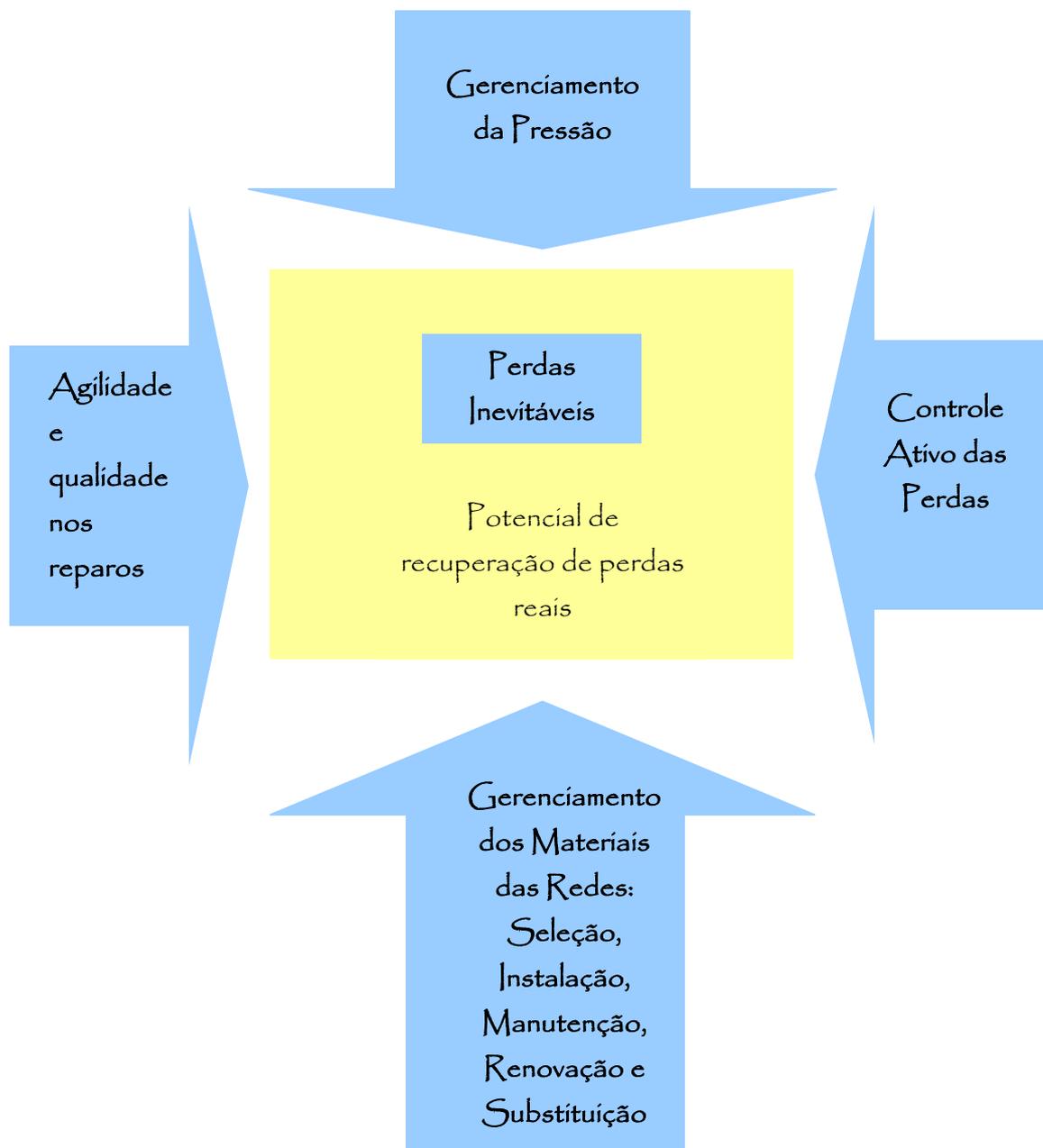


Figura 14. Os quatro métodos básicos de gerenciamento das perdas reais

Fonte: adaptado de FARLEY e TROW, 2003.

As variações bruscas de pressão bem como as altas pressões no sistema de distribuição são fatores indutores do aparecimento de vazamentos e alto volume de água perdida nos mesmos (TSUTIYA, 2006).

Uma das principais ações para redução e controle das perdas reais no sistema seria o gerenciamento das pressões, ou seja, a atuação efetiva de controle de forma a reduzir o tempo de duração das pressões máximas, e os padrões mínimos de serviço aos consumidores.

A redução das pressões da rede é possível com a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP), que faz diminuir a ocorrência de novos vazamentos em função de pressões elevadas e diminuir também a vazão dos vazamentos existentes.

A Figura 15 ilustra a recuperação de vazão e pressão que se obteve com a instalação de uma VRP na Rua dos Pilões, Setor de Abastecimento Sacomã, na cidade de São Paulo.

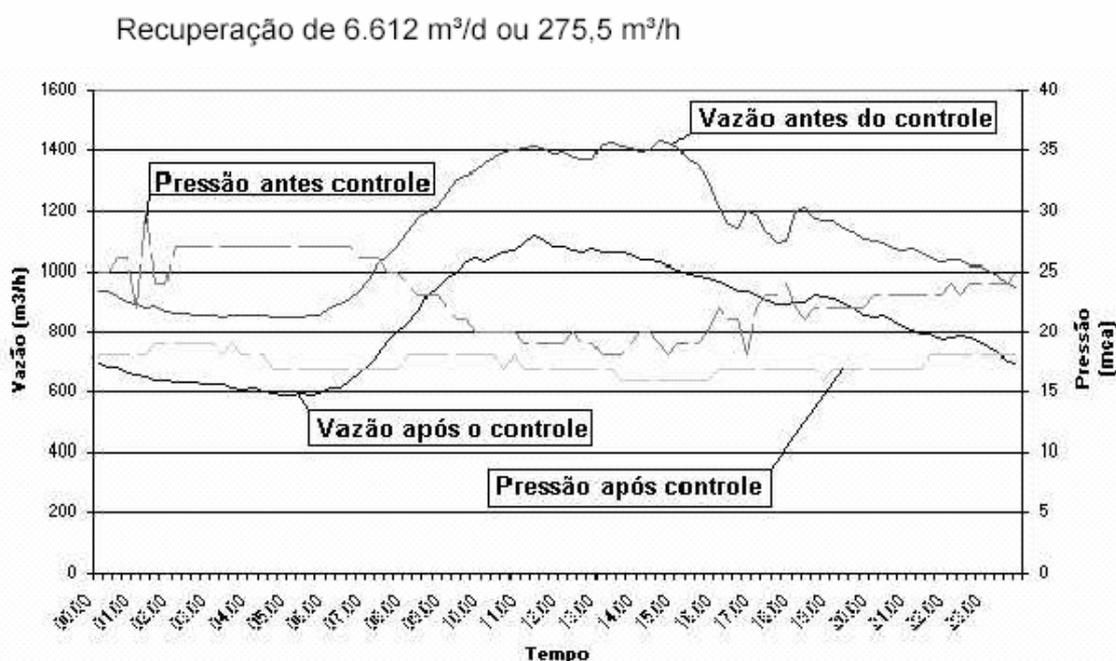


Figura 15 – Dados de vazão e pressão de abastecimento – VRP Rua dos Pilões

Fonte: BRASIL, 2004b.

Segundo o documento técnico de apoio do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água do Ministério das Cidades, BRASIL (2004b), o controle de pressão possibilita:

- Reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados;

- Reduzir a frequência de arrebentamentos de tubulações e conseqüentes danos que têm reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados ao público usuário de ruas e estradas;
- Prover um serviço com pressões mais estabilizadas ao consumidor, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários até a caixa d'água (tubulações, registros e bóias); e
- Reduzir os consumos relacionados com a pressão da rede, como por exemplo, a rega de jardins.

O percentual da redução de perdas reais devido à redução da pressão do sistema em tubulações de ferro fundido ou aço é ilustrado na Tabela 6, conforme o documento técnico de apoio de indicadores, Ministério das Cidades , BRASIL (2004c):

Tabela 6. Reduções de perdas reais por reduções de pressão

Redução da carga (%)	Redução da perda (%)
20	10
30	16
40	23
50	29
60	37

Fonte: BRASIL, 2004c.

Para exemplificar a Tabela 6 graficamente, tomando-se como referência a análise das perdas de água no sistema de abastecimento público no estado do Ceará, Silva (2005) propõe na Figura 16, um gráfico que ilustra a fórmula para se obter a estimativa de redução de perdas reais em função da redução da pressão nas tubulações.

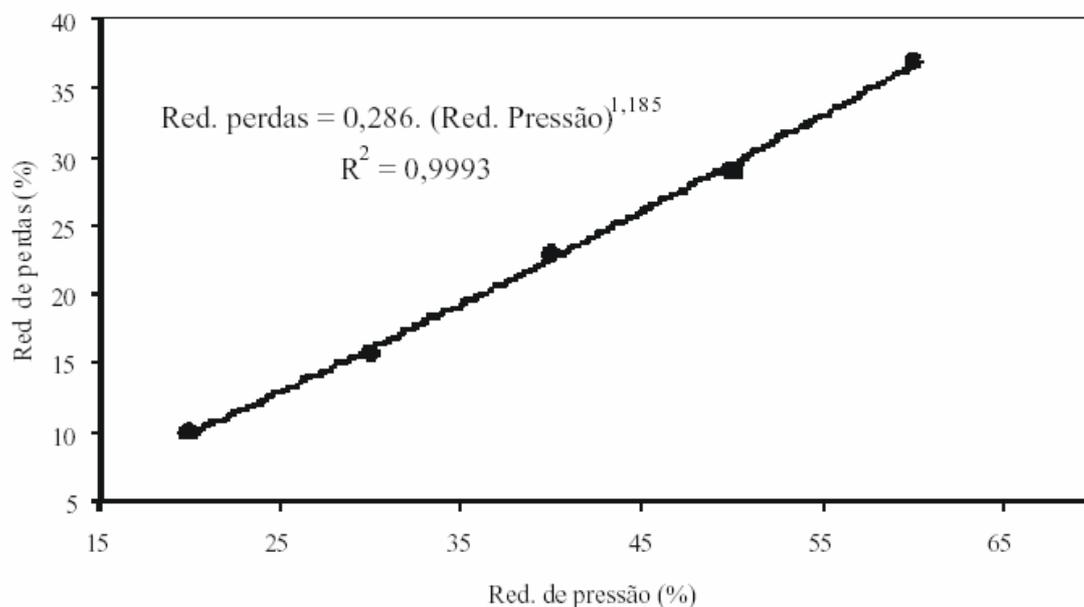


Figura 16. Estimativa de redução de perdas na rede (%) em função da redução da pressão (entre 20 e 60%) nas tubulações

Fonte: SILVA, 2005.

Outro fator indutor do aumento das perdas reais no sistema diz respeito à agilidade e qualidade nos reparos. Quanto menor o tempo de atendimento e quanto melhor for a qualidade dos reparos de vazamentos que efetuamos na rede, menor será o volume de perdas do sistema.

Não podem ser esquecidas as perdas devido aos extravasamentos nos reservatórios por falhas operacionais, sejam elas humanas ou eletromecânicas, que são combatidas basicamente por ações de melhoria, como a instalação de equipamentos inteligentes, dispositivos automáticos para disparo de alarmes, por exemplo, e/ou fechamento de válvulas operacionais.

Outro fator que induz os vazamentos é a má qualidade do sistema distribuidor como um todo, como as redes antigas de ferro fundido, por exemplo, que após um longo período de vida útil, perdem sua capacidade hidráulica e estrutural, devido principalmente ao fenômeno da corrosão, somado às condições físico-químicas do solo, e da qualidade do material empregado.

Para combater este problema, as empresas de saneamento buscam melhorar as condições hidráulicas dos tubos, reabilitando-os, seja limpando e revestindo os trechos com elevada incidência de incrustações, ou substituindo os trechos que apresentam elevada taxa de vazamentos, quando comprometidos por alto nível de corrosão.

Conceitualmente, segundo Tardelli Filho (2006), percebe-se que o potencial de recuperação de perdas reais é reduzido a um estágio denominado de “perdas inevitáveis”, ou seja, atinge-se um limite técnico antes mencionado, que corresponde ao volume de perdas restante no sistema após todas as ações, técnicas e recursos disponíveis no momento que foram empregados para a sua redução, e quaisquer outras ações serão mais dispendiosas que o custo para produzir e distribuir um eventual volume a ser recuperado.

A melhoria da condição da infraestrutura é uma das principais ações para o combate às perdas reais.

Bastos et al. (2008) cita as etapas de reabilitação adotadas na cidade do Fundão, Espírito Santo, que após a simulação e análise da operação do sistema, em tempo estendido, por meio de modelagem hidráulica utilizando o programa Epanet 2.0., levou-se em conta a diminuição dos gastos de energia elétrica das instalações de bombeamento para abastecimento.

Os resultados obtidos naquela ocasião demonstraram viabilidade técnica das ações de reabilitação, garantindo um melhor atendimento do abastecimento e a análise econômica do projeto demonstrou um alto nível de rentabilidade econômica, com um tempo de recuperação de capital de 4,6 anos e uma taxa interna de retorno de 32%.

O uso da modelagem matemática tem-se mostrado uma ferramenta útil para redução e controle das perdas quando aplicado num determinado setor ou sistema de abastecimento, conforme ensina o documento técnico de apoio do Ministério das Cidades:

A modelagem matemática é uma ferramenta muito útil para simulação do comportamento hidráulico de uma rede de distribuição. Para utilização apenas nesse sentido (restringindo seu uso para controle da qualidade da água) pode se trabalhar com um sistema de rede

esboçado, onde só são introduzidas no modelo as tubulações principais. A prática de esboçar a rede requer certa experiência do usuário para não haver uma distorção com relação ao sistema real (BRASIL, 2004b).

Outra aplicação com uso de modelagem matemática foi apresentada por Zahed Filho e Borges (2004), como proposta para redução de energia empregada ao Sistema Adutor Metropolitano de Água (SAM), cujo sistema de controle operacional é composto por sistema de telemetria e informatizado, denominado SCOA – Sistema de Controle da Operação de Adução. O SCOA é um sistema operacional que propicia o monitoramento e abertura e fechamento de válvulas, controle de nível de reservatórios, pressão e vazão em adutoras, tudo à longa distância, a partir de um centro de controle operacional (CCO).

A equipe de controle opera o sistema, baseando-se na experiência, sem se preocupar com os custos envolvidos nas tomadas de decisão. Existe a intenção de ampliar o escopo de suas atividades, estabelecendo critérios sustentados por modelos matemáticos, visando a redução de custos. Observou-se que a introdução de um modelo de previsão de demanda de água acoplado a um modelo simulador hidráulico, em tempo real, oferece um ganho significativo na redução de manobras de bombas e válvulas, diminuindo a formação de transientes hidráulicos e conseqüentemente no custo de manutenção. A utilização de modelos matemáticos na operação de sistemas de controle reduz consideravelmente o custo de energia elétrica no horário de ponta, de custo mais elevado. A programação da operação, também reduz o acionamento de bombas em intervalos curtos e a exigência de altas potências, que gera um ganho na vida útil dos equipamentos e possibilita uma disponibilidade de demanda de energia elétrica contratada menor (ZAHED FILHO e BORGES, 2004).

Quanto à ação de remanejamento das redes de distribuição para diminuição das perdas, segundo Tsutiya (2006), por ser mais onerosa, deve ser realizada após considerar os aspectos econômicos, e apenas depois de esgotadas todas as alternativas técnicas para postergar tal intervenção.

Para os países desenvolvidos, os índices de renovação das redes têm se mostrado maiores do que de países em desenvolvimento.

A Tabela 7 mostra a estimativa da expectativa de vida das tubulações de acordo com o tipo de material aplicado na cidade de Stuttgart na Alemanha.

Tabela 7. Expectativa de vida útil das tubulações por material, em anos.

percentual de tubos e respectiva expectativa de vida útil em anos

material	40	60	80	100	120	140	vida útil	100%	50%	10%
ferro fundido							60-120	60	90	114
ferro dúctil 1ª ger.							40-100	40	70	94
ferro dúctil 2ª ger.							100-140	100	120	136
aço							60-100	60	80	96
polietileno							40-80	40	60	76

Fonte: KOBER, 2007.

Já ao analisar a taxa de danos (rompimentos ou vazamentos por km.ano) das tubulações na cidade de Stuttgart ao longo dos anos, Kober (2007) verifica que durante os últimos dez anos, a taxa aumentou de 0,19 para 0,24 danos/km.ano, para as tubulações de ferro fundido, e para as tubulações de ferro dúctil, ela teve um aumento de 0,05 para 0,07 danos/km.ano.

A evolução da taxa de danos para diferentes tipos de materiais pode ser verificada na Figura 17.

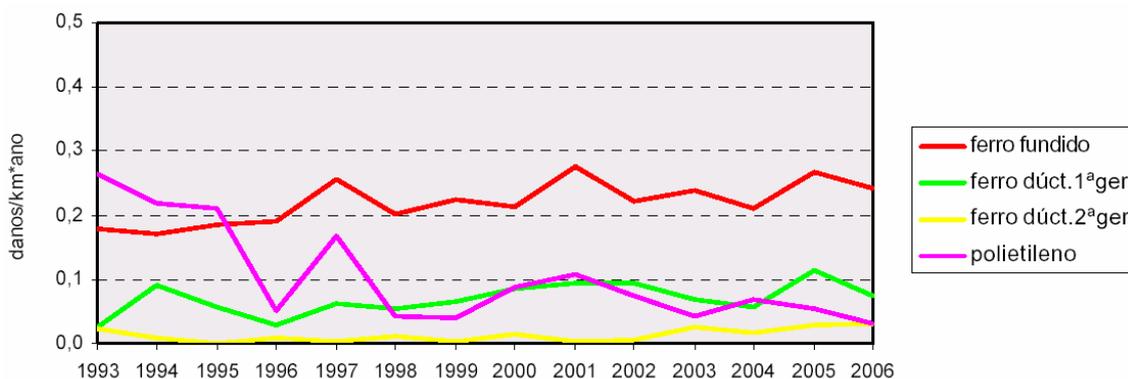


Figura 17. Evolução da taxa de danos por extensão por ano por tipo de material

Fonte: Adaptado de KOBER, 2007.

Com base nas informações de expectativa de vida dos materiais, dos índices de danos ao longo dos anos, e dos custos, Kober (2007) estimou a projeção de renovação das redes para a cidade de Stuttgart, conforme ilustra a Figura 18.

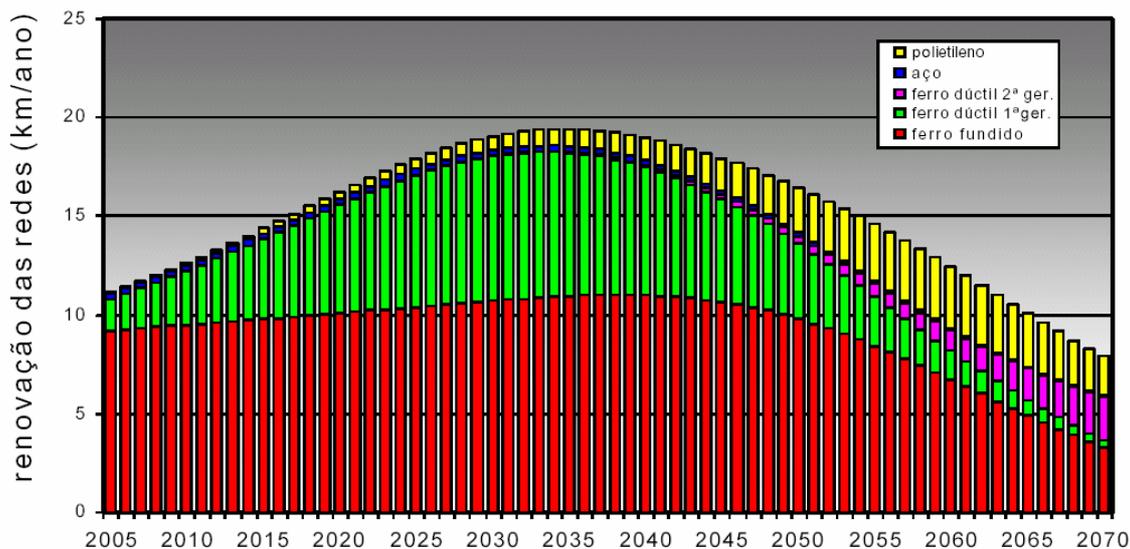


Figura 18. Projeção para renovação das redes – Stuttgart, Alemanha

Fonte: Adaptado de KOBER, 2007.

Esse trabalho de investigação e informações quanto aos tipos de materiais e expectativa de vida, por exemplo, pode servir como subsídio às empresas de saneamento que queiram implantar planos de reabilitação das redes em suas áreas de atuação.

4.7. Monitoramento das redes de distribuição

Para pequenos sistemas, a existência de medidores de nível dos reservatórios, de medidores de vazão na entrada dos setores de abastecimento e de pressão de jusante de equipamentos como válvulas redutoras de pressão, *boosters* de rede já é considerada satisfatória para seu controle.

Mas à medida que o sistema se torna complexo, dotado de muitas válvulas redutoras de pressão e *boosters* por exemplo, estes podem tornar-se pontos chave de monitoramento de pressão e vazão, uma vez que a maioria dos equipamentos tem medidores de vazão e pressão acoplados.

Para um bom gerenciamento da rede hidráulica é necessário ter um completo conhecimento do sistema de distribuição. (BRASIL, 2004b).

Com relação aos critérios de decisão para as ações de reabilitação, o monitoramento e o gerenciamento da rede de distribuição serão bem sucedidos se estabelecermos pequenas áreas de estudo, que podem ser denominadas de

setores pitométricos, distritos pitométricos, ou para se usar um termo mais recente: distritos de medição e controle (TARDELLI FILHO, 2006).

Tanto para o acompanhamento de indicadores, monitoramento, avaliação e controle quanto para a tomada de decisões com relação às ações e escolha de técnicas de reabilitação, por exemplo, é preciso um amplo conhecimento da rede de distribuição, pontos críticos das pressões, vazões e hábitos dos consumidores.

Tardelli Filho (2006) propõe que a definição dos distritos pitométricos não necessariamente está vinculada a algum zoneamento piezométrico. É em essência uma área de medição e controle, que exige:

- Tamanho médio entre 1.000 e 5.000 ligações;
- Área estanque, não se admitindo fluxos entre distritos pitométricos vizinhos;
- Existência de ponto para a medição de vazão e pressão na entrada.

Segundo o autor, para o controle e redução de perdas, por exemplo, é na escala de um distrito pitométrico que normalmente se recomendam realizar as medições das vazões mínimas noturnas e outras medições para a avaliação de perdas reais. Os distritos de medição e controle não necessariamente precisam ser implantados permanentemente na rede, mas sim projetados e passíveis de implantação temporária a qualquer momento (TARDELLI FILHO, 2006).

A Figura 19 exemplifica estas áreas de medição e controle.

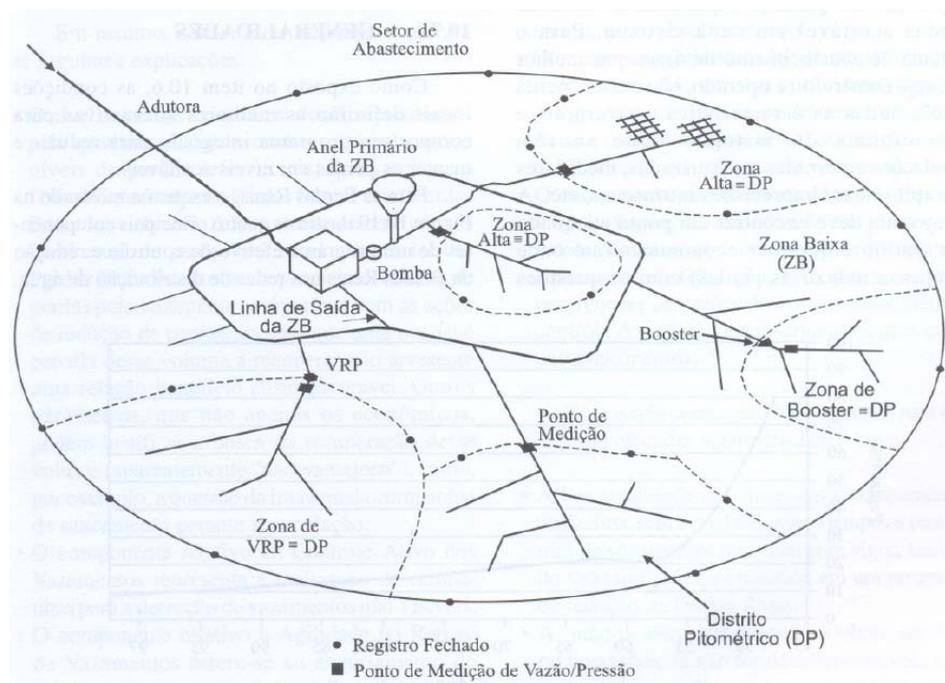


Figura 19. Distritos de medição e controle

Fonte: ABENDE, 2001/2002, apud TSUTIYA, 2006, p.489.

Em visita recente à EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres, durante o VIII Seminário Ibero-americano na cidade de Lisboa, pôde-se verificar esta importante ação para implantação das áreas de medição e controle para o gerenciamento das redes de distribuição locais. Segundo uma palestra ministrada por gestores da empresa durante uma visita técnica, conheceu-se as características da rede de distribuição da cidade de Lisboa, que são: 1.230 km de extensão da rede, onde são atendidas 340.000 economias com volume médio diário fornecido de 201.000 m³, dados relativos ao primeiro trimestre de 2008 (Sabesp, 2008b).

A rede de distribuição é constituída de quatro patamares altimétricos de pressão, as casas não dispõem de reservatório elevado, o abastecimento nestas residências se dá por meio da pressão direta da rede, que pela norma da empresa deve ser de no mínimo 30 mH₂O. Embora a extensão de rede seja pequena em relação à Unidade de Negócio Centro, composta de 5.800 km, o importante é o avanço com relação ao monitoramento da rede que a EPAL dispõe no momento: são 88 zonas de medição e controle implantadas, por eles denominadas de ZMC, com cobertura de 800 km da rede, 65% do total; e

208.000 economias (62%).

Nestas ZMCs há um monitoramento contínuo à distância da pressão e vazão em pontos estratégicos da rede via telemetria. São 128 pontos monitorados, inclusive de medidores de vazão dos grandes consumidores, são 30 no total e 98 nas entradas e saídas das ZMCs.

A implantação das ZMCs nas redes de distribuição da cidade se deu por conta de um plano estratégico da empresa cujo objetivo era o de melhorar a percepção do comportamento da rede no sentido de reduzir as perdas de água não faturada, por meio das seguintes ações: fechamento de 316 válvulas limítrofes do setor, implantação de 72 novos medidores, 17 novas caixas de inspeção. Com estas ações, as perdas foram reduzidas de 22% para 17%, mas são previstas 144 zonas de medição e controle no total.

A Figura 20 representa a rede de distribuição fragmentada em Zonas de Medição e Controle, apresentada durante visita técnica no evento do VIII Seminário Ibero-americano sobre sistemas de abastecimento urbano de água em Lisboa, do Instituto Superior Técnico, no mês de Julho de 2008.

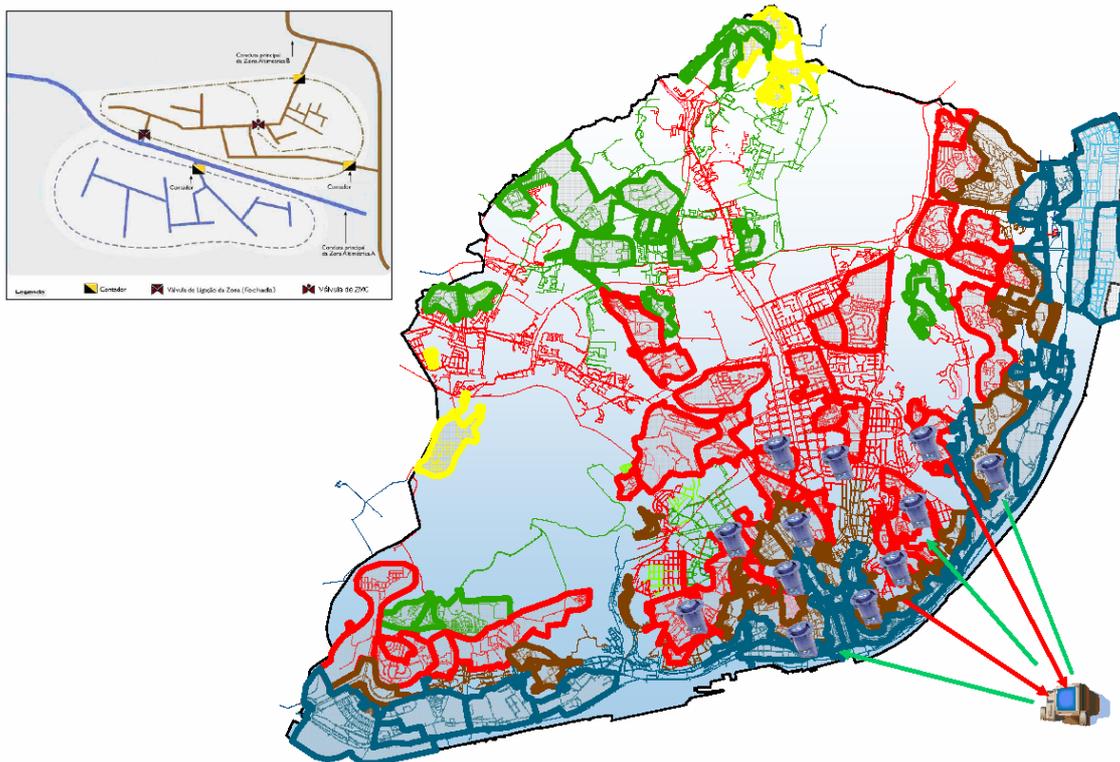


Figura 20. Zonas de Medição e Controle – ZMCs

Fonte: Sabesp, 2008b.

A Figura 21 representa o limite da ZMC Parque das Nações, com detalhe do consumo de pico do Oceanário de Lisboa, que segundo os técnicos da EPAL referem-se aos consumos destinados para água de lavagem dos aquários, que refletem no consumo de entrada da ZMC. Um exemplo, importante de controle das vazões da área do parque.

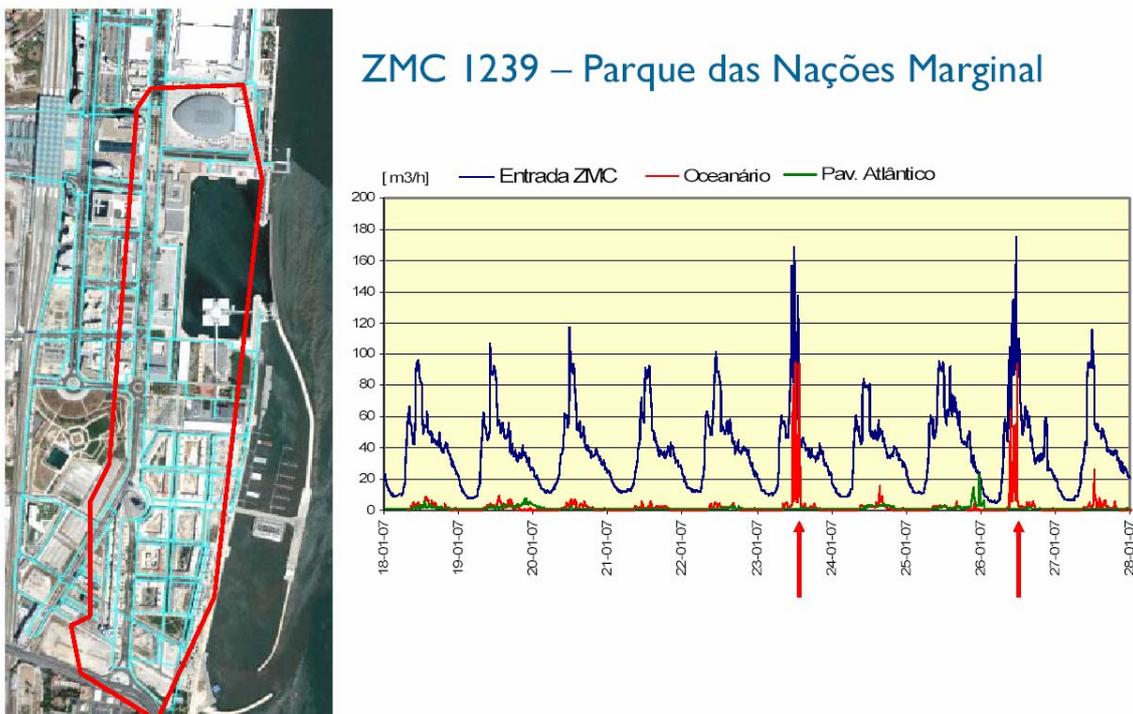


Figura 21. Zonas de Medição e Controle do Parque das Nações em Lisboa

Fonte: Sabesp, 2008b.

A segmentação ou “compartimentação” da rede segundo termo utilizada pelo inglês Julian Thornton (2007) em entrevista para a revista Saneas, traz benefícios ao gerenciamento da rede de distribuição, mas em contrapartida, conforme relatos da experiência da EPAL, também são tratados problemas advindos da implantação das ZMCs que são relacionados à: disponibilidade de pressões da rede; diminuição do número de alternativas de abastecimento; maior atenção e manobras da rede em situações de interrupção; alteração de pressão em pontos críticos; e principalmente a alteração na qualidade da água provocada por incorporação de novas áreas de abastecimento com a criação de novos pontos extremos do setor, modificação da velocidade de escoamento, e alteração do sentido de escoamento, varrendo as incrustações no interior das redes, o que pôde ser representado na Figura 22.

Consequências da Segmentação

➤ Degradação da qualidade da água:

- Criação de pontos extremos adicionais na rede;
- Modificação na velocidade do escoamento;
- Alteração do sentido do escoamento.

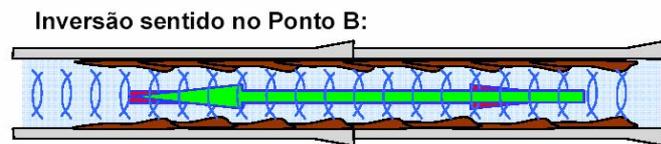
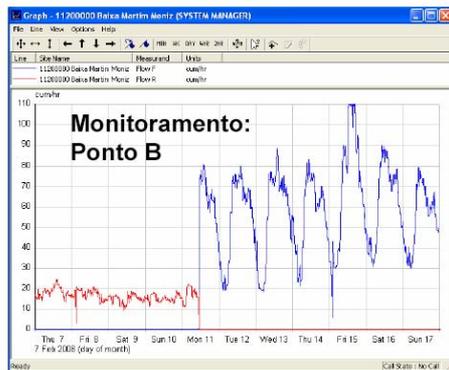
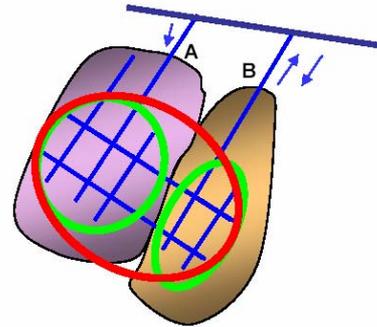


Figura 22. Alterações na qualidade em função da implantação das ZMCs em Lisboa

Fonte: Sabesp, 2008b.

Para reduzir o impacto provocado pela segmentação das redes são tomadas ações paralelas, como a identificação de pontos críticos e instalação de novas descargas; um programa de recuperação de redes com eliminação de extremos, pontas secas e instalação de novas válvulas limítrofes para redefinição das áreas de controle e medição; e recurso à modelagem matemática, para identificação de pontos críticos de pressão, identificação da necessidade de instalação de VRPs e identificação de trechos com baixa velocidade de escoamento.

Estas ações fazem parte de um programa de gestão integrado, por eles denominado de iMC, ou “Integração, Monitorização e Controlo”, um sistema de informação integrado e informatizado que é composto por outros pequenos sistemas de informação, a Telemetria, a Tele-leitura, o SIG – GinterAqua e o Aquamatrix.

Segundo Evins et al. (1989), as investigações e o planejamento por zonas são atividades locais, projetadas para identificar problemas dentro de cada zona e para selecionar as soluções de custo efetivas mais econômicas,

para esses problemas, que são:

- Identificar a extensão e a gravidade dos problemas existentes em serviços (prestados aos clientes) considerados inadequados, com relação à qualidade da água, pressão ou interrupções no abastecimento;
- Investigar as causas desses problemas causados aos clientes e examinar possíveis soluções,
- Avaliar a probabilidade de ocorrências futuras de problemas nos serviços prestados aos consumidores (em particular, com relação ao crescimento da demanda),
- Avaliar o escopo, com relação à melhoria da eficiência da rede de distribuição (na prática esse item é avaliado com relação à redução dos custos de bombeamento).
- Identificar redes "sensíveis" (isto é, aquelas para as quais as consequências de uma falha/rompimento seriam mais graves) e avaliar o seu risco de falha,
- Integrar os resultados das investigações listadas acima, entre si e com outras atividades, e escolher as soluções mais efetivas e econômicas para os problemas da zona em estudo;
- Desenvolver e programar um plano de reabilitação para cada zona, em conformidade com o plano estratégico de reabilitação; e
- Avaliar os resultados alcançados pelo projeto.

5. METODOLOGIA

5.1. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho é a Unidade de Negócio Centro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, a Sabesp.

A Unidade de Negócio Centro da Sabesp é responsável pelos serviços de distribuição de água e de coleta de esgoto na região do centro expandido e parte da região leste do município de São Paulo. Atua em uma área de 281 km², onde residem atualmente 3 milhões de habitantes, além de uma população flutuante de 1,3 milhões de habitantes/dia. Atua diretamente no relacionamento com seus clientes e contribui com informações para a implementação das políticas junto à Diretoria Metropolitana e à Alta Administração da empresa.

A Sabesp, por sua vez, é responsável pelos sistemas de distribuição de água, de coleta e de tratamento de esgoto em 367 dos 645 municípios do estado de São Paulo, incluindo a capital de São Paulo.

A Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, foi criada em 1973, por meio de uma fusão de várias empresas públicas regionais de saneamento, a partir de diretrizes estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento - Planasa. É uma empresa de economia mista e capital aberto e tem como maior acionista o Governo do Estado de São Paulo, com 50,3% das ações. As demais ações são negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo, Bovespa (27,1%), e na Bolsa de Valores de Nova Iorque, NYSE (22,6%).

No ano de 1995 a Sabesp reformulou o seu modelo de gestão, descentralizando suas atividades em unidades de negócio e investindo na profissionalização de seus funcionários, mudando o foco de suas atividades de empresa de obras, para empresa prestadora de serviços de saneamento.

Na época foi criada a Diretoria Metropolitana, M, estruturada em sete Unidades de Negócio e três Superintendências e tem por atribuição as funções

de operação, manutenção, execução do planejamento e obras dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

5.2. Plano de reabilitação

A Unidade de Negócio Centro da Sabesp vem adotando desde 2001 práticas de gestão que envolve a força de trabalho em projetos específicos para dar conta de suas demandas. São equipes multidisciplinares formadas por pessoas de projeto e/ou operacionais que têm por objetivo avaliar e descobrir a melhor forma de gerenciar os recursos e aplicar investimentos disponíveis em obras para melhoria de seu sistema de distribuição.

O modelo de Evins et al. (1989), traduzido pelo Eng.º Guaraci L. Sarzedas da Diretoria Metropolitana da Sabesp, serviu de base para formulação das ações pertinentes à implantação de um plano de reabilitação de redes na Unidade de Negócio Centro da empresa.

Ele fornece os elementos chaves para dar andamento às ações de planejamento, o que se vêm realizando há algum tempo.

Dele foi elaborado inicialmente o esquema exposto na Figura 23:

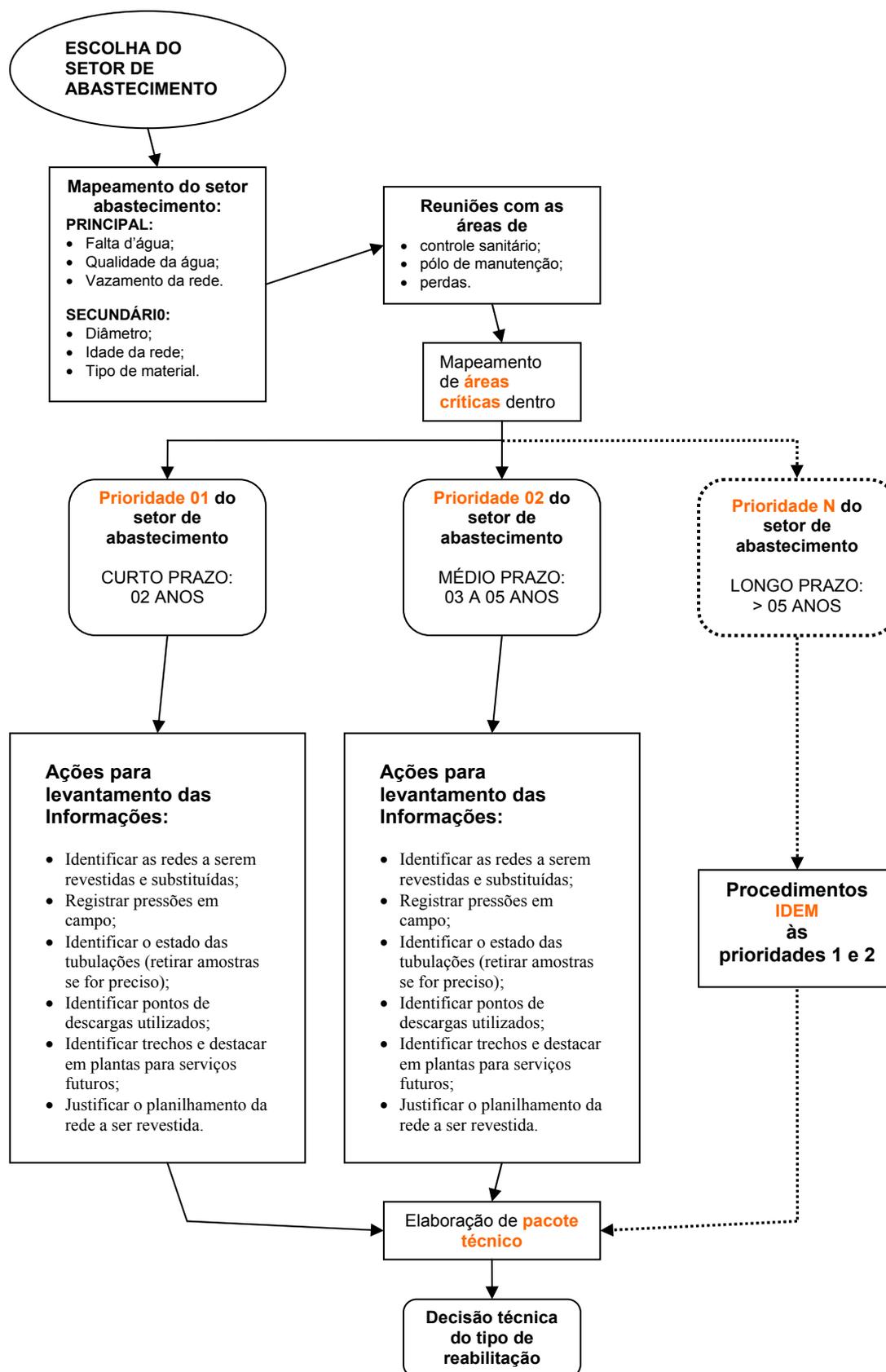


Figura 23. Esquema para desencadeamento das ações de reabilitação

Fonte: SABESP, 2008a.

Em dezembro de 2005, o planejamento operacional da Unidade de Negócio Centro da Sabesp contemplou uma ação específica para tratar da questão com o objetivo de recuperar as redes e adutoras do seu sistema de distribuição levando-se em conta aspectos em conjunto, como a qualidade da água distribuída, perdas no sistema e intermitências, e não somente na questão à idade da rede (as chamadas redes velhas) ou a pressão de abastecimento isoladamente, como de fato acontecia antigamente.

Surgiu daí a idéia de se constituir uma equipe de trabalho formada por técnicos representantes de setores estratégicos da unidade, como: a divisão de controle sanitário, de operação, de controle de perdas, de manutenção das redes, de cadastro e planejamento.

Em 2006 o novo modelo do plano de reabilitação de redes na Unidade de Negócio Centro foi efetivado com o propósito de se estabelecer uma metodologia que procura viabilizar técnica e economicamente os recursos empregados visando o aperfeiçoamento hidráulico das tubulações, a redução das perdas no sistema e principalmente, a melhora da qualidade da água distribuída, que no decorrer dos últimos anos, tem se mostrado comprometida devido ao envelhecimento e desgaste das redes de distribuição.

5.3. A metodologia proposta do plano de reabilitação de redes

Com base na estrutura de reabilitação de redes proposta por Evins et al. (1989) e o respectivo esquema proposto na Figura 23, foi possível estabelecer as premissas e etapas para a implantação do plano de reabilitação de redes da Unidade de Negócio Centro, cujas fases foram adaptadas conforme descrito abaixo:

A – Estudo e formação do plano de reabilitação.

A primeira etapa do plano envolve a formação da equipe que faz parte de um grupo denominado grupo de reabilitação de redes, o estudo e o planejamento de “como” ocorre a implantação do plano de reabilitação, ou seja, junto com a equipe, formata-se o seu “esqueleto”, obedecendo as seguintes etapas: definição das estratégias e periodicidade das reuniões do grupo de trabalho, o estudo das técnicas de reabilitação, a definição de

indicadores para elaboração do diagnóstico, mapeamento de áreas críticas, acompanhamento e a avaliação de desempenho nas áreas objeto dos serviços de reabilitação.

B – Alinhamento de conceitos

Estudo dos fatores que causam o envelhecimento das redes de água e seus efeitos, alinhamento dos principais conceitos com a equipe responsável pela implantação do plano de reabilitação, das técnicas disponíveis, e custos. O estudo das normas técnicas disponíveis na empresa: NTS 030, 031 e 032; e indicadores de desempenho usuais de operação das redes de distribuição como número de vazamentos por metro linear de rede; n° de reclamações da qualidade da água; pressão na rede de distribuição, por exemplo, com o propósito de avaliar e medir resultados durante e após a implantação do plano.

C – Diagnóstico

A elaboração do diagnóstico consiste no levantamento e cadastramento de informações importantes que subsidiam a equipe de reabilitação do programa ao identificar as áreas críticas, para mapeamento e formação do objeto futuro das obras de reabilitação.

- Levantamento da idade das redes (+50 anos, de 30 a 50 anos, inferior a 30 anos - coincide com 1973. a partir do qual os tubos passaram a ser revestidos);
- Levantamento da ocorrência de vazamentos e levantamento das áreas dos setores com altas pressões;
- Levantamento das reclamações de água com sabor e/ou odor alterados;
- Levantamento de redes incrustadas (elevada perda de carga);
- Levantamento dos trechos já reabilitados (ou trocados), dos trechos com reabilitação em andamento, dos trechos planejados e dos trechos com projetos existentes.

D – Proposições

As proposições são definidas após o levantamento das informações do diagnóstico, onde se estabelece os critérios, e propõe-se quais os trechos a

sofrer as intervenções, o estudo para mapeamento dos trechos críticos, abordagem das técnicas, levantamento da necessidade de projetos, extensões e diâmetros.

E – Áreas prioritárias

O estabelecimento de áreas prioritárias, setores de abastecimento mais críticos, onde devem ser realizadas as intervenções dentro de um cronograma de reabilitação em curto, médio e longo prazo, períodos de um, cinco e vinte anos respectivamente.

- Mapeamento dos levantamentos efetuados no cadastro: áreas potenciais de reabilitação e o uso do cadastro informatizado georeferenciado.

F – Objetivos do Plano de Reabilitação

Esta etapa é onde se estabelecem os objetivos, metas, e os prazos para se atingir os resultados com base no mapeamento das áreas potenciais de reabilitação.

G – Custos

Levantamento dos custos unitários, elaboração das planilhas de projeto e serviços, e estabelecimento do cronograma de reabilitação num horizonte de 1, 5 e 20 anos.

H – Atividades complementares

A elaboração dos requisitos para a montagem dos pacotes técnicos para a contratação dos serviços, avaliação periódica de resultados das intervenções e avaliações de indicadores de desempenho, revisão de normas, relatórios, estruturação e preparo da equipe de fiscalização dos serviços.

I – Inserção no planejamento operacional

Após a estruturação do plano de reabilitação, há necessidade de incorporá-lo no planejamento operacional da instituição.

No planejamento operacional são estabelecidos prazos e metas a serem cumpridas durante o plano de reabilitação de forma a garantir as rotinas de atividades de estudo, análise e avaliações periódicas.

Durante certo período dos trabalhos da equipe, foi estabelecido um planejamento de atuação, inicialmente investigando os problemas e mapeando as áreas críticas, e num segundo momento estabelecendo as prioridades.

Após o primeiro ano, o cronograma de reuniões e implantação do plano já estava parcialmente consolidado, o que aconteceu no início de 2006. Na ocasião foi proposto um novo fluxograma para o desenvolvimento das atividades de acordo com Figura 24:

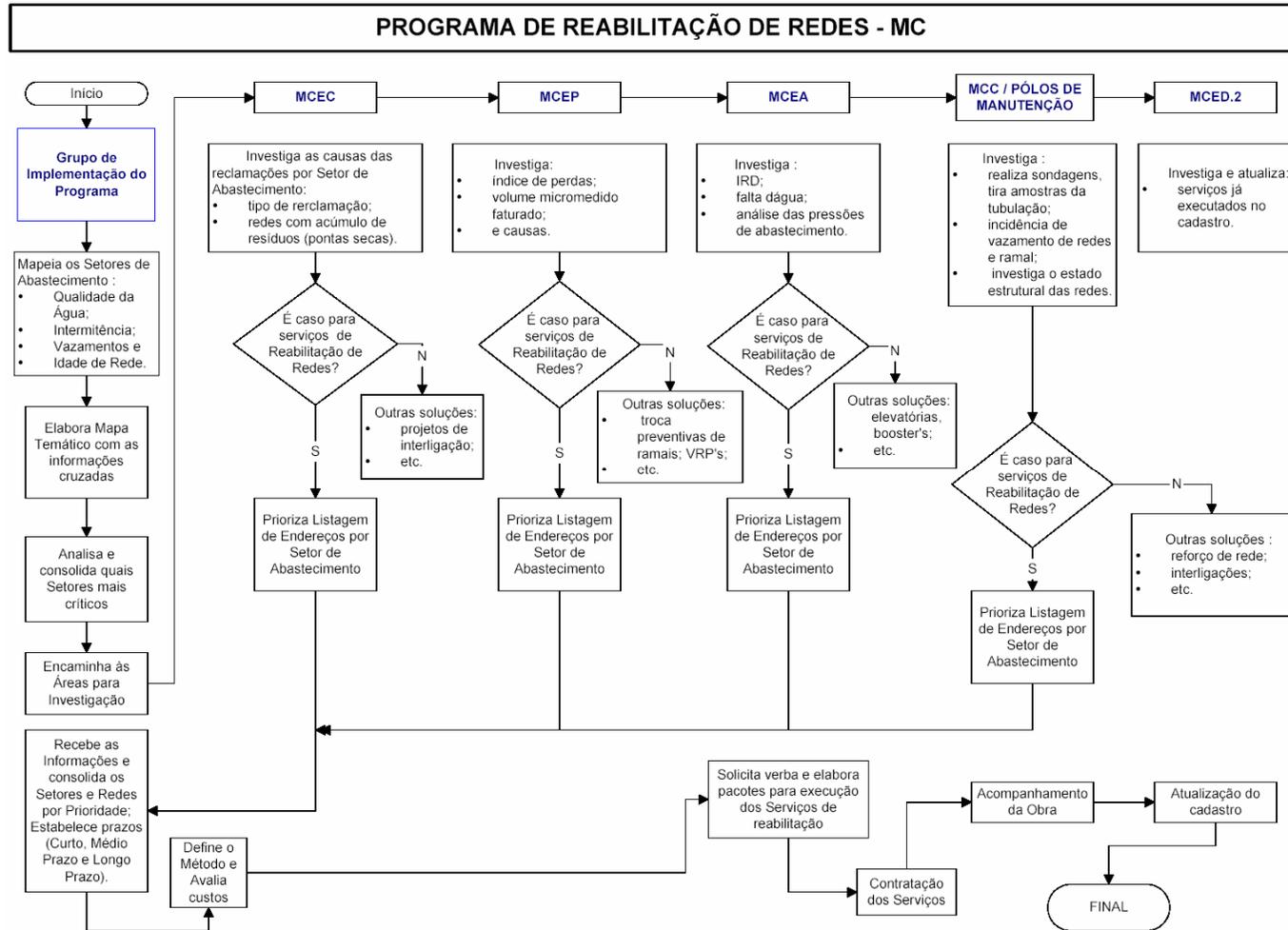


Figura 24. Fluxograma para as atividades de investigação e mapeamento, 2006

Fonte: SABESP, 2008b.

5.4. O cadastro das redes

A importância da manutenção de um cadastro atualizado foi abordada no documento técnico de apoio do Programa Nacional de Controle do Desperdício de Água do Ministério das Cidades, BRASIL (2004b):

A manutenção de um cadastro que espelhe a realidade atual do sistema é essencial para possibilitar um perfeito controle do sistema de distribuição. Os Sistemas de Informações Geográficas – GIS são muito interessantes, pois possibilitam uma resposta muito mais rápida na tomada de decisões, embora sua implantação não seja fácil, muito menos econômica e, quanto pior forem as informações de cadastro existentes mais complicada será a migração para o meio digital (BRASIL, 2004b).

Na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, foi utilizado um cadastro digitalizado georeferenciado, denominado de SignosNet, ferramenta fundamental para uma atividade de planejamento.

Por meio do SignosNet temos as seguintes informações:

- Uma base cartográfica sólida e georeferenciada;
- A disposição de toda a malha de redes de distribuição;
- A indicação de registros e pontas secas da rede existente;
- Os limites de setores de abastecimento e de VRPs (válvulas redutoras de pressão);
- A localização de *boosters*, VRPs e reservatórios;
- Localização das ligações dos consumidores.

5.5. Mapeamento de áreas críticas

O mapeamento das áreas críticas serve para se estabelecer as prioridades para a escolha dentro do cronograma de reabilitação e verificar as urgências de atendimento da unidade ao se disponibilizar os recursos disponíveis.

As informações levantadas no diagnóstico, quando cadastradas digitalmente, tornam-se uma importante ferramenta onde as áreas críticas

podem ser visualizadas, e à medida que os problemas são identificados, verifica-se nos mapas a multiplicidade de manchas por meio de mapas temáticos específicos, demonstrando as diferenças entre os setores de abastecimento, cujas características operacionais variam de setor para setor.

Os problemas se restringem à qualidade estética da água, ao desempenho hidráulico, pressão e vazão das redes, e ao estado estrutural da tubulação avaliando-se o número de vazamentos da malha de distribuição.

Tal situação pode ser ilustrada nas Figuras 25, 26 e 27, onde foram detectados os problemas relativos à qualidade da água, vazamentos de rede e falta de água ocorridas no Pólo de Manutenção Mooca durante o ano de 2005, respectivamente (SABESP, 2008b).

Reclamações sobre Qualidade da Água - 2005

Fonte: SIGNOS 2006

Polo Moóca



MCI - Departamento de Planejamento Integrado Centro

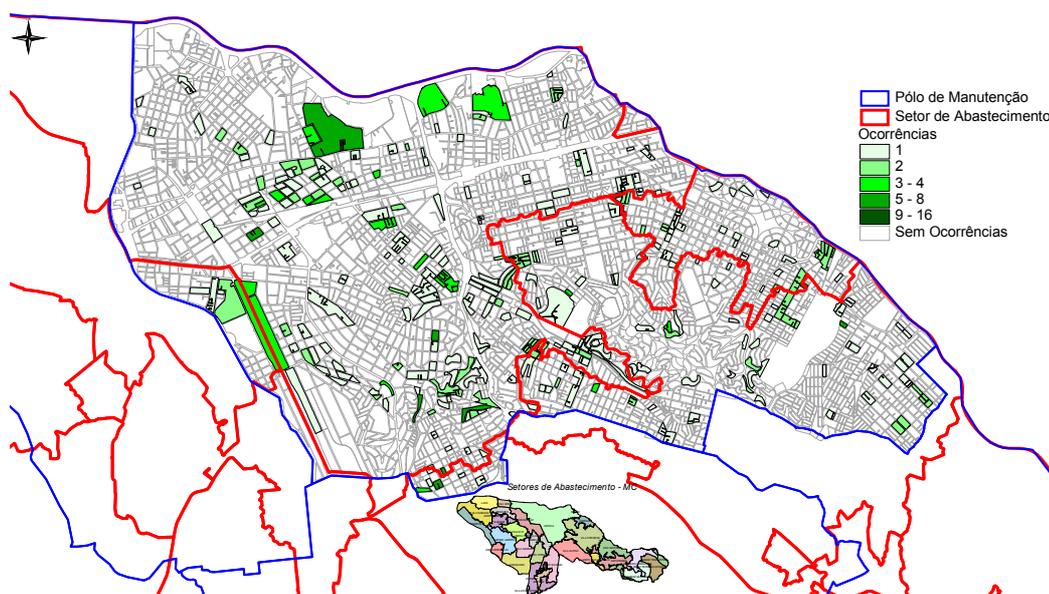


Figura 25. Mapa da qualidade da água – Pólo de Manutenção Mooca, ano 2005

Fonte: SABESP, 2008b.

Vazamento de Rede - 2005

Fonte: SIGNOS 2006

Polo Moóca

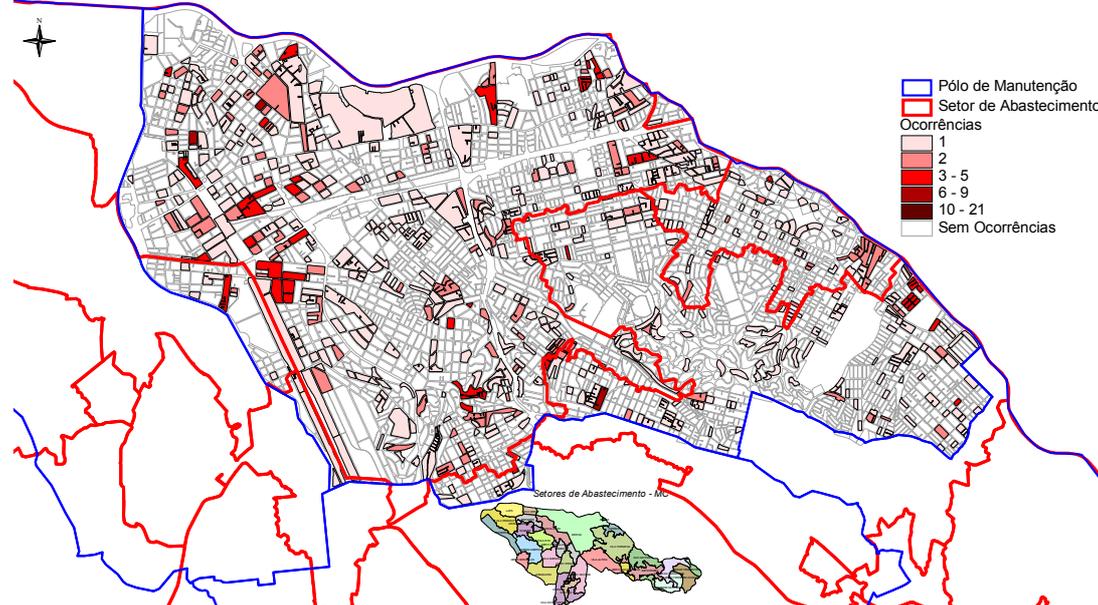


Figura 26. Mapa de vazamentos de rede - Pólo de Manutenção Moóca, ano 2005

Fonte: SABESP, 2008b.

Reclamações sobre Falta d'Água - 2005

Fonte: SIGNOS 2006

Polo Moóca

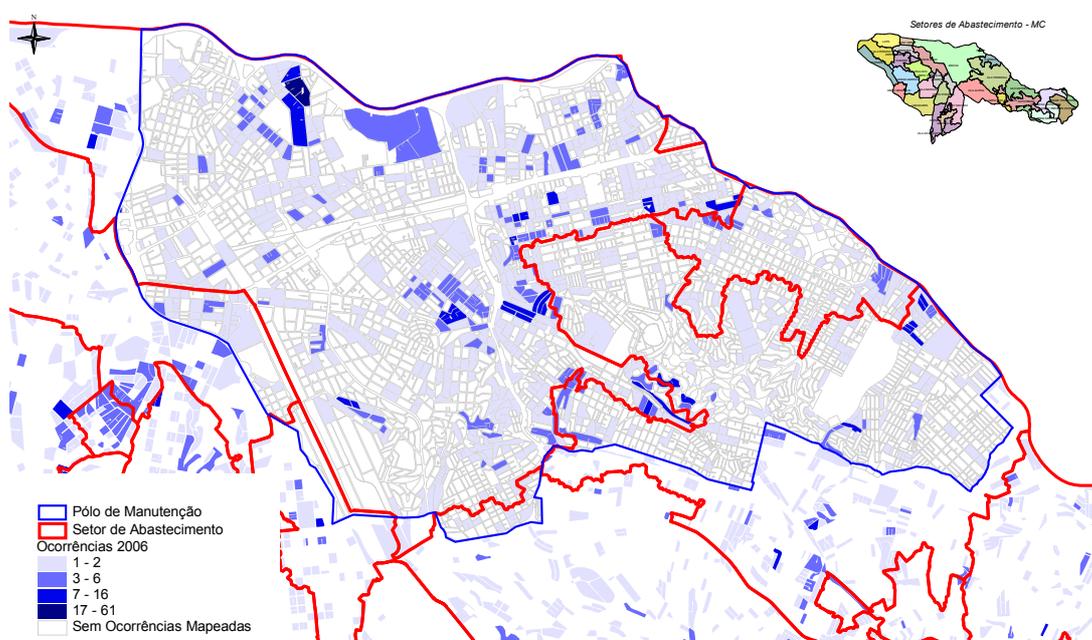


Figura 27. Mapa de falta da água – Pólo de Manutenção Moóca, ano 2005

Fonte: SABESP, 2008b.

Para um bom gerenciamento da rede hidráulica é necessário ter um conhecimento completo do sistema de distribuição.

Um mapeamento detalhado das áreas problemáticas facilita o plano de reabilitação, pois a partir dele podem-se estabelecer as prioridades.

Percebe-se que em alguns locais são mais sugestivos os problemas da qualidade da água, enquanto outros, os vazamentos na rede ou pouca pressão de abastecimento são mais elevados.

A partir do cruzamento das informações, são estabelecidas as áreas críticas de reabilitação, onde a conjunção dos problemas identificados é uma ferramenta essencial para o delineamento das áreas potenciais de reabilitação, como ilustramos na Figura 28 e no APÊNDICE A.

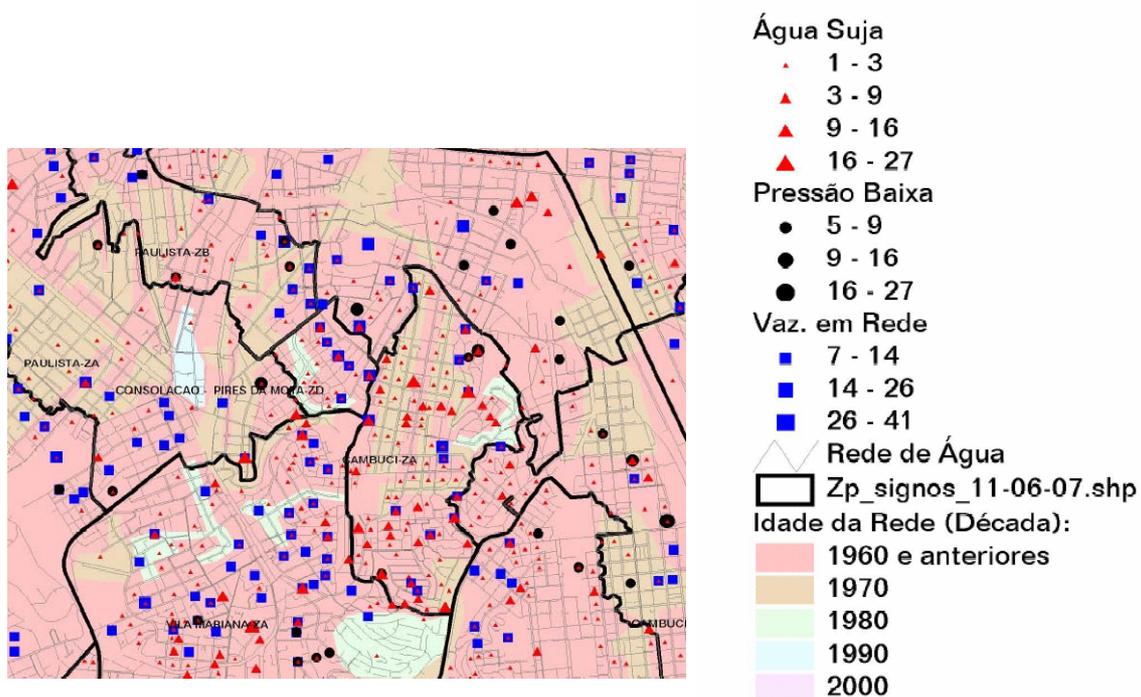


Figura 28. Áreas críticas – Unidade de Negócio Centro (período:2002 - 2006)

Fonte: SABESP, 2008b.

A seguir, as áreas potenciais de reabilitação de redes da Unidade de Negócio Centro – MC podem ser visualizadas na Figura 29 e no mapa disposto no APÊNDICE B.

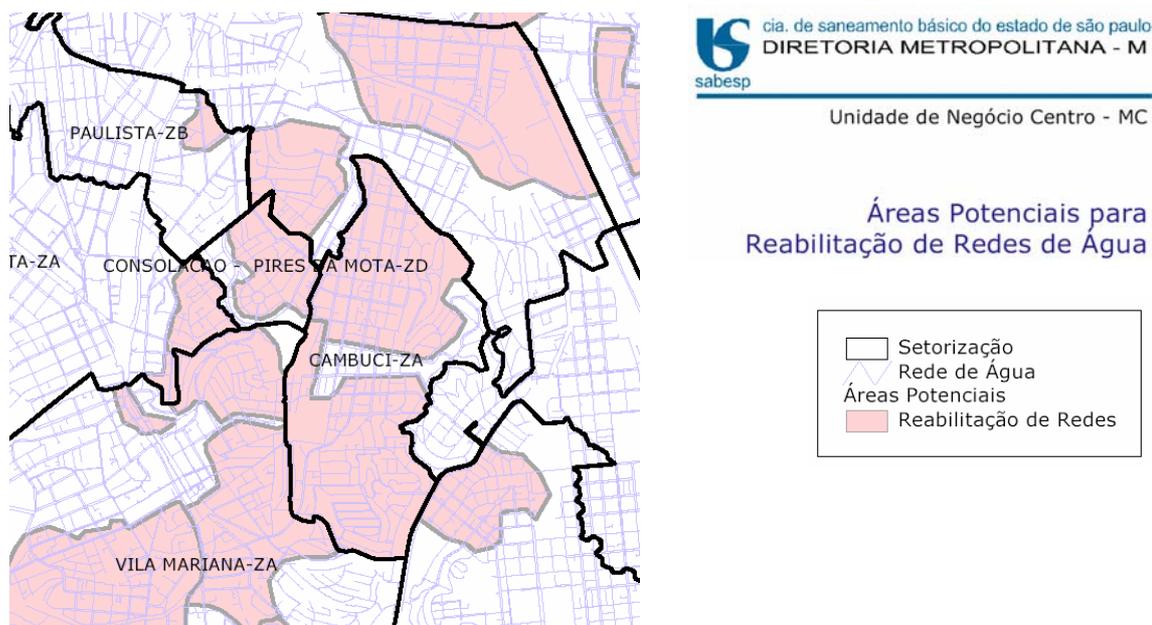


Figura 29. Áreas potenciais para reabilitação - MC (período: 2002 - 2006)

Fonte: SABESP, 2008b.

O diagnóstico foi realizado em conjunto com as equipes operacionais e do controle sanitário de cada unidade de negócio.

As ocorrências de reclamação de água suja, pressão baixa e consertos de vazamentos, foram extraídos de um sistema informatizado dos serviços da unidade, com base também em informações de idade e material das tubulações que também são cadastradas e disponibilizadas no Signos, o sistema de cadastro georeferenciado da Sabesp.

Por meio destes mapeamentos é que são estabelecidas as prioridades para reabilitação dos diversos setores de abastecimento da unidade.

5.6. Estabelecendo prioridades

Ao se estabelecer o plano de reabilitação da Unidade de Negócio Centro da Sabesp, a equipe de trabalho decidiu priorizar por pesos os setores de abastecimento da unidade de acordo com o número de problemas identificados em cada setor.

Por ser uma região consolidada em termos de abastecimento de água e coleta de esgotos, a Unidade de Negócio Centro tem por característica, salvo algumas exceções, uma maior escala de problemas referente à qualidade de água. Isto se deve principalmente a alguns fatores como a idade da rede de distribuição, que em sua maior parte é anterior a 1970, e à mistura de sistemas produtores para o seu abastecimento, acarretando um grau elevado de redes incrustadas no setor.

Portanto, a priorização de reabilitação nos setores de abastecimento obedeceu aos seguintes critérios:

- Qualidade de Água – Peso 3;
- Falta D'água e Pouca Pressão – Peso 2;
- Vazamentos – Peso 1.

O escalonamento ou pontuação para cada setor de abastecimento da unidade foi realizado pelos representantes das áreas com base em seu conhecimento técnico e de campo principalmente. Desta forma, foram identificados os problemas num determinado setor de abastecimento com base em informações já disponíveis em sua área de atuação e no dia a dia de seu trabalho.

O produto final foi o resultado da multiplicação das notas pelos pesos do setor até se chegar à escala de setores prioritários, como podemos observar na Tabela 8:

Tabela 8. Escala de setores prioritários para obras de reabilitação - 2008.

Setembro / 2008

Setor	Qualidade da Água Peso 3		Falta d'água Peso 2		Vazamentos Peso 1		Total	Setor
Consolação	5,00	15,00	5,00	10,00	5,00	5,00	30,00	Consolação
Vila Romana	5,00	15,00	5,00	10,00	4,00	4,00	29,00	Vila Romana
Jabaquara	5,00	15,00	5,00	10,00	3,00	3,00	28,00	Jabaquara
Sumaré	5,00	15,00	4,00	8,00	4,00	4,00	27,00	Sumaré
Jd. América	5,00	15,00	4,00	8,00	4,00	4,00	27,00	Jd. América
Cambuci	5,00	15,00	3,00	6,00	5,00	5,00	26,00	Cambuci
Perdizes	5,00	15,00	4,00	8,00	3,00	3,00	26,00	Perdizes
Mooca	5,00	15,00	3,00	6,00	5,00	5,00	26,00	Mooca
Vila Mariana	5,00	15,00	3,00	6,00	4,00	4,00	25,00	Vila Mariana
Deriv. Brooklin	4,00	12,00	5,00	10,00	3,00	3,00	25,00	Deriv. Brooklin
Paulista	5,00	15,00	3,00	5,00	4,00	4,00	24,00	Paulista
Sacomã	5,00	15,00	2,00	4,00	5,00	5,00	24,00	Sacomã
Ipiranga	5,00	15,00	2,00	4,00	5,00	5,00	24,00	Ipiranga
Lapa	5,00	15,00	2,00	4,00	4,00	4,00	23,00	Lapa
Sapopemba	5,00	15,00	2,00	4,00	4,00	4,00	23,00	Sapopemba
Pinheiros	5,00	15,00	2,00	4,00	4,00	4,00	23,00	Pinheiros
Deriv. Brás	5,00	15,00	4,00	8,00	0,00	0,00	23,00	Deriv. Brás
Vila Formosa	4,00	12,00	2,00	4,00	4,00	4,00	20,00	Vila Formosa
Carrão	5,00	15,00	1,00	2,00	3,00	3,00	20,00	Carrão
Cursino	4,00	12,00	2,00	4,00	3,00	3,00	19,00	Cursino
Deriv. Sacomã	5,00	15,00	2,00	4,00	0,00	0,00	19,00	Deriv. Sacomã
Vila Alpina	4,00	12,00	2,00	4,00	0,00	0,00	16,00	Vila Alpina *
Deriv. 3ª Divisão	1,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	8,00	Deriv. 3ª Divisão
Jd. S. Pedro	1,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	8,00	Jd. S. Pedro
São Mateus	1,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	8,00	São Mateus
Cid. Tiradentes	1,00	3,00	1,00	2,00	0,00	0,00	5,00	Cid. Tiradentes
Jd. Da Conquista	1,00	3,00	1,00	2,00	0,00	0,00	5,00	Jd. Da Conquista
Casa Verde	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	2,00	Casa Verde MC

LEGENDA

Qualidade da Água - Peso 3

- 5 pontos
- 4 pontos
- 3 pontos
- 2 pontos
- 1 ponto

Falta d'água - Peso 2

- 5 pontos
- 4 pontos
- 3 pontos
- 2 pontos
- 1 ponto

Vazamentos - Peso 1

- 5 pontos
- 4 pontos
- 3 pontos
- 2 pontos
- 1 ponto

Prioridade:

- 1 (30 a 25 pontos)
- 2 (24 a 20 pontos)
- 3 (< de 20 pontos)

Fonte: SABESP, 2008b.

Para compor a Tabela 8, um representante da área de controle sanitário reuniu de informações referentes aos setores mais críticos com relação à qualidade da água. Respectivamente o representante da operação fez referência aos setores mais críticos com relação aos problemas de intermitência e falta d'água, e daí por diante.

A planilha foi composta, portanto, em escala de prioridades estipulando-se as notas de 1 a 5 para cada setor de acordo com a intensidade dos problemas identificados.

Verificam-se na planilha que os cinco setores mais críticos, de acordo com a escala de prioridades, são os da Consolação, Vila Romana, Jabaquara, Sumaré e Jardim América. Estes possuem já um plano de reabilitação previsto para atender as áreas mais críticas dentro do setor durante os próximos 02 anos.

5.7. Amostragem

A retirada de amostras antes, durante e depois das intervenções se faz necessária para verificação da eficiência dos trabalhos de reabilitação. É um fato decorrente da experiência vivenciada na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, que tem analisado com mais frequência o estado estrutural da tubulação, durante as diferentes fases dos serviços de reabilitação.

Antes da execução dos serviços e sempre que possível devem-se retirar amostras da tubulação para observarmos a espessura de parede do tubo. A Figura 30, ilustra uma tubulação remanescente dos serviços de limpeza e revestimento de rede, no caso não foi possível complementar os serviços devido à pequena espessura de parede do tubo e com um grau significativo de fissuras longitudinais. Neste caso, a tubulação se tornou vulnerável, isto é, sujeita a uma perda elevada de água por metro linear de tubo, um indicador de perda usual para se quantificar o nº de vazamentos de um trecho de rede.



Figura 30. Amostra de tubulação de ferro fundido de 100 mm

O diagnóstico neste caso foi o de renovar a tubulação de ferro, substituindo-a, se possível, por outra tubulação, de polietileno, pelo método não-destrutivo denominado de *pipebursting*.

Mas a reabilitação das tubulações pode ter outras motivações, que não seja apenas a estrutural, ou seja, o objetivo seria o de melhorar as condições de escoamento, o de reduzir as perdas de carga e custos indiretos com a energia elétrica do sistema, como é o caso citado anteriormente, o da cidade Fundão no estado do Espírito Santo, Bastos et al. (2008), onde o diagnóstico foi o de remover simplesmente as incrustações internas e aplicar um revestimento que inibisse uma suposta deterioração futura da tubulação e a preservasse de novos vazamentos.

Há inúmeros casos na Sabesp de igual parecer, envolvendo apenas a remoção das incrustações, com o intuito de resolver os problemas de qualidade e de operação, com baixas pressões e vazões de abastecimento.

É o caso mostrado na Figura 31, onde a tubulação apresenta uma espessura de parede significativa:



Figura 31. Amostra de tubulação de ferro fundido de 75mm

Segundo Venturini e Barbosa (2002), as técnicas não estruturais são usadas quando o objetivo é:

- Melhorar ou recuperar as condições hidráulicas ou sanitárias;
- Reduzir vazamentos;
- E proteger contra corrosão.

Visivelmente se observa na Figura 31 que a característica estrutural do tubo encontra-se preservada, as técnicas de remoção das incrustações e materiais de revestimento usualmente empregados para esse fim são a argamassa acrílica ou resina epóxi, aplicadas por uma máquina de aspersão puxada através da rede a uma velocidade constante predeterminada ou pelo método de turbilhonamento, como veremos no capítulo seguinte.

5.8. O conceito de reabilitação

O termo reabilitação contempla genericamente as técnicas disponíveis que são adotadas para tornar adequadas, tanto hidráulica quanto estruturalmente, as tubulações de um sistema de distribuição.

Quando queremos melhorar as condições hidráulicas e sanitárias das tubulações com procedimentos de limpeza e revestimento de rede, podemos usar um termo específico: renovação.

Segundo o caderno do programa de desenvolvimento operacional da Diretoria Metropolitana da Sabesp:

É pertinente fazer algumas considerações sobre o Reparo, que pode ser entendido como “pequeno trabalho para restaurar a integridade estrutural de uma rede de água no local da sua falha. A maioria dos reparos é executada ou pela substituição de um pequeno trecho da tubulação ou pela colocação de um colar impermeável sobre a falha” (esta é a definição da WRc). Entretanto, esta entidade entende que o “pequeno reparo” não deve ser considerado “Reabilitação”, o que difere da IWA, que entende o Reparo como um item de “Reabilitação”. A proposta do presente documento é entender o Reparo como “Manutenção”, não se encaixando nas atividades associadas ao conceito de “Reabilitação” (SABESP, 2008a).

Entendemos por substituição quando nos referimos à troca efetiva da tubulação (a antiga fica fora de operação), e pode ser feita por meio de vários métodos, destrutivos (valas) ou não-destrutivos (perfuração direcional, *pipebursting*, etc.).

O reforço da rede é a construção de tubo adicional ao existente, com diâmetro igual ou diferente, de forma a incrementar a capacidade de veiculação do sistema. Pode ser feito através de métodos destrutivos ou não-destrutivos.

Os conceitos e terminologia empregada são ilustrados na Figura 32:

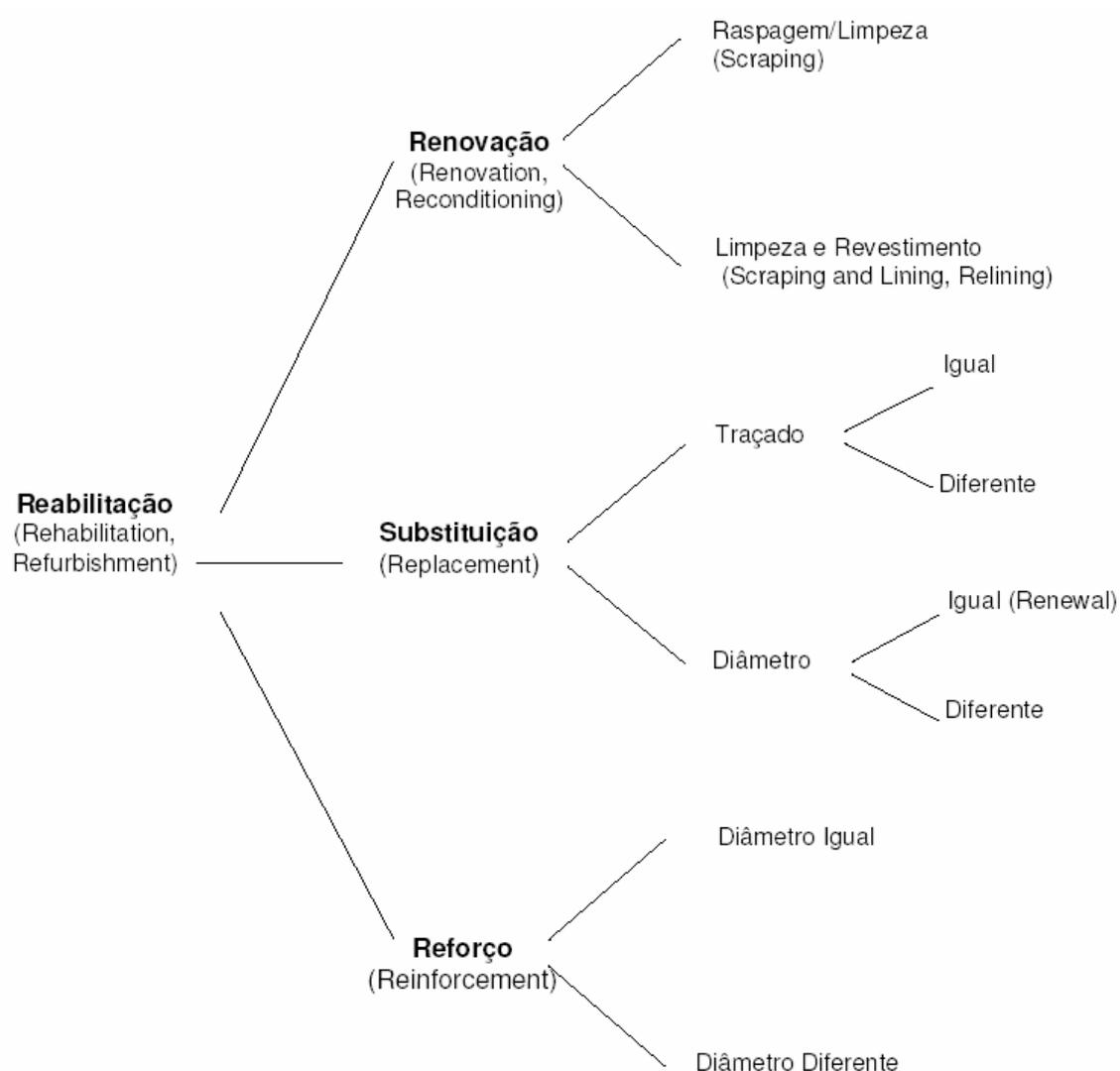


Figura 32. Conceitos e terminologias de reabilitação

Fonte: WRc, 1989 e IWA, 2003, apud SABESP, 2008a, p. 9.

5.9. Métodos não destrutivos.

Os métodos disponíveis para a reabilitação das redes são dois: o método convencional e o método não destrutivo (MND).

No primeiro, os serviços de substituição ou reforço são executados por meio de valas a céu aberto, longitudinais, causando transtorno em áreas urbanas. Logo, este método é mais indicado para ser aplicado em regiões periféricas, ou em locais onde o tráfego de veículos e de pedestres não seja intenso.

O outro método, o não destrutivo, pode ser aplicado em regiões centrais, onde não apenas o trânsito de automóveis e pedestres seja intenso, mas por se tratar de uma área consolidada, a infra-estrutura subterrânea é dotada de redes de telefonia, cabos de energia, fibra ótica, redes de gás, galerias, e outras; portanto, as interferências são maiores, e os riscos em relação à segurança também são significativos, tendo em vista a falta de espaço para se abrir novas valas.

Segundo a ABRATT, Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva, os métodos não destrutivos (MND) podem reduzir os danos ambientais e os custos sociais, e ao mesmo tempo, representam uma alternativa econômica para os métodos de instalação, reforma e reparo com vala a céu aberto (ABRATT, 2008).

Bastos et al. (2008) mencionam que as tecnologias não destrutivas se caracterizam pela abertura de pequenos poços de inspeção, onde pode haver a implantação de novas tubulações ou melhoramento das existentes, por meio de limpeza e revestimento interno ocasionando aumento do diâmetro interno e diminuição da rugosidade.

O custo de reabilitação com a utilização das técnicas não-destrutivas pode reduzir em cerca de 70% comparada as técnicas destrutivas. (RANGEL e SANABRIA, 2002, *apud* BASTOS et al., 2008, p.175).

Por se tratar de uma área consolidada, a maior parte dos serviços de reabilitação das redes de distribuição da Unidade de Negócio da Sabesp é executada por meio de métodos não destrutivos, isto é, aproveitando-se o mesmo caminhamento da rede existente, evitando-se a abertura de valas longitudinais, apenas valas pontuais para introdução de equipamentos, gerando menos serviços de escavação, e com probabilidade muito menor de encontrar interferências, sem riscos de danos às redes de telefonia, cabos de fibra ótica, tubulações de gás, cabos elétricos, de drenagem, etc., ou seja, menos acidentes.

A vantagem que os serviços de reabilitação de redes por meio de métodos não destrutivos oferecem, quando comparados aos métodos

convencionais, pode ser demonstrada na Figura 33 quando foram executadas duas obras simultâneas de diferentes concessionárias, no período anterior à reurbanização da Rua Oscar Freire, na cidade de São Paulo.



Figura 33. (a) Valas longitudinais abertas no passeio para aterramento dos fios elétricos; (b) Serviços de reposição do pavimento das valas pontuais abertas no passeio

Em centros históricos, por exemplo, onde pode haver danos em passeios públicos, casarios ou monumentos, a tecnologia não destrutiva funciona como opção, como foi em Embu das Artes - SP, onde parte das redes enterradas para abastecimento de água da cidade foi substituída sem comprometer as estruturas das edificações existentes, como a igreja no largo da praça. Foram trocados doze quilômetros de tubulação em material de cimento amianto no total¹.

5.10. Investigando os problemas

Segundo Venturini e Barbosa (2002), as técnicas não destrutivas são muito diversificadas e devem ser selecionadas em função do problema e levando-se em consideração as condicionantes locais.

¹ Informação disponível na internet: <www.gasbrasil.com.br/arqupl/AutorizacaoFaturamento/28/AfClasArqCatalogo.pdf>, acesso em 22 de Novembro de 2008.

As técnicas não destrutivas compreendem o revestimento de argamassa de cimento, revestimento de epóxi e o processo A.S. Estas técnicas são bastante difundidas em alguns países, destacando-se a Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha e Japão, mas no Brasil estas técnicas têm discreta utilização (VENTURINI e BARBOSA, 2002).

A necessidade de reabilitar uma tubulação pode provir dos seguintes fatores (SABESP, 2008a):

- A fragilidade estrutural do tubo, que acarreta um número excessivo de vazamentos;
- A qualidade da água distribuída, especialmente água suja, que resulta em desconfortos e reclamações dos clientes;
- A restrição hidráulica acarretada por insuficiência do diâmetro dos tubos, muitas vezes com a seção de escoamento obstruída por incrustações;
- O material do tubo, especialmente aqueles em que atualmente há restrições legais de aplicação e já saíram do mercado (tubos de chumbo e fibrocimento/cimento amianto, por exemplo, em que há dificuldades inclusive de encontrar peças e acessórios para as manutenções).

Em função destes problemas, segundo Venturini e Barbosa (2002), e também das condições locais, pode-se partir para a escolha da técnica de reabilitação mais apropriada.

De acordo com Grilo e Covas (2008), as técnicas de reabilitação devem ser precedidas de uma inspeção com CCTV (*Closed Camara Circuit Television*) ou PIG (*Picture In Graphics*) conforme ilustra a Figura 34:



Figura 34. (a) Câmera CCTV utilizada na inspeção de redes; (b) Imagens de uma inspeção com câmera CCTV

Fonte: CRUSADE DESIGNS, 2007 e ENGIDRO, 2005, apud GRILO e COVAS, 2008, p.200.

5.11. Técnicas de reabilitação por renovação

5.11.1. Limpeza da tubulação

A limpeza da tubulação é realizada na remoção das incrustações internas, que apresentam problemas de restrição hidráulica e de qualidade, segundo observações apontadas por Heller e Pádula (2006).

O arraste mecânico, ou o método *drag*, é o mais comum, onde o processo de limpeza é feito por meio de coroas de lâminas cortantes, seguidas de rodos de borracha, semelhante a escovas metálicas que são introduzidas dentro da tubulação por meio de um guincho que arrasta o raspador movendo-o de uma extremidade à outra da tubulação, várias vezes, até que esta seja completamente limpa. A velocidade de arraste deve ser rigorosamente constante, para se evitar defeitos e imperfeições durante a limpeza. A Figura 35 ilustra os rapadores mecânicos.



Figura 35. Rapadores mecânicos

Fonte: Foto em Sanit Engenharia, 2008.

Outro método de limpeza é o que utiliza os dispositivos de espuma, denominados de *pigs*, que são normalmente empurrados através da rede por água sob pressão ou ar comprimido, embora existam versões que podem ser puxadas por cabo. Normalmente, são usados para remover poeira ou fluidos de tubos de qualquer material, podendo também executar a secagem da rede.

Segundo Venturini e Barbosa (2002), os *pigs* são parecidos com uma cápsula, ou seja, é um cilindro de espuma de poliuretano com um nariz em perfil parabólico, com base côncava.

Na Figura 36 é possível observar os vários modelos de *pigs* que podem ser empregados no sistema de abastecimento de água.



Figura 36. Modelos de *pigs*.

Fonte: Foto em Venturini e Barbosa, 2002.

Segundo Venturini e Barbosa (2002), os *pigs* são inseridos no sistema e direcionados para seguir um caminho pré-determinado mantendo a direção do fluxo da água. A passagem do *pig* efetuará a remoção e subsequente descarga de todo o material estranho acumulado, aderido ou depositado.

O processo de limpeza da tubulação também pode ser realizado por hidro-jateamento de alta pressão, ou turbilhonamento (processo A.S.). No caso do turbilhonamento, deve-se empregar uma mistura de ar mais um agregado (brita de graduação zero, areia ou pedrisco).

Bastos et al. (2008) cita outro método de limpeza da tubulação, que é a limpeza química, onde o material incrustado na tubulação é atacado, com a vantagem de promover a desobstrução de todos os elementos da rede, tais como válvulas, cotovelos, cruzetas, etc.

Na visão de Grilo e Covas (2008), existem atualmente no mercado dois processos não destrutivos para reabilitação das redes, e que dão origem a diferentes técnicas de reabilitação. Segundo o autor, esses processos diferenciam-se pelos materiais e equipamentos utilizados. Os dois processos são:

- O revestimento, que consiste em revestir interiormente a rede com um material que confira à mesma maior resistência estrutural ou maior capacidade de transporte; e
- A inserção, que consiste na introdução de uma segunda rede no interior da tubulação a reabilitar.

Na análise do autor, não se focou a intervenção clássica em vala aberta, pois o objetivo do estudo era encontrar alternativas àquela técnica.

As principais técnicas de reabilitação de redes citadas por Grilo e Covas (2008) encontram-se dispostas na Tabela 9:

Tabela 9. Técnicas de reabilitação de redes

Processo	Designação da técnica	
	Terminologia em português	Terminologia em inglês
Substituição	Vala aberta	Open trench
Revestimento	Revestimento com argamassa de cimento	Cement Mortar Relining
	Revestimento com spray de resinas <i>epoxy</i>	Epoxy Resin Spray Lining
Inserção	Inserção simples	Sliplining Relining
	Inserção por destruição da tubulação existente	Pipe Bursting Burst Lining
	Inserção por redução de diâmetro	Rolldown
	Inserção com tubo de parede dobrada	Subline Compact Pipe

Fonte: GRILO, 2008.

A seguir é apresentada uma breve descrição de algumas técnicas conforme bibliografia especializada e o manual de diretrizes dos métodos não destrutivos².

5.11.2. Revestimento com argamassa de cimento e areia

A aplicação de argamassa de cimento é um método comum e relativamente barato de recuperação de redes de distribuição de água. A argamassa tem duas funções: a alcalinidade do cimento inibe a corrosão dos tubos de aço e a superfície interna pouco rugosa reduz o arrasto hidráulico e melhora as características do fluxo. Deve-se observar que o revestimento de argamassa de cimento também é aplicado em tubulações novas de ferro fundido e ferro dúctil, para inibir a corrosão (ABRATT, 2008).

A camada de argamassa de cimento em contato com o material da tubulação forma um conjunto de elevada resistência e durabilidade. Aplica-se a redes metálicas (tubulações de aço ou de ferro fundido). A ação protetora baseia-se, essencialmente, em dois agentes: um passivo e outro ativo. O passivo é formado por meio do isolamento mecânico da parede metálica da tubulação. O ativo forma-se por meio da conversão química da camada de cimento com o óxido de ferro na zona de fronteira entre a argamassa de cimento e a parede de ferro da tubulação, devido à interação da água que se difunde

² Disponível na internet: <www.abratt.org.br>.

para o interior da argamassa. A argamassa utilizada é composta, em partes iguais, por cimento Portland e por areia de quartzo. Pode ser uma solução viável para tubos com diâmetros entre 80 e 2000 mm. No caso de tubulações de menor diâmetro, são abertos poços de acesso com cerca de 2,00 x 1,50 m, em intervalos de 150 m, retirando-se um trecho de rede com cerca de 1,00 m. Para tubulações com diâmetros superiores a 600 mm, o intervalo entre poços será da ordem dos 400 m (GRILO e COVAS, 2008).

É essencial uma preparação cuidadosa da rede existente. Também é importante aplicar uma espessura adequada de argamassa para criar o ambiente alcalino na interface argamassa/aço. Como ocorre na armadura das estruturas de concreto, a cobertura inadequada do metal permitirá o início da corrosão, que fará trincar e lascas a argamassa.

Normalmente, a aplicação é feita por uma máquina de aspergir argamassa, que é alimentada por mangueiras provenientes da superfície ou, particularmente em redes de grande diâmetro, poderá ter sua própria caçamba com argamassa pré-misturada. O controle da velocidade de avanço da máquina é importante para assegurar uma espessura consistente do revestimento, como ilustra a Figura 37.

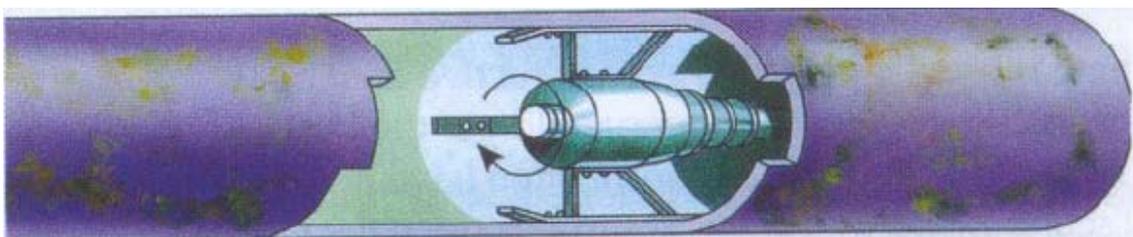


Figura 37. Aplicação de revestimento de argamassa de cimento

Fonte: ABRATT, 2008.

Segundo a ABRATT (2008), este tipo de revestimento não tem função estrutural, a não ser pela redução de velocidade de deterioração da rede instalada. Essa técnica não é adequada, portanto, para tubulações com vazamentos ou para redes onde ocorreu redução significativa da espessura da parede devido à corrosão.

Segundo a Norma Técnica Sabesp - Revestimento interno com

argamassa de cimento e areia para tubulações de aço e ferro fundido destinadas a condução de água potável - NTS 032, o trecho revestido deve ser liberado para operação após a cura da argamassa de revestimento, que deverá ocorrer entre 48 e 72 horas da aplicação.

A espessura do revestimento da argamassa de cimento e areia deve ser de 10mm com tolerância de mais ou menos 1mm.

É usual na Sabesp aplicamos este método para tubulações acima de 300mm de diâmetro, obedecendo a NTS 032. Para tubulações de menor diâmetro, é aplicada a argamassa acrílica ou resina epóxi por turbilhamento.

5.11.3. Revestimentos com argamassa acrílica

Embora muito semelhante, o processo de revestimento com argamassa acrílica representa um avanço com relação à técnica da argamassa de cimento e areia, pois na mistura é adicionado um polímero acrílico atribuindo ao produto de revestimento maior porosidade, maior absorção da água, e menor permeabilidade, ou seja, oferece uma maior proteção à tubulação.

O processo de limpeza da tubulação é praticamente o mesmo, no caso, utiliza-se um equipamento de hidro-jateamento de alta pressão para remover parte das incrustações presentes no interior da tubulação e em seguida são utilizados os raspadores mecânicos para a remoção dos detritos.

A argamassa acrílica é composta pela mistura de dois componentes, sendo uma parte líquida composta pela resina sintética e, uma parte sólida de uma mistura controlada de cimento especial e areia de granulometria controlada.

A mistura é agitada e filtrada de modo a garantir sua homogeneidade.

Preparada a argamassa acrílica, a mistura é injetada por meio de uma bomba de pistão através de uma mangueira a uma vazão constante, até cabeça rotativa do aplicador.

A cabeça rotativa possui duas mangueiras acopladas, onde são bombeados ar comprimido e a argamassa acrílica respectivamente.

Com o intuito de reduzir o tempo de cura do revestimento de argamassa acrílica é insuflado ar quente, a uma temperatura de aproximadamente 120° C, através de um gerador de calor, nas extremidades do trecho reabilitado.

O tempo médio de cura é de três horas, mas pode ser ampliada em função da umidade do ar, temperatura ambiente, extensão do trecho e diâmetro da tubulação.

Passado o período de secagem é feita a conexão entre os trechos da tubulação e por um período de 30 min a rede é lavada para posterior liberação do abastecimento aos consumidores. Essa técnica permite que sejam reabilitados 200m de rede por dia.

A Figura 38 ilustra as fases de limpeza da tubulação com detalhe do produto de revestimento do processo da argamassa acrílica e das roldanas evitando que o cabo de aço danifique a tubulação.



Figura 38. (a) Procedimento de limpeza da tubulação; (b) Remoção das incrustações por arraste mecânico e produto da mistura do revestimento; (c) Detalhe das roldanas do equipamento do processo de arraste

Segundo a NTS 030, Norma Técnica Sabesp que especifica os procedimentos e especificações para o revestimento interno com argamassa acrílica, a espessura do revestimento deve ser de 1,0 a 3,0mm, onde não deve ocorrer penetração de água, conforme norma técnica NBR 10787/94.

Segundo orientações do caderno de desenvolvimento operacional, Sabesp (2008a):

Durante a execução dos serviços de limpeza e revestimento do trecho da rede a ser reabilitado, é montada uma unidade hidráulica no trecho adjacente que tem a finalidade de permitir o bloqueio do trecho onde está sendo executado o serviço e garantir o atendimento aos consumidores das áreas adjacentes. Uma vez interrompido o abastecimento no trecho, duas equipes trabalham simultaneamente. Enquanto uma equipe executa a limpeza no trecho da rede a ser reabilitada outra equipe desconecta os hidrômetros prediais e são colocados engates rápidos nos cavaletes permitindo a conexão da mangueira de ar comprimido. Procede-se à limpeza do ramal com ar comprimido e posteriormente a limpeza da rede, ou seja, os detritos existentes no ramal são emperrados para a rede e são removidos através da limpeza por arraste. Antes de colocar o trecho da rede de distribuição reabilitada em operação é realizada a limpeza dos ramais prediais com o intuito de efetuar a remoção de eventuais resíduos deixados durante o processo de revestimento da tubulação causando entupimento nos ramais. Por fim procede-se com a desinfecção da rede antes de colocá-la em carga.

As vantagens na aplicação desse método segundo Sabesp (2008a), é o aumento de vida útil da tubulação nova e antiga; aumento da capacidade hidráulica que é conservada ao longo do tempo; a eliminação de vazamentos; a garantia da manutenção da potabilidade da água conseguida pela remoção das impurezas; além de elevar a pressão de distribuição; garantir uma proteção eficaz da parede do tubo eliminando a recorrência de corrosão nas tubulações de aço e ferro fundido; reduzir a deterioração da qualidade da água distribuída, incluindo a redução da demanda de cloro na distribuição; redução do tempo de execução, pois há um menor tempo de cura em relação ao processo da com argamassa cimento e areia e diminuição dos transtornos ao tráfego de pedestres e veículos, pois são abertas valas onde as remoções da terra e repavimentação são pontuais.

As desvantagens na aplicação deste método é a redução do diâmetro útil pela aplicação da argamassa, a necessidade de equipamentos específicos e mão de obra especializada para execução dos serviços.

5.11.4. Revestimentos com resina epóxi

Segundo a ABRATT (2008), o revestimento com epóxi pode ser considerado como alternativa do revestimento com argamassa e possui uma função similar: proteger contra a corrosão e produzir um acabamento liso. O objetivo é fazer com que a resina se ligue com a superfície interna do tubo, devidamente preparada, formando uma película que evite a corrosão e a penetração de água.

Geralmente, a espessura dos revestimentos de epóxi é muito menor que a dos de argamassa, não ocorrendo, portanto, redução significativa no diâmetro interno. Esses revestimentos também têm cura mais rápida que os feitos à base de cimento. Qualquer defeito na película de epóxi, contudo, poderá dar início à corrosão e, ao contrário da argamassa, não há alcalinidade para inibir quimicamente a deterioração. As resinas epóxi também são relativamente caras, comparadas aos materiais à base de cimento.

Pode ser utilizado para a reabilitação de redes de abastecimento de água, de combate a incêndios e de abastecimento industrial. Também se pode

recorrer a este método quando se verificam problemas de qualidade água devido à corrosão da parede interna da tubulação. (GRILO e COVAS, 2008).

Na Figura 39 ilustramos a aplicação do revestimento de resina epóxi por meio de cabeçote de aspersão.



Figura 39. Aplicação de revestimento de resina epóxi

Fonte: GRILO e COVAS, 2008.

5.11.5. Revestimento com epóxi por turbilhonamento.

O revestimento com resina epóxi por turbilhonamento ou Processo A.S. foi desenvolvido no Japão e patentado em vários países, inclusive o Brasil. Constitui importante solução alternativa que possibilita a restauração das redes existentes de forma, rápida usando uma tecnologia não destrutiva. Além do restabelecimento do dimensionamento original das tubulações, promover o revestimento das paredes internas com resina de epóxi prolongando a sobrevida útil (VENTURINI e BARBOSA, 2002).

Esse método difere do revestimento de epóxi no que tange à limpeza das tubulações e aplicação do revestimento. A recuperação das tubulações é executada removendo-se as incrustações por meio da introdução de abrasivos especificamente dimensionados, como mencionado anteriormente, uma mistura de areia mais agregado (brita de graduação zero, areia ou pedrisco), jateados por alta pressão, por via pneumática, em vórtice de alta pressão e velocidade.

O resíduo proveniente do material de jateamento é coletado na extremidade posterior do trecho com equipamento coletor de pó dotado de

filtros.

Depois da limpeza da superfície, inicia-se o revestimento com resina procedendo à aplicação da resina epóxi por impulsão pneumática em movimento helicoidal, em espessura uniforme, da ordem de 0,15 mm por camada aplicada.

O tempo de endurecimento e a cura da resina dependem da temperatura empregada. Para a temperatura de 40°C a cura ocorre em 10 horas e a 25° C a 20 horas.

Durante esse período é feita a recomposição física, com a recolocação de acessórios eventualmente removidos, bem como a preparação dos trechos seqüentes.

A Figura 40 ilustra o esquema representativo para limpeza e aplicação processo A.S. ou revestimento de resina epóxi por turbilhamento.

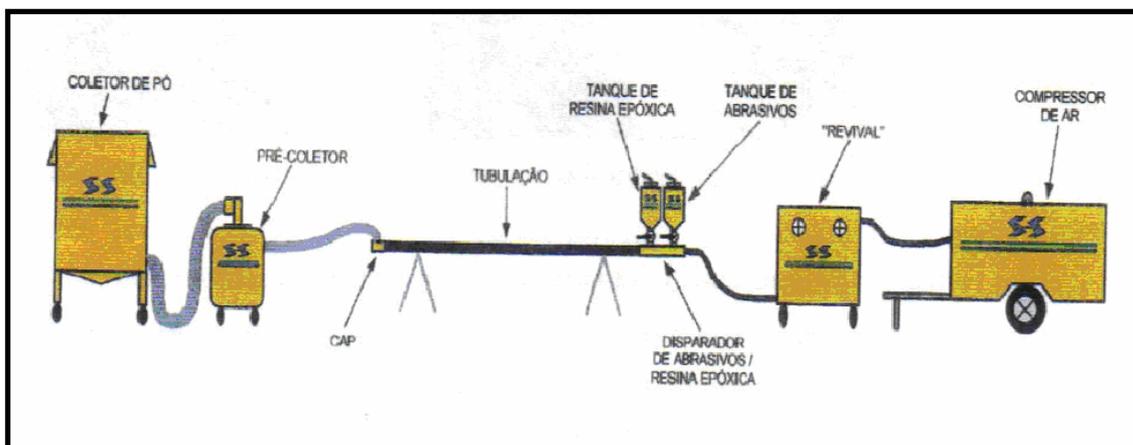


Figura 40. Esquema do Processo A.S.

Fonte: Sabesp, 2008a.

A Figura 41 ilustra algumas fases do processo durante os serviços da Rua Oscar Freire, em Julho de 2006.



Figura 41. (a) Colocação de agregado para limpeza da tubulação; (b) Mistura e aplicação da resina epóxi e caminhão dotado de coletor e filtro

Segundo a NTS 031, Norma Técnica Sabesp que especifica os procedimentos e especificações para o revestimento interno com argamassa acrílica, a espessura do revestimento deve ser de 1,0 a 3,0mm, onde não deve ocorrer penetração de água, conforme norma técnica NBR 10787/94.

Além das mesmas vantagens apresentadas no caso da aplicação do revestimento com argamassa acrílica, a vantagem na aplicação desse método segundo Sanear (2000) *apud* Venturini e Barbosa (2002), empresa prestadora de serviço, reside no fato de ser aplicável em tubulações que variam de 15 mm a 150 mm de diâmetro, e cada etapa pode compreender até 200m de redes independentemente da existência de curvas, cotovelos e outras conexões.

A aplicação da resina de epóxi propicia um acabamento liso, com elevada resistência à abrasão e corrosão além de trazer significativos benefícios tais como: vedação de eventuais pequenos pontos de vazamento preexistentes; preenchimento de vazios presentes em pontos de fixação de válvulas; registros, ferrules, etc.; preenchimento de vazios existentes nos pontos de conexões entre as tubulações e a melhoria das condições de pressão de serviço e de escoamento, por resultarem paredes com revestimento liso e aumentando o coeficiente de rugosidade (Hazen-Willians) para cerca de 120.

As desvantagens na aplicação deste método são um maior tempo de cura, quando comparada à argamassa acrílica e a necessidade de equipamentos específicos e mão de obra especializada para execução dos serviços.

5.11.6. Revestimento com cura no local - CIPP

Segundo o caderno do programa de desenvolvimento operacional da Diretoria Metropolitana, Sabesp (2008a):

A técnica de encamisamento com tubulação curada no local envolve a inserção na tubulação de uma manga de feltro de fibras de poliéster impregnada ou revestida por um filme impermeável de resina termoestável. A resina é então curada, sob condições do ambiente ou pela aplicação de calor usando vapor ou água. As técnicas desse tipo têm sido extensamente usadas para a reabilitação de águas servidas municipais, industriais e gasodutos. Aplicações para tubulações de água potável têm sido limitadas pela necessidade de obter a aprovação apropriada das autoridades de saúde relevantes. O método permite dois sistemas de instalação. No processo original a manga de feltro é instalada por inversão no qual a manga impregnada é simultaneamente alimentada através da pressão da água e invertida durante o processo de inserção. Neste processo a manga é introduzida por um poço de visita, caixa ou qualquer outro acesso existente na rede. Uma coluna de água, formada por um tubo de inversão, impulsionará a manga ao longo da tubulação, invertendo-a e pressionando-a fortemente contra as paredes da tubulação existente. A água utilizada na inversão da manga é circulada através de uma caldeira. A água aquecida promove a cura da resina, criando efetivamente uma nova tubulação dentro da existente. Até o momento da efetiva polimerização da resina, o conjunto resina manga de feltro têm grande flexibilidade, razão pela qual, permite o avanço do revestimento pela tubulação durante a inversão e ajusta-se aos contornos existentes, selando juntas, trincas e partes danificadas. No outro processo, a manga de feltro é puxada através de um cabo de aço, com o auxílio de um guincho, para dentro da tubulação e então inflando com uso de pressão de ar ou água. O encamisamento manga de feltro - tubulação é então curado por 6 a 9 horas (SABESP, 2008a).

5.12. Reabilitação por substituição das redes existentes.

As técnicas de reabilitação por substituição das redes também podem ser executadas por método não destrutivo ou convencional. Aborda-se aqui somente a substituição das redes por método não destrutivo, que como exposto anteriormente, apresenta uma vantagem em áreas urbanas em relação aos métodos convencionais. São dois processos diferentes que serão abordados, um deles é por inserção por meio da destruição da tubulação

existente, que pode sofrer ou não aumento de diâmetro, o outro é por meio de inserção de uma nova tubulação na rede existente, com diminuição de diâmetro.

5.12.1. Inserção por destruição da tubulação existente

A técnica de substituição por destruição da tubulação existente é denominada de *pipebursting*, ou *pipecracking*, a ser executada por um processo dinâmico ou estático, dependendo do equipamento utilizado.

Nesta técnica, é inserido na tubulação um rompedor, que ao ser puxado para a outra extremidade da tubulação por um cabo guia, destrói a mesma por meio de golpes por percussão pneumática (processo dinâmico) ou por um rompedor dotado de facas rompedoras que é arrastado hidraulicamente por meio de hastes metálicas, promovendo o rompimento da tubulação existente (processo estático). Ao mesmo tempo em que ocorre o rompimento, a tubulação vai sendo substituída por outra de igual diâmetro ou superior.

Os rompedores são dotados de alargadores em sua parte posterior, cuja função é expandir o espaço anteriormente ocupado pela tubulação antiga espalhando os pedaços contra a parede do solo.

Todo o conjunto é inserido dentro da tubulação existente por meio de valas pontuais abertas nas extremidades do trecho a ser substituído.

A técnica de rompimento pneumático denominada é visualmente ilustrada na Figura 42:

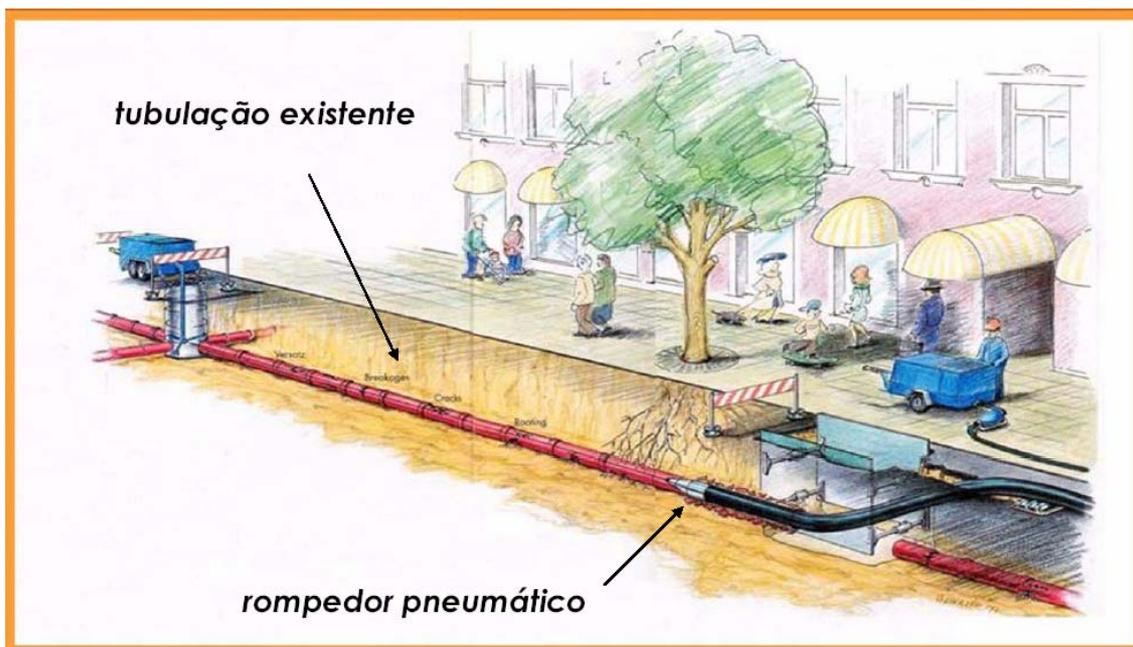


Figura 42. Processo de rompimento pneumático ou dinâmico (*pipebursting*)

Fonte: SABESP, 2008b.

Quanto ao método do rompimento hidráulico, ou estático, consiste num rompedor cuja cabeça é dotada de facas rompedoras. Diferente do processo dinâmico, a tubulação é efetivamente rasgada, e não fragmentada em pedaços como no anterior.

Embora fosse originalmente desenvolvido para a indústria de gás natural, o método hidráulico de fragmentação encontrou aplicação na área municipal, na substituição de redes de água e esgoto (SABESP, 2008b).

Originalmente, a nova tubulação era do mesmo tamanho da tubulação existente. Na medida em que o processo foi sendo desenvolvido, a tubulação instalada pode ser maior que a tubulação existente, pois dependendo do diâmetro da tubulação que se deseja instalar, são acoplados alargadores de tamanho adequado (SABESP, 2008b).

Na Figura 43 é ilustrada a técnica de rompimento da tubulação existente por meio de arraste do rompedor com unidade hidráulica, utilizando as hastas metálicas, método estático.

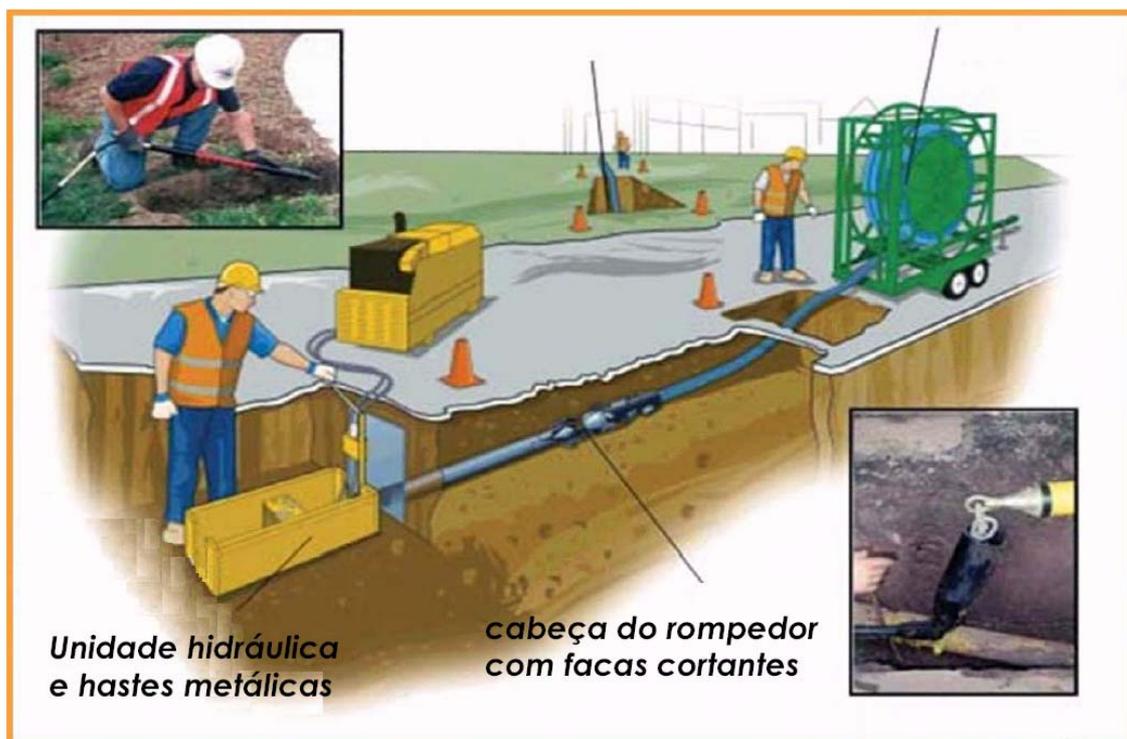


Figura 43. Processo de rompimento hidráulico ou estático (*pipecracking*)

Fonte: SABESP, 2008b.

Neste método, o tipo do material, ou o tamanho da tubulação que se pretende substituir dependerá da potência do motor, ou seja, do tamanho do torque, ou da puxada que vai se imprimir durante o rompimento. O rompedor é puxado por um conjunto de hastes de aço de secção retangular ou circulares, de 1 metro e meio de comprimento, presas uma na outra.

Na Figura 44, são mostradas algumas fotos para ilustrar detalhes do processo.

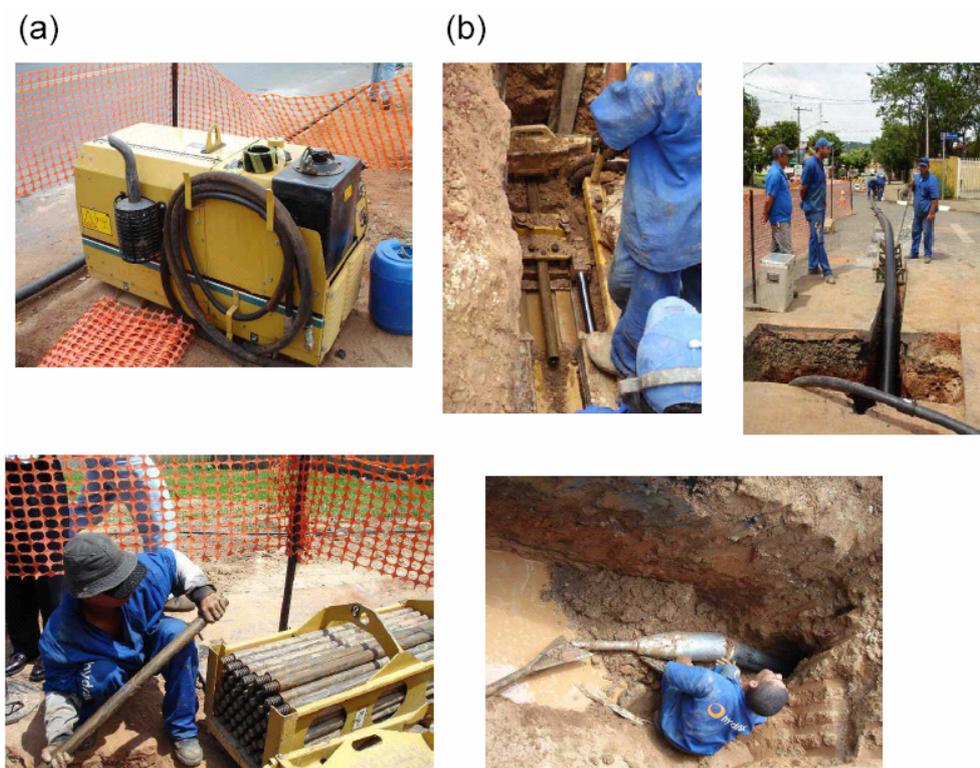


Figura 44. (a) Detalhes da unidade hidráulica e hastes de aço (b) Detalhe do macaco hidráulico e a puxada com detalhe da chegada da nova tubulação

A principal vantagem do método é o aumento de diâmetro da tubulação a ser substituída. Como a tubulação nova a ser instalada é de polietileno, as emendas do tubo são executadas por solda de topo (termofusão) ou por via de conexões soldadas por eletrofusão, não havendo riscos de novos vazamentos nas ligações prediais.

O histórico das trocas de redes velhas pelo método do *pipecracking* no Município de Jaguariúna – SP é muito bom. As perdas foram reduzidas a níveis bem abaixo do esperado, quando comparado aos anos anteriores. As obras começaram em agosto de 2003, e o cronograma de trocas de rede do Município até o final de 2008 é de 35 km, segundo informações obtidas por meio de uma visita técnica à obra em Novembro de 2005.

5.12.2. Inserção de uma nova tubulação na rede existente

A substituição por inserção de nova tubulação dentro da rede existente pode ser realizada por meio de inserção simples, *slip lining*, ou por inserção com redução do diâmetro, *roll down*, ou inserção de tubo com parede

dobrada, *subline* ou *compact pipe* (GRILO e COVAS, 2008).

A inserção simples é um processo também designado por *sliplining* (SUBTERRA, 2003, apud GRILO e COVAS, 2008) ou *pipe relining* (BROCHIER, 1996, apud GRILO e COVAS, 2008) e que consiste na colocação de um tubo com menor diâmetro no interior da tubulação a reabilitar.

Neste método, é removida metade da circunferência do tubo (meia cana), a fim de permitir a inserção da nova tubulação, através de máquina que tem a função de um macaco hidráulico, conforme ilustra a Figura 45.



Figura 45. Técnica de inserção simples

Fonte: GRILO e COVAS, 2008.

Este método é sempre utilizado onde se pode diminuir o diâmetro da rede existente. É um processo onde domina a utilização de materiais como o PVC e o polietileno.

A inserção com tubo com diminuição diametral ou *rolldown* (Subterra, 2003, apud GRILO e COVAS, 2008) é um processo de reabilitação que consiste na introdução de tubos de polietileno comprimidos diametralmente, no interior de uma rede existente. Foi concebido para solucionar problemas de redes com patologias estruturais e/ou não estruturais, mas especificamente para tubos com diâmetros entre 100 e 500 mm.

A Figura 46 ilustra o processo de inserção com redução do diâmetro da tubulação por esmagamento.



Figura 46. Redução de diâmetro por esmagamento ou rolldown

Fonte: PIPA, 2008.

O método de inserção com tubo de parede dobrada, também designado por *subline* (Subterra, 2003, apud GRILO e COVAS, 2008) ou ainda *compact pipe* (Brochier, 1996, apud GRILO e COVAS, 2008), consiste na introdução de um tubo previamente dobrado em fábrica no interior da tubulação a reabilitar. São utilizados somente tubos de polietileno e sempre que for necessário, utilizar um tubo que permaneça o mais justo possível à tubulação anterior, para que a rede não perca a capacidade de transporte. É aplicado para redes de parede fina, numa gama de diâmetros entre 75 e 1.600 mm, podendo vencer curvas até 45°.

Este processo foi especificamente desenvolvido para a renovação de redes de abastecimento no Reino Unido, em 1993. Tem sido amplamente usado para esse fim no Reino Unido e mais recentemente usado na Alemanha e nos Estados Unidos (VENTURINI e BARBOSA, 2002).

O tubo de polietileno tem outras propriedades químicas e físicas, que permitem uma maior aplicabilidade. O tubo vem achatado e enrolado em um grande carretel. Então é inserido e puxado para o interior da tubulação e inflado, através de ar ou vapor para formar o revestimento aderente à parede da tubulação (VENTURINI e BARBOSA, 2002).

Na Figura 47 é ilustrada uma rede durante a inserção do tubo dobrado com detalhe do final do processo, assim como a inserção de uma tubulação utilizando o mesmo processo.



Figura 47. (a) Tubo dobrado; (b) Imagem da inserção do tubo de parede dobrada; (c) Detalhe do tubo dobrado e detalhe do tubo expandido no interior da rede

Fonte: (a) e (b), SUBTERRA, 2008, apud GRILLO, 2008; (c) BROCHIER, 1996, apud GRILLO e COVAS, 2008.

5.13. Reabilitação por perfuração direcionada, ou furo direcional

É um método não-destrutivo que utiliza um equipamento montado sobre esteira que permite o posicionamento de uma perfuratriz permitindo desse modo, a perfuração a partir da superfície. Toda a perfuração é monitorada por meio de rastreadores eletrônicos onde é possível direcionar a perfuração e desviar de obstáculos e interferências existentes ou ainda, atender às curvas e declividades especificadas em projeto, portanto essa perfuração é planejada.

Após executado um furo piloto, é realizado um ou dois alargamentos deste furo até atingir o diâmetro desejado para que uma tubulação de polietileno ou aço seja instalada.

Nesta operação é utilizada uma cabeça de perfuração, que graças a sua geometria possibilita o seu direcionamento em qualquer direção, escavando o solo através de jatos de lama bentonítica em alta pressão, ou ar

comprimido para perfuração em rocha.

A máquina perfuratriz, montada sobre esteiras, tem um giro de 180° e pode ser inclinada de 15° à 45°, o que proporciona grande possibilidade de adaptação às mais diversas situações.

O monitoramento da perfuração é efetuado por meio de um transmissor instalado no corpo da cabeça de perfuração, em constante comunicação com um receptor na superfície.

A cabeça da broca permite o direcionamento da perfuração com eventuais correções no percurso, caso ocorram obstáculos ou interferências.

A perfuração avança com a inserção de barras de 3 metros que vão sendo acopladas umas às outras até o ponto final.

Ao atingir o ponto final da perfuração (poço de saída), a broca é substituída pelo escarificador, que percorre o caminho inverso ao da cabeça de perfuração e faz o alargamento do furo piloto executado inicialmente pela broca.

O escarificador também lança jatos de lama bentonítica em alta pressão ou ar comprimido (rocha) para além de auxiliar na escavação, estabilizar as paredes do túnel, formar uma camada protetora e lubrificar a puxada do tubo.

A Figura 48 ilustra o processo de perfuração do furo piloto e a puxada de volta para instalação da nova tubulação.

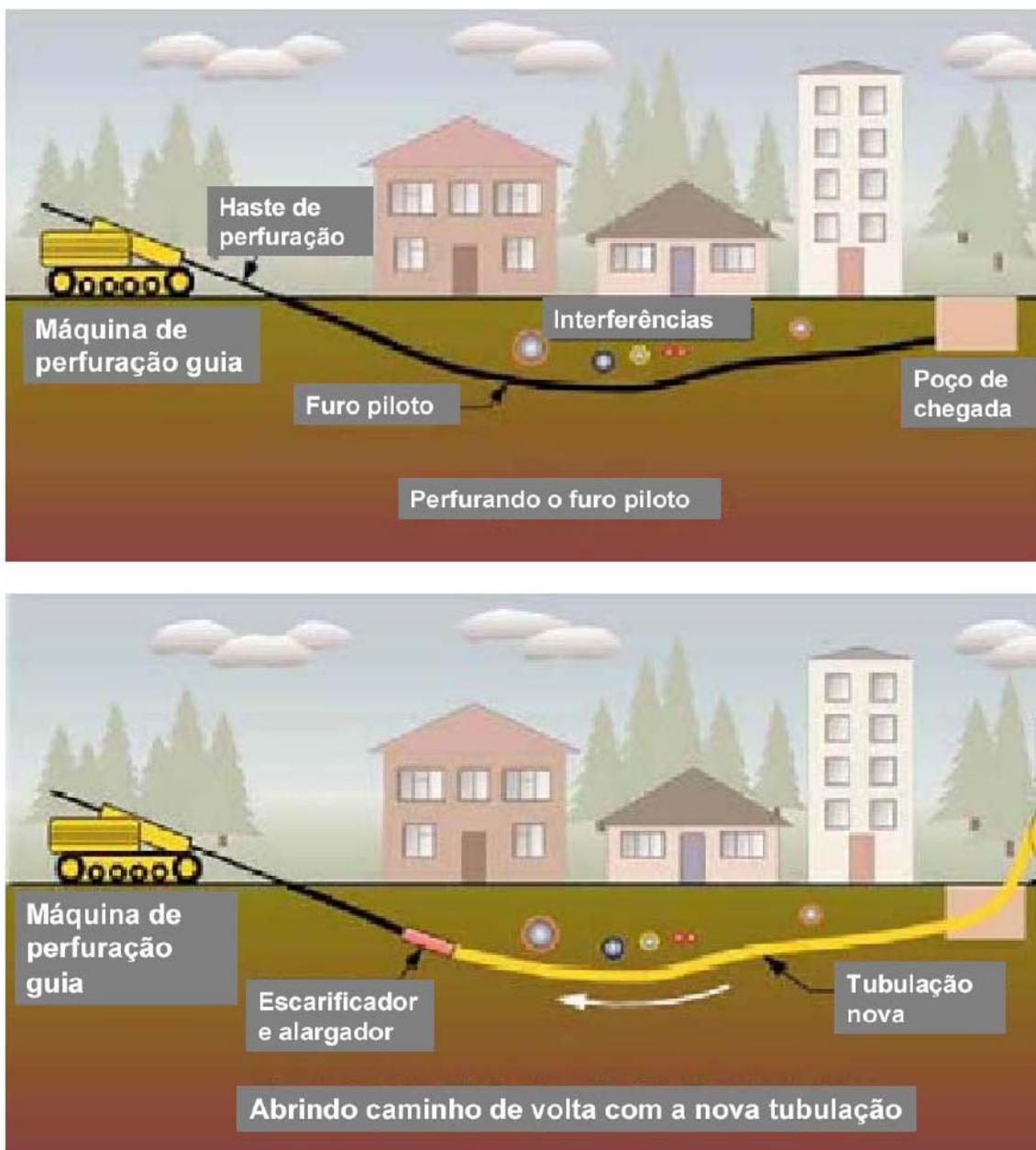


Figura 48. Processo de perfuração direcionada ou furo dirigido

Fonte: BRISBANE, 2008.

O escarificador também lança jatos de lama bentonítica em alta pressão ou ar comprimido (rocha) para além de auxiliar na escavação, estabilizar as paredes do túnel, formar uma camada protetora e lubrificar a puxada do tubo.

No painel de controle do equipamento, pode-se verificar a velocidade e pressão de rotação e avanço da perfuração bem como o volume e pressão de lama ou ar sendo jateados, parâmetros previamente definidos em função do tipo e resistência do solo.

Segundo o caderno do programa de desenvolvimento operacional da Diretoria Metropolitana da Sabesp:

Hoje estão disponíveis brocas de perfuração de 60 e 80 mm de diâmetro para todos os sistemas de rastreadores existentes no mercado. Uma vez realizado o furo piloto a broca é retirada, e instalado o alargador no seu lugar. Com este método é possível instalar tubulações de até 355 mm de diâmetro e de até 300 metros distância. O método da perfuratriz direcional é indicado para: travessias sob rios e lagos, execução de linhas paralelas sob rodovias, perfurações sob ferrovias, parques, vias públicas ou mesmo sob construções existentes (SABESP, 2008a).

A principal vantagem do processo de perfuração direcionada é a possibilidade de se instalar novas tubulações em vias públicas com tráfego intenso, sob estradas, ferrovias, ou rios.

Outra vantagem é a possibilidade de escolha de novos trajetos, permitindo a mudança de *lay-out* da rede.

5.14. Acompanhamento técnico

Uma importante ação visando à melhoria da qualidade dos serviços é o acompanhamento técnico durante as obras de reabilitação.

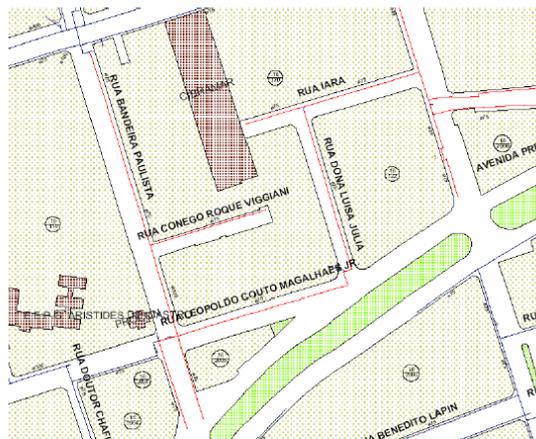
A retirada de amostras é um recurso importante para se avaliar a qualidade do resultado.

Segundo as normas técnicas da Sabesp são especificadas espessuras médias dos revestimentos para se garantir uma mínima proteção da rede contra problemas futuros de corrosão, por exemplo.

A verificação das espessuras é realizada por meio de retirada de amostras da tubulação em pontos do trecho reabilitado e logo depois são gerados relatórios que funcionam como controle da qualidade.

O papel da fiscalização é fundamental durante o acompanhamento dos serviços.

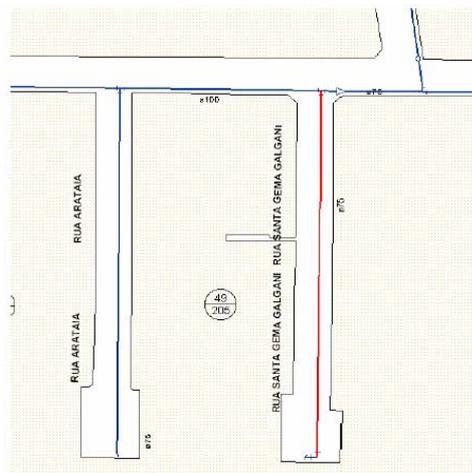
As Figuras 49 e 50 são exemplos de recorrência relativos à formação de novas incrustações na rede, passado um curto período de tempo após a execução dos serviços.



Nº do Contrato de Revestimento	11873/00
Data da Último Revestimento	17/01/2001
Material	FOFO
Diâmetro (mm)	75

Figura 49. Amostra de tubulação reabilitada por resina epóxi em 2001

Fonte: SABESP, 2008b.



Nº do Contrato de Revestimento	23.160/04
Data da Último Revestimento	01/09/2006
Material	FOFO
Diâmetro (mm)	75

Figura 50. Amostra de tubulação reabilitada por argamassa acrílica em 2006

Fonte: SABESP, 2008b.

A Norma Técnica Interna da Sabesp, NTS 030, que especifica os procedimentos de revestimento interno com argamassa acrílica, descreve:

Após a secagem com ar quente deve ser televisionado o trecho revestido, verificando-se a uniformidade do revestimento, para os casos de tubulações em diâmetros nominais compreendidos entre 125 e 200. Retirada sistemática de duas amostras a cada pelo menos 500 metros de tubulação revestida, nos casos em que não houver televisionamento por circuito fechado de TV, e uma amostra para os casos onde houve o televisionamento. Caso alguma das amostras não atenda aos parâmetros técnicos desta norma, deve-se proceder a retirada de uma amostra a cada 100m. Essas amostras deverão ser retiradas, preferencialmente, em trechos da tubulação com ferrules de ligações domiciliares e/ou bolsas de tubos (juntas). Deverão ser retiradas, preferencialmente, em trechos da tubulação com ferrules de ligações domiciliares e/ou bolsas de tubos (juntas). Caso alguma das amostras retiradas a cada 100 m não atendam aos requisitos dessa norma, identificar o trecho revestido e rejeitado. Deve ser executado a seguir um novo revestimento (Sabesp, NTS 030).

A Norma Técnica Interna da Sabesp, NTS 030 não faz menção à retirada de amostras após os serviços de limpeza. Atualmente as normas estão sendo revistas com o intuito de atribuir maior qualidade na inspeção principalmente, propondo uma avaliação mais criteriosa, retiradas de amostras após os serviços da limpeza da tubulação, bem como a verificação da espessura média do revestimento após a conclusão dos serviços.

5.15. Avaliação e controle

A metodologia proposta de avaliação e controle estabelecida pelo plano de reabilitação proposto em andamento na Unidade de Negócio Centro da Sabesp previu inicialmente investigações nos diversos setores de abastecimento, e numa fase posterior, em distritos de medição e controle pré-definidos, mesmo que não permanentes. Estes distritos pitométricos foram propostos em período anterior às intervenções e após a conclusão das mesmas. Na ocasião, redefinimos a estratégia do plano de reabilitação, dividindo-o em duas etapas, conforme os fluxogramas representados nas Figuras 51 e 52.

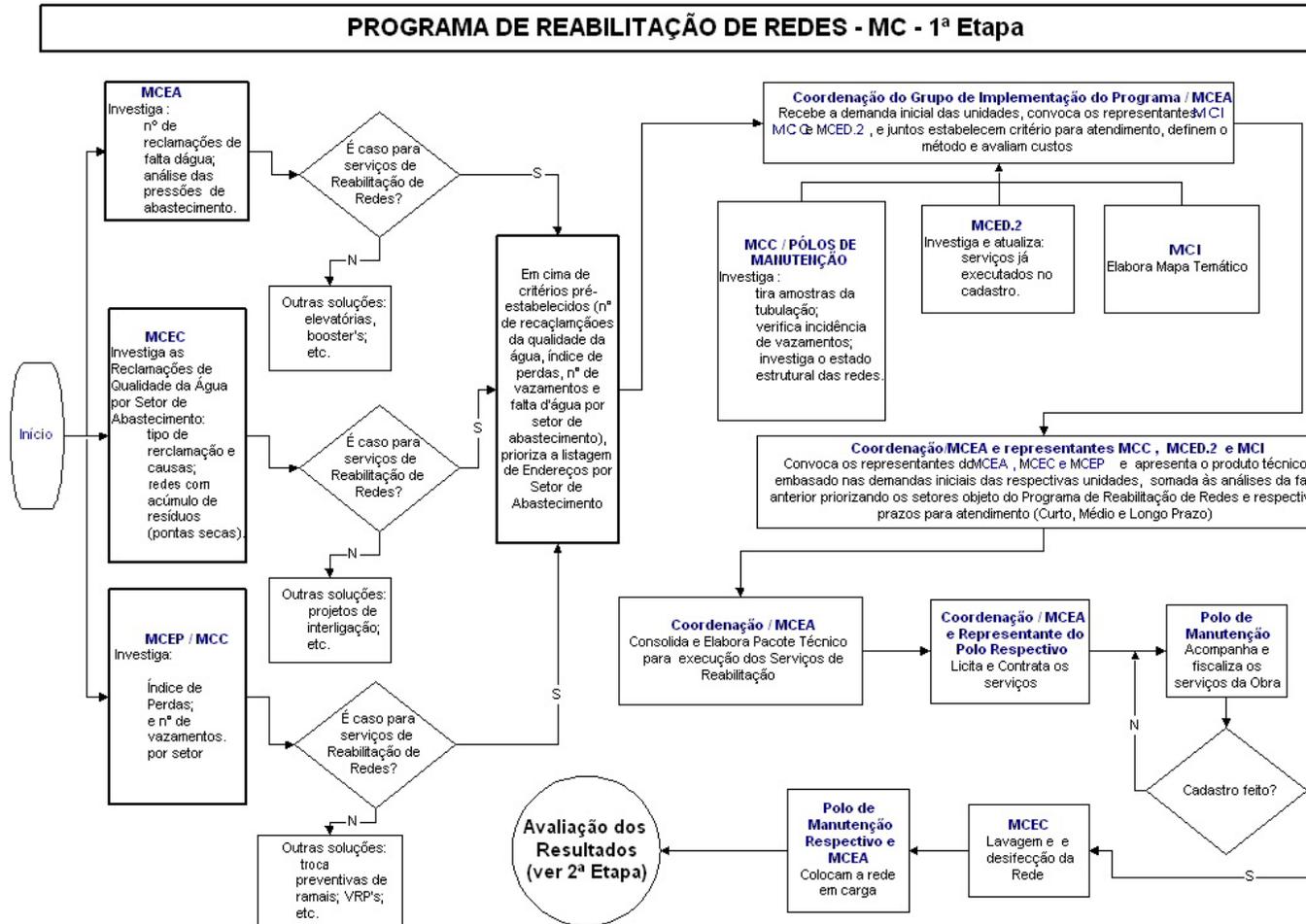


Figura 51. Investigação e mapeamento - 1º etapa, 2006

Fonte: SABESP, 2008b.

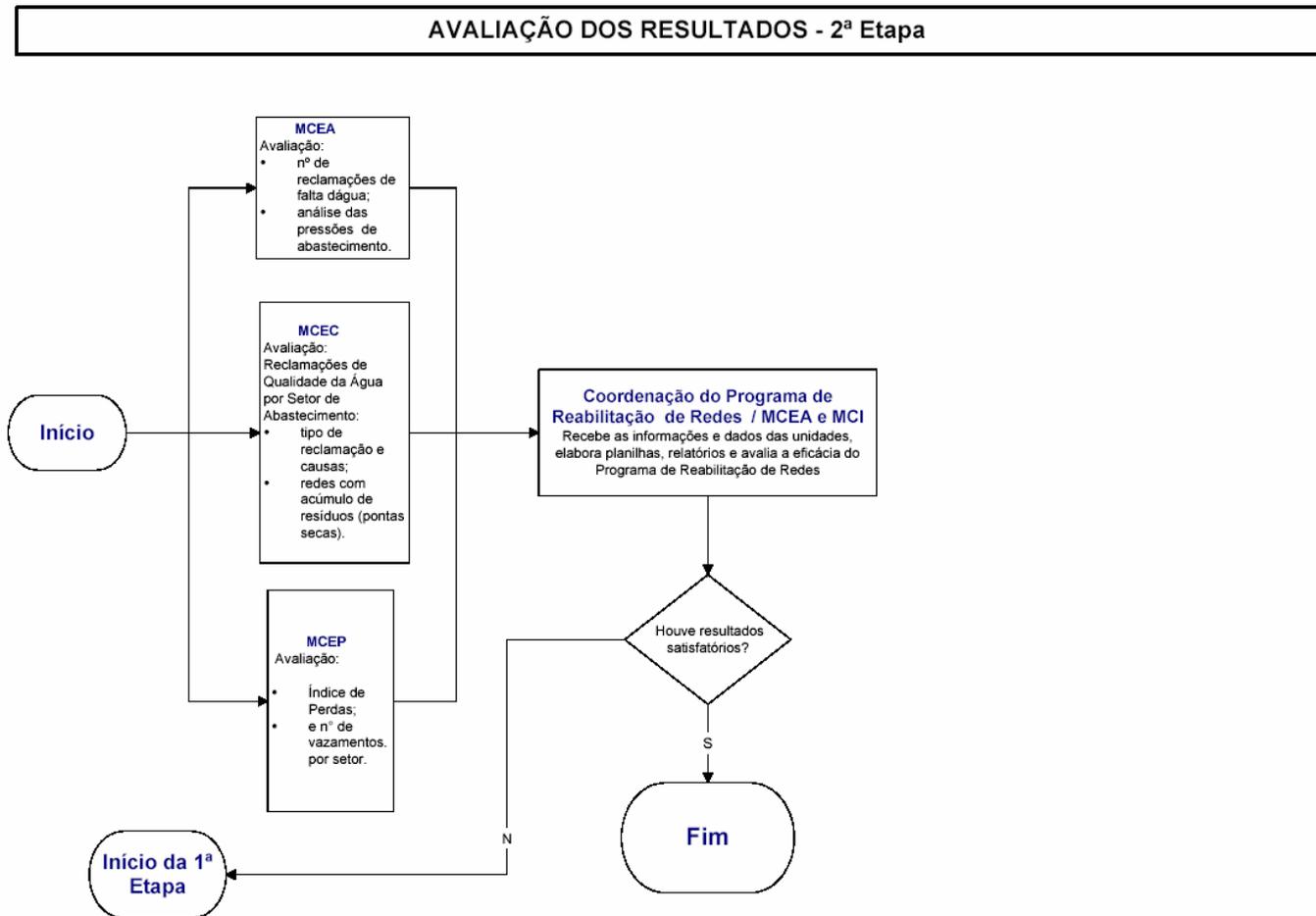


Figura 52. Avaliação e controle - 2º etapa, 2006

Como instrumento de avaliação e controle, temos como referência as diretrizes e orientações propostas por Evins et al. (2008), que estabeleceu alguns critérios pré-definidos de avaliação com relação à qualidade estética da água, por exemplo:

- descoloração da água (incluindo manchas de lavanderia);
- presença de pequenos animais; e
- gosto e odor.

Segundo o autor, desses três aspectos, a descoloração da água é muito mais comumente relatada pelos consumidores e tem sido a razão citada por uma larga proporção dos trabalhos de reabilitação executados nos anos recentes.

Pode-se dizer que na Unidade de Negócio Centro isto também ocorre, isto é, os serviços de reabilitação procuram atender com maior abrangência estes casos.

Segundo o autor, para estimativa de descoloração da água os seguintes determinantes são relevantes:

- Concentração de ferro;
- Concentração de manganês (onde a presença na origem da água, agora ou no passado);
- Concentração de alumínio (onde a presença na fonte da água, agora ou no passado);
- Cor do papel de filtro;
- Resultados de questionário dos consumidores;
- Turbidez.

O plano de reabilitação de redes na Unidade de Negócio Centro também faz uso geralmente do recurso de avaliação das pressões dinâmicas de abastecimento das áreas sujeitas à reabilitação antes e depois das intervenções, de forma a monitorar e avaliar os resultados.

Segundo proposição de Evins et al. (1989), a avaliação do desempenho hidráulico da rede, deveria ser feito por meio de um modelo de rede, onde são extraídas informações importantes para o embasamento da análise que será capaz de prever o número de propriedades que sofrem pressões inadequadas na rede de distribuição, por meio de escalonamento de manchas, por exemplo.

A Tabela 10 proposta pelo autor mostra o tipo de informação que é útil para se extrair do modelo e serve como exemplo de monitoramento nas áreas de medição e controle:

Tabela 10. Análise de pressões da rede de distribuição com uso de modelo hidráulico

ZONA	DA ANÁLISE DA REDE * - PORCENTAGEM DE PROPRIEDADES COM:		COMENTÁRIOS
	< 20m carga	< 25m carga	
Cardstone	0	0	Atualmente, nenhum problema conhecido. Planejado desenvolvimento em grande escala.
Telchester	33	92	Zona de muitos apartamentos. A pressão de entrada na zona é baixa.
High Offen	21	30	Zona montanhosa – problemas isolados nos topos dos morros.
Lea	2	9	Um pouco poucas propriedades muito fechadas para um reservatório de serviço experimentam problemas graves de pressão.
* Pressão padrão é "pressão na torneira do cavalete não deve cair abaixo de 15 mH ₂ O, no dia que tem condições de demanda equivalente à demanda no dia médio do pico médio da semana nos últimos 3 anos". Usando a análise da rede, o critério tem sido tomado a ser 20 mH ₂ O, nos nós para permitir perdas de carga nas redes de diâmetros menores. A percentagem de propriedades com menos de 25 mH ₂ O, tem também sido calculada para estimar quantas propriedades estão se aproximando do padrão.			

Fonte: Adaptado de EVINS et al. (1989).

Para casos em que a área não dispõe de modelo matemático, Evins et al. (2008) sugere que há necessidade também de se obter uma estimativa do número de imóveis que sofrem com problema de baixas vazões, intermitências, utilizando o número de reclamações dos consumidores para efetuar esta estimativa, que somadas às reclamações de problemas da rede, baixas pressões, avalia-se a deficiência obtendo-se um percentual de propriedades dentro da área de estudo que sofrem com problemas de pressão

e vazões baixas.

A Tabela 11 proposta pelo autor mostra como as informações podem ser tabuladas para uma área específica:

Tabela 11. Estimativa de problemas de baixa pressão dentro de uma área

AVALIAÇÃO DE PRESSÃO BAIXA					
Nome da Zona:		Bigley		Completado por:	P. Jones
Número de propriedades:		24.000		Data:	4 de junho de 1988
ENDEREÇO (RUAS)	NÚMERO DE PROPRIEDADES COM BAIXA PRESSÃO	MÍNIMA PRESSÃO (DATA) ONDE CONHECIDA	COMENTÁRIOS	REDE (RD) OU RAMAL (RM)	
Abbey Road (toda)	137	10mca (17/04/1986)	Extremidade de sistema	RD	
Castle Street	8	-	Local elevado	RD	
Bayshill Square	14	9mca (30/08/1987)	Próximo ao reservatório	RD	
Westdale	485	-	Residencial – Problemas no verão	DR/DM	
Town Centre	400	-	Ramais em galvanizado	RM	
Total	1.044				
Porcentagem de propriedades com problemas	4,3%				

Fonte: Adaptado de EVINS et al. (1989).

Para a avaliação das pressões dinâmicas nas áreas objeto das intervenções de reabilitação, a Unidade de Negócio Centro da Sabesp dispõe de registradores de pressão para avaliar o abastecimento antes e depois das intervenções. Os mesmos são instalados durante um período nos imóveis servindo de parâmetros para investigação dos problemas e avaliação dos resultados. No momento não se dispõe ainda de cálculos estatísticos, como recomenda a fórmula proposta por Evins et al. (1989).

No item 6, resultados e discussão, são mostrados os gráficos de pressão do abastecimento obtidos antes e depois das intervenções realizadas na unidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plano de reabilitação da Unidade de Negócio Centro da Sabesp avalia os resultados referente à qualidade estética da água em cima de parâmetros estatísticos onde são computadas as reclamações da qualidade da água dos consumidores, pertinente aos problemas específicos da rede de distribuição e diminuição do volume de água por origem de descargas para lavagem da rede, conforme dispomos nas Figuras 53 e 54 respectivamente.

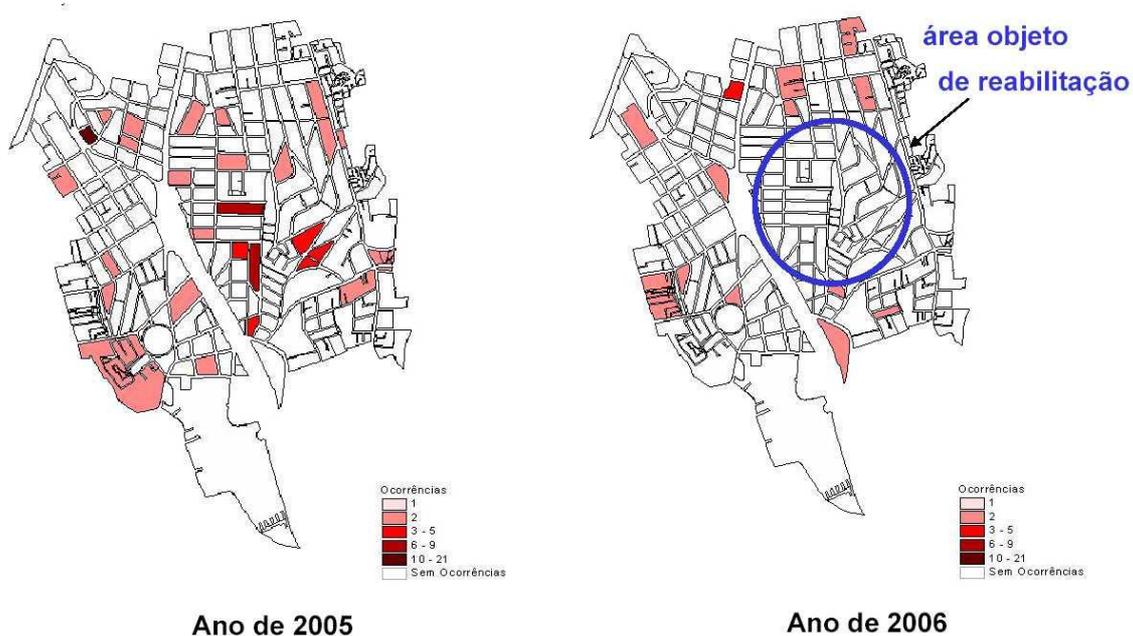


Figura 53. Reclamações da qualidade da água – Setor Sacomã, 2006

Fonte: SABESP, 2008b.

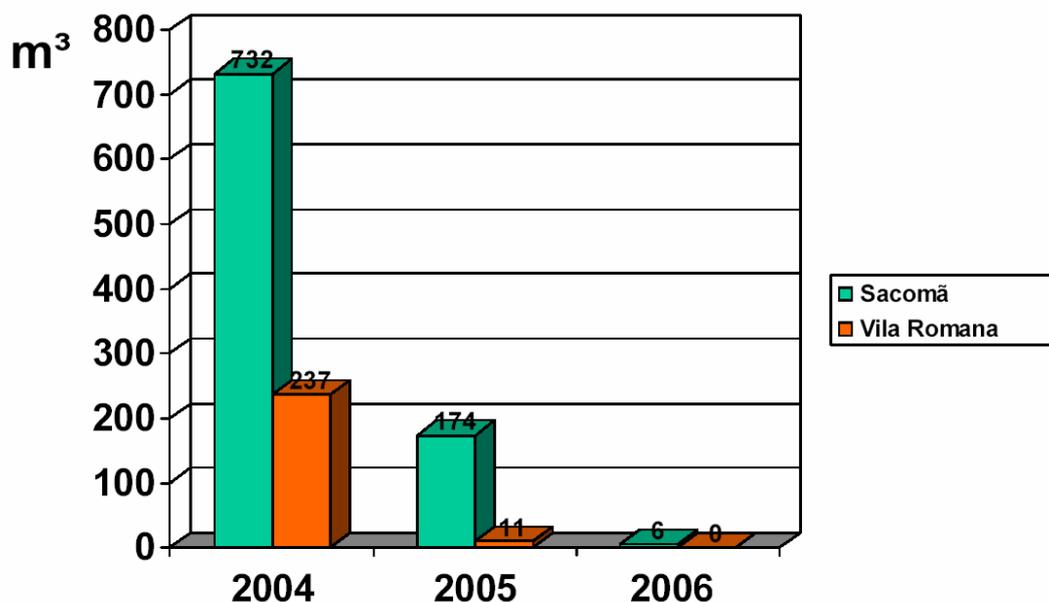


Figura 54. Volume de d'água perdido em função de descargas na rede

Fonte: SABESP, 2008b.

Após os serviços de reabilitação, houve uma queda significativa das reclamações dos clientes à Sabesp quanto à qualidade, e também do volume em m³ de água usada para lavagem da tubulação, em válvulas de descargas em função destes problemas. Tais resultados de melhoria foram alcançados em algumas áreas, como se verificou nos setores Sacomã e Vila Romana, por exemplo, que no período de 2004 a 2006, de 732 m³ passaram a 6 m³, e de 237 m³ passaram a 0 m³ respectivamente, após os serviços de limpeza e revestimento de redes naqueles setores.

Quanto às pressões nas redes de abastecimento, as avaliações realizadas em uma pequena parte do setor Jardim América, onde as pressões denotavam insuficiência de abastecimento, indicavam que eram necessárias intervenções de melhoria. Recentemente na área realizou-se serviços de substituição das redes de ferro fundido por polietileno, pelo método não destrutivo *pipebursting*.

A Figura 55 e a Figura 56 mostram a avaliação de pressão na rede antes e depois das intervenções dos serviços de reabilitação respectivamente.

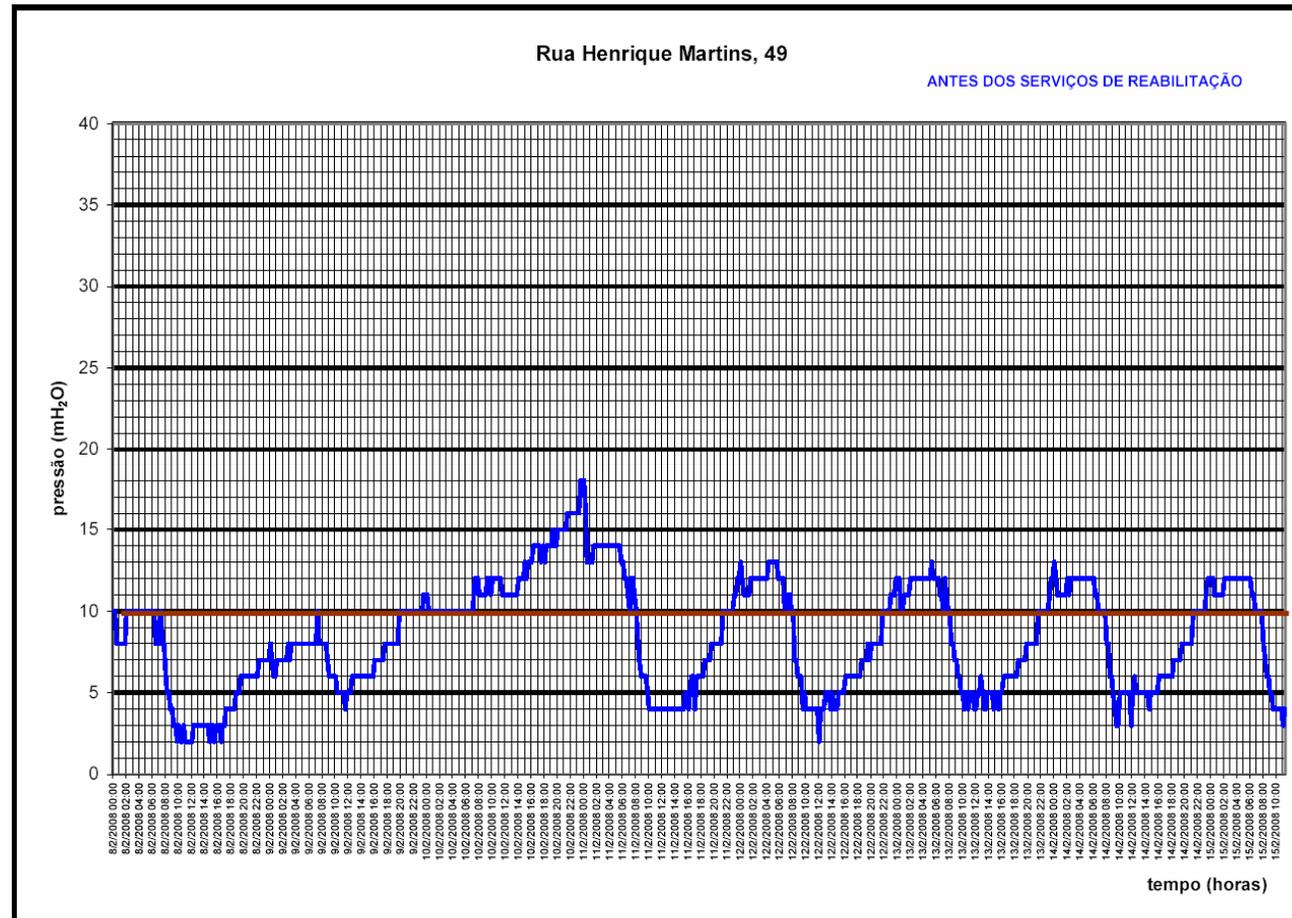


Figura 55. Pressão da rede no Setor de Abastecimento Jardim América – período anterior aos serviços de reabilitação das redes

Fonte: SABESP, 2008b.

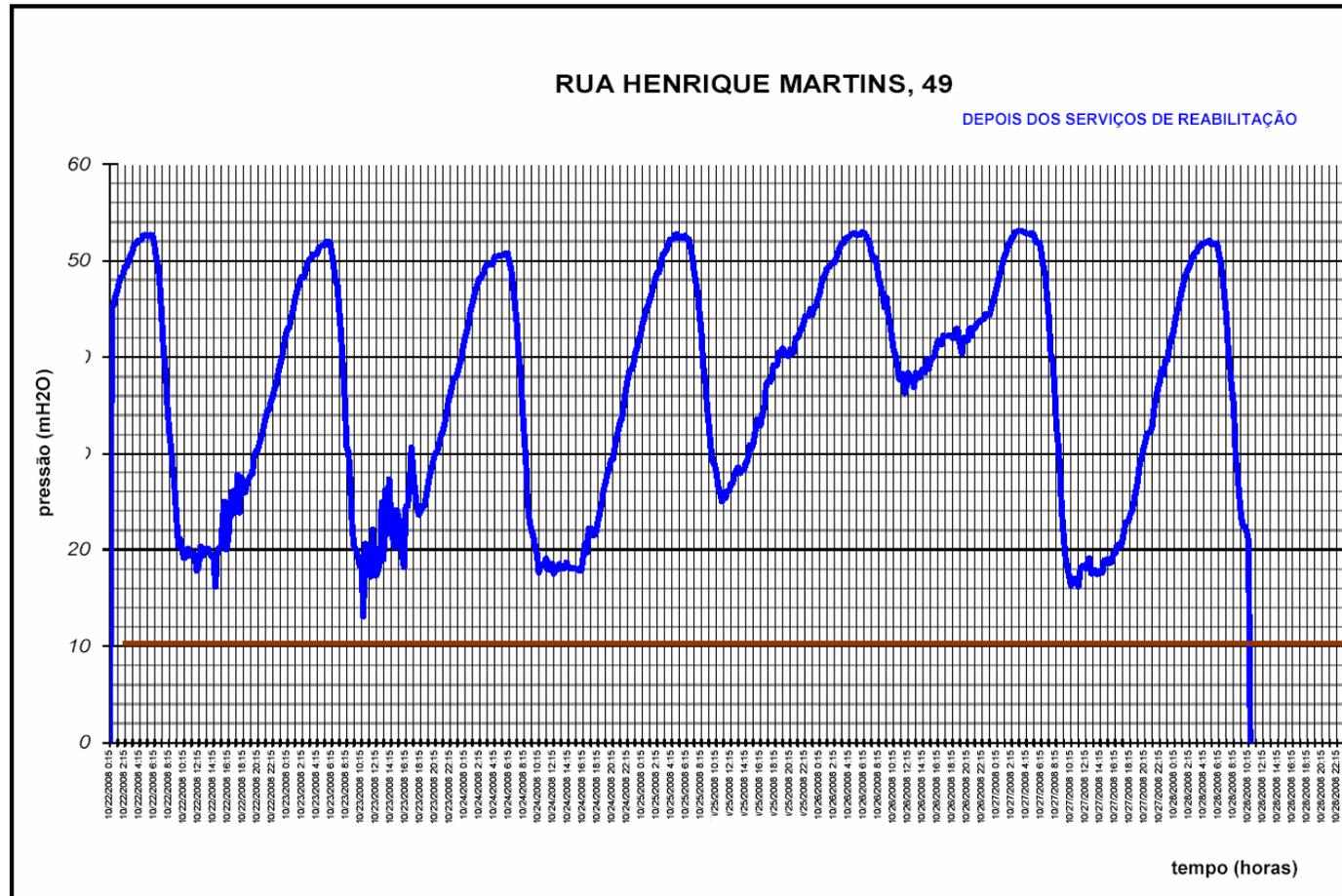


Figura 56. Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Jardim América – período posterior aos serviços de reabilitação das redes

Fonte: SABESP, 2008b.

A Figura 56 mostra que houve de fato uma melhora nas condições de abastecimento, uma vez que pelo gráfico a pressão dinâmica mínima observada aumentou em 15 mH₂O.

Em 2006 foram realizados serviços de limpeza e revestimento de rede no setor Sumaré. Na Rua Bahia precisamente, uma melhora significativa das pressões de abastecimento pôde comprovada, conforme observado nas Figuras 57 e 58.

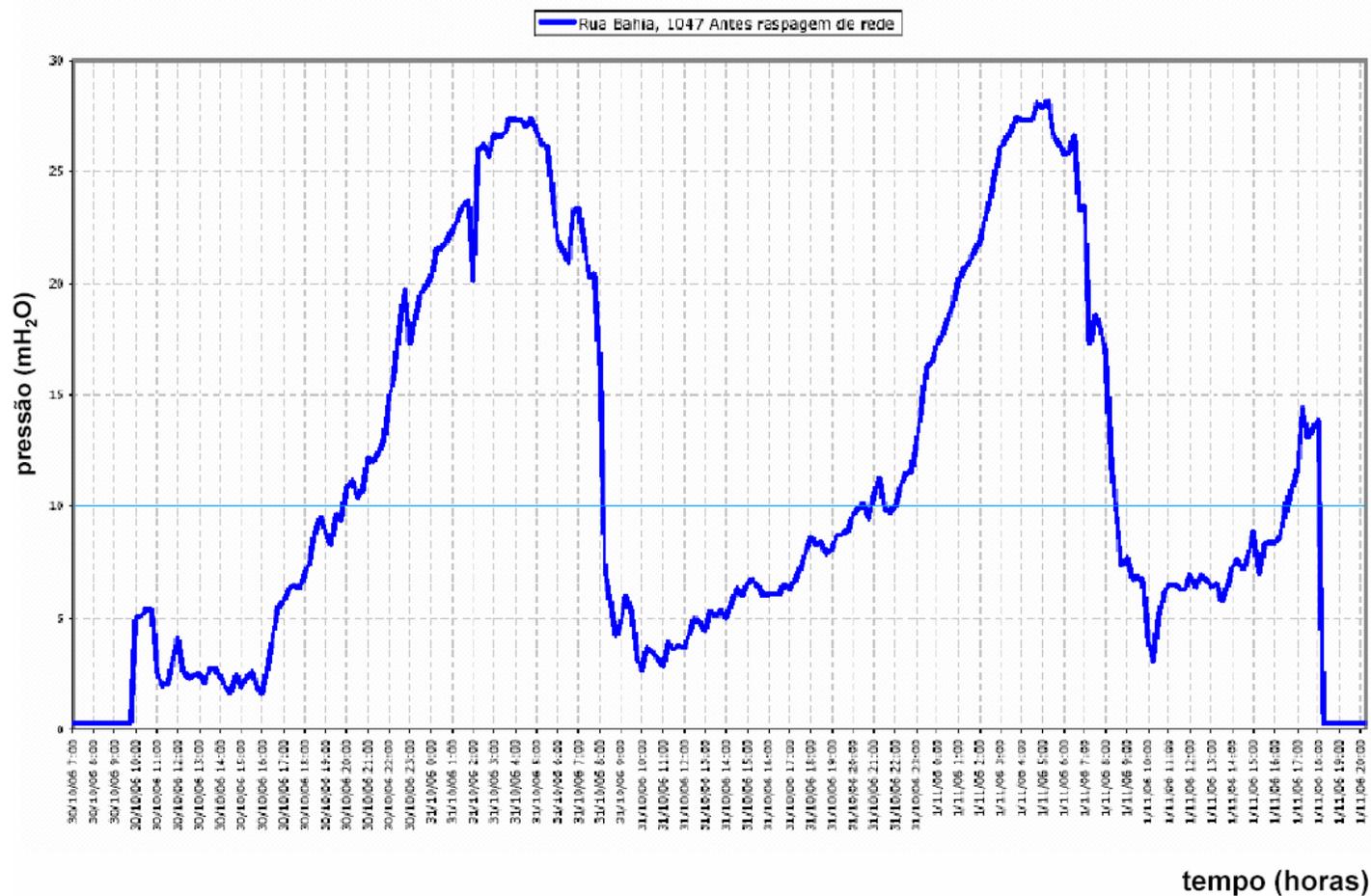


Figura 57. Pressão da rede no Setor de Abastecimento Sumaré – período anterior aos serviços de reabilitação das redes

Fonte: SABESP, 2008b.

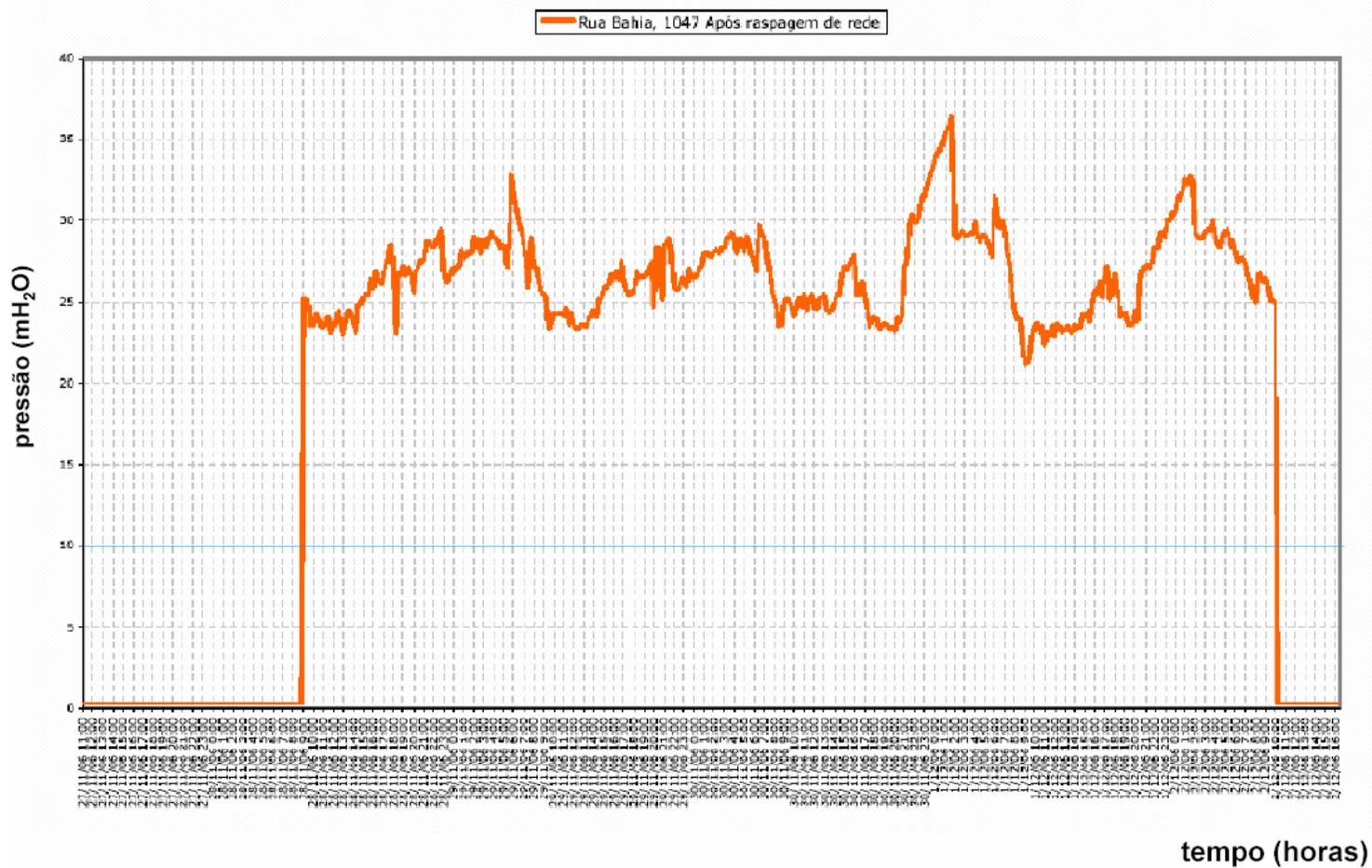


Figura 58. Pressão da rede em imóvel – Setor de Abastecimento Sumaré – período posterior aos serviços de reabilitação das redes

Fonte: SABESP, 2008b.

Uma melhora das condições operacionais também se verifica quando há controle e redução das perdas reais, e isso se consegue após novos investimentos na renovação da infra-estrutura do sistema, composto não apenas pelas redes, mas também pelos ramais.

Recentemente na Sabesp foram divulgados os resultados após o investimento em troca de ramais domiciliares no Setor de Abastecimento Mooca.

A principal característica do setor de abastecimento Mooca, zona leste da cidade de São Paulo, é que ele possui 833,18 km de extensão de rede e 111.046 ligações de água, é o maior setor da Unidade de Negócio Centro da Sabesp, MC, e representa cerca de 20% do volume total disponibilizado de água para a MC.

Em 2007 no setor foram substituídos 10.786 ramais, e até o final de 2008 estão previstas outras 12 mil trocas no total. O investimento resultou numa diminuição de 15,06% das perdas do setor no período de junho de 2007 a junho de 2008, conforme demonstra as Figuras 59 e 60.

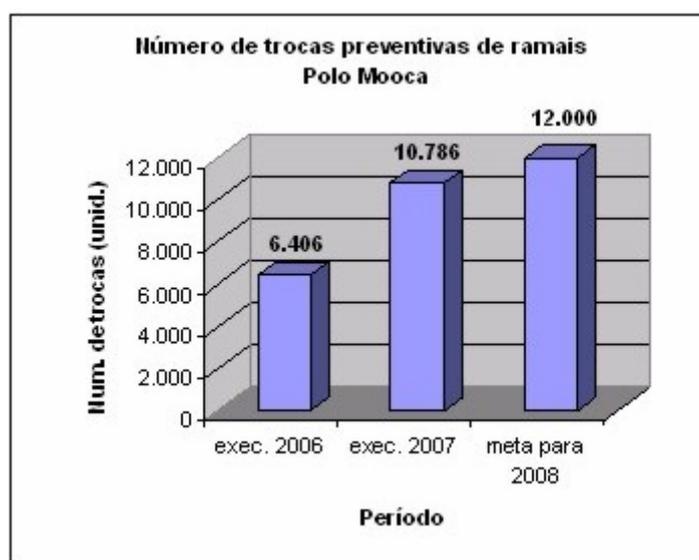


Figura 59. Número de trocas preventivas de ramais - Setor de Abastecimento Mooca

Fonte: SABESP, 2008c. Bom dia MC, ano V, n° 1054.

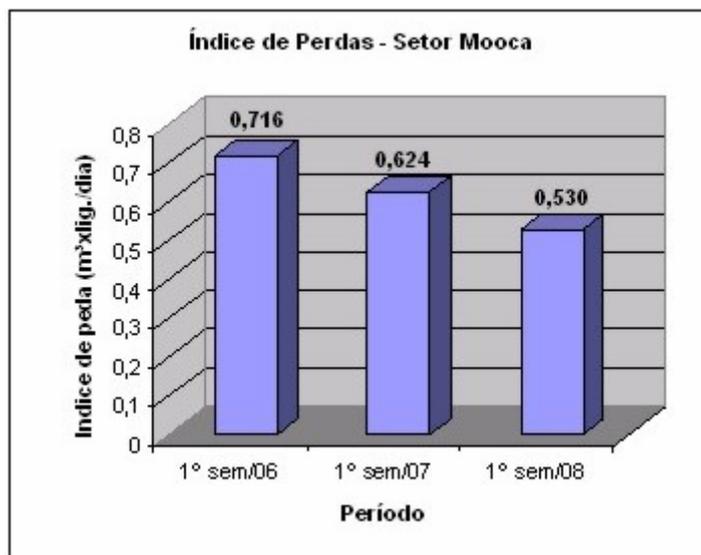


Figura 60. Índice de Perdas – Setor de Abastecimento Mooca

Fonte: SABESP, 2008c. Bom dia MC, ano V, n° 1054.

O aumento da capacidade de veiculação hídrica e respectivo aumento das pressões de abastecimento da tubulação podem ser mais bem evidenciados por retirada de amostras antes e depois dos serviços, como mostra a Figura 61.



Figura 61. Amostras da tubulação de ferro fundido antes e depois dos serviços de limpeza e revestimento das redes – Setor de Abastecimento Jd. América

Fonte: SABESP, 2008b.

Ao compararmos as amostras da tubulação na Figura 6.1 verificamos visualmente a diferença da mesma, antes e depois dos serviços executados.

Buscou-se comprovar a melhora das condições estruturais da tubulação pós-serviços de limpeza e revestimento por meio da análise do consumo micromedido.

No sistema de cadastro digital da Sabesp, denominado de Sinosnet, é possível medir o consumo micromedido dos imóveis no trecho em que a tubulação foi reabilitada traçando-se um trilho na área específica, delimitando-se o local objeto dos serviços de reabilitação.

Como exemplos foram citados dois endereços específicos, pertencente às obras de reabilitação de rede do Contrato 16.928/05: Rua Januário Miraglia, Rua Tajá e Rua Dr. Esdras Pacheco Ferreira, ambas no Setor Jd. América, redes que foram limpas e revestidas por resina epóxi.

Nestes endereços pôde ser comprovado um aumento do consumo micromedido comparando-se os períodos de Janeiro a Maio de 2005 e 2006, antes e depois dos serviços de reabilitação das redes respectivamente, como mostra as Figuras 62, 63 e 64.

Soma Ligações Normais	35
Soma Economias Residenciais	24
Soma Economias Comerciais	13
Soma Economias Industriais	0
Soma Economias Públicas	0
Soma Consumo Medido 2005	3.980
Soma Consumo Medido 2006	4.206

Resultado:
houve aumento de **226 m³** no consumo micromedido após a conclusão do serviço.

Período: Janeiro a Maio



Área pesquisada: Rua Januário Miraglia

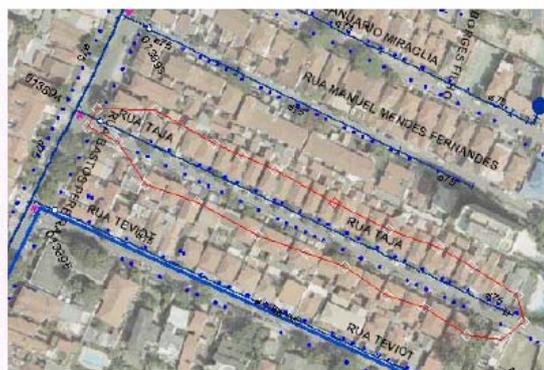
Figura 62. Análise do consumo micromedido – Rua Januário Miraglia

Fonte: SABESP, 2008b.

Soma Ligações Normais	48
Soma Economias Residenciais	49
Soma Economias Comerciais	0
Soma Economias Industriais	0
Soma Economias Públicas	0
Soma Consumo Medido 2005	5.342
Soma Consumo Medido 2006	6.068

Resultado:
houve aumento de **726 m³** no consumo micromedido após a conclusão do serviço.

Período: Janeiro a Maio



Área pesquisada: Rua Tajá

Figura 63. Análise do consumo micromedido – Rua Tajá

Fonte: SABESP, 2008b.

Soma Ligações Normais	44
Soma Economias Residenciais	44
Soma Economias Comerciais	2
Soma Economias Industriais	0
Soma Economias Públicas	0
Soma Consumo Medido 2005	4.287
Soma Consumo Medido 2006	4.780

Resultado:
houve aumento de **493 m³** no consumo micromedido após a conclusão do serviço.

Período: Janeiro a Maio



Área pesquisada: Rua Dr. Esdras Pacheco Ferreira

Figura 64. Análise do consumo micromedido – Rua Dr. Esdras Pacheco Ferreira

Fonte: SABESP, 2008b.

No entanto, para que o fenômeno do aumento de consumo micromedido fosse de fato confirmado como uma regra geral analisou-se alguns dados de consumo da micromedição em outro setor de abastecimento, o do setor Perdizes, cujas obras de reabilitação ocorreram no mês de Agosto de 2008.

Com relação a este setor, ao se comparar o valor do consumo micromedido do período entre os meses de Setembro a Dezembro de 2007 e 2008 respectivamente, foi observado um aumento de consumo no trecho de

rede da Rua Apinajés na ordem de 677 m³ em média no período, conforme mostra o gráfico da Figura 65.

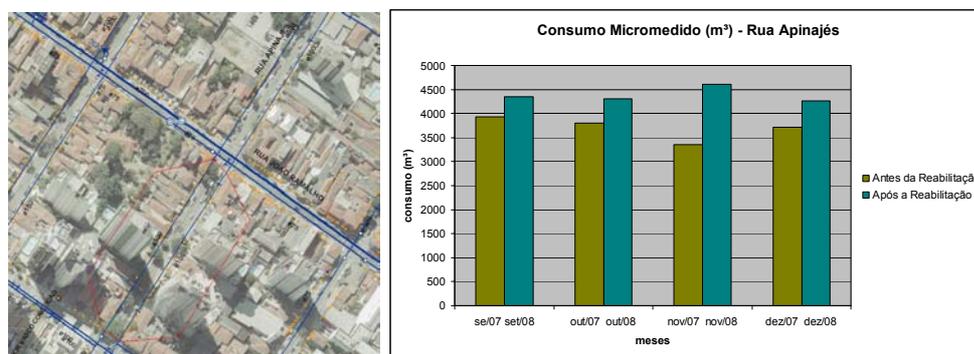


Figura 65. Análise do consumo micromedido – Rua Apinajés

Fonte: SABESP, 2008b.

Por outro lado, ao se avaliar o consumo em outros trechos da rede no mesmo setor, obtêm-se resultados diferentes:

A Rua Aimberê, por exemplo, num local onde a rede não foi reabilitada, obteve-se uma redução do consumo no período na ordem de 123 m³ em média, e já a Rua Caiowaa, num trecho onde a rede foi reabilitada por processo de limpeza e revestimento, obteve-se um aumento do consumo micromedido na ordem de 88,5 m³ em média no período, conforme ilustram os gráficos das Figuras 66 e 67.

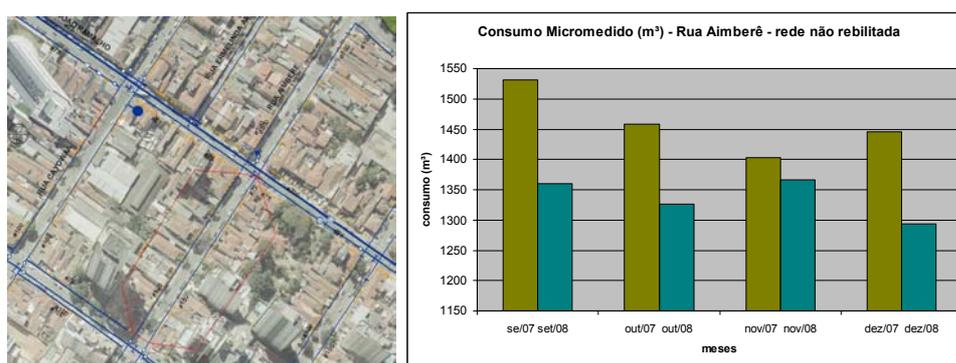


Figura 66. Análise do consumo micromedido – Rua Aimberê – rede não reabilitada

Fonte: SABESP, 2008b.

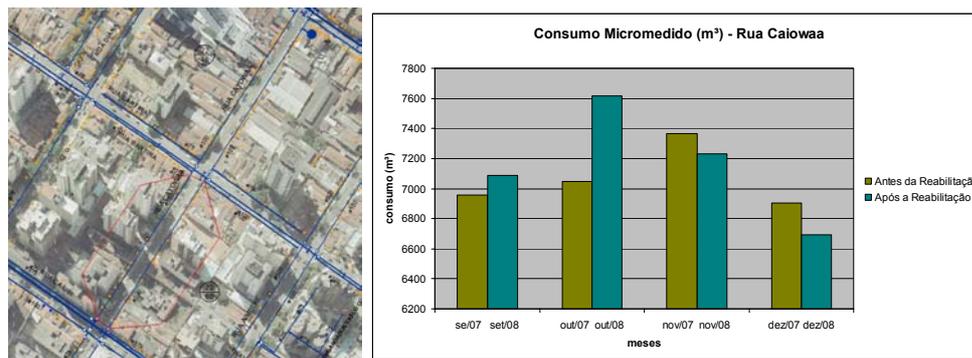


Figura 67. Análise do consumo micromedido – Rua Caiowaa

Fonte: SABESP, 2008b.

Em outros dois trechos de redes analisados do setor, nas Ruas Apinajés e Caiowaa, nos períodos de Setembro a Dezembro de 2007 e 2008, e Setembro a Abril de 2007/2008 e 2008/2009 respectivamente, comprovou-se que houve uma redução do consumo em ambos os casos, tanto em redes reabilitadas, no caso as da Rua Apinajés, como as não reabilitadas, da Rua Caiowaa.

Como refinamento desta proposta de medição, ao se avaliar as obras de substituição da rede do setor Jardim América em 2008, foi instalado um medidor de vazão na entrada da área submetida à intervenção, cujos resultados não foram concluídos conforme o previsto, pois houve abertura de registros limítrofes da área, o que pode ter interferido na medição das vazões de consumo.

No caso, a intenção era o cálculo da vazão mínima noturna, antes e depois dos serviços de reabilitação, pois tal indicador prevê que tal consumo se refere às perdas de água por pequenos vazamentos da rede, ao se medir o consumo micromedido em horários de menor consumo do setor.

Em 2007, no entanto, em parte do setor Cambuci, após serem realizados serviços de substituição de redes pelo método *pipebursting*, numa extensão de 4.130 metros, e depois de realizados serviços de limpeza por turbilhonamento de rede, com aplicação de revestimento em resina epóxi em 775 metros de tubulação, foi possível identificar no local uma redução média da vazão mínima noturna de 2,16 m³/h (no período entre 3 e 4h da manhã),

segundo resultado da avaliação da equipe técnica da Divisão de Perdas da Unidade de Negócio Centro da Sabesp, o que representa uma redução de perdas reais estimada em 440L/km de rede daquele setor.

Como referência, no mês de outubro de 2008, na Unidade de Negócio Centro da Sabesp, as perdas se encontravam em torno de 440L/ligação.dia (SABESP, 2008d).

CONCLUSÃO

Durante a aplicação prática da proposta do plano de reabilitação houve um planejamento prévio e formação de uma equipe estruturada, formada por profissionais de engenharia e técnicos de saneamento de diferentes áreas: planejamento, operação, controle e redução de perdas, manutenção, controle sanitário e cadastro técnico por exemplo.

Com base num levantamento das informações de campo, estabeleceu-se uma priorização da reabilitação por setores mais críticos.

Após a realização das obras de substituição, limpeza e revestimento da rede, foram avaliadas as reclamações dos consumidores antes e depois dos serviços quanto à qualidade da água e de acordo com a análise por meio do mapeamento das reclamações, Figura 53, foi observada uma queda das reclamações após a execução dos serviços de limpeza e revestimento das redes.

Os resultados também foram satisfatórios com relação ao uso de água para lavagem para tubulações, pois houve uma redução significativa do volume de água destinada a esse fim, comprovada pela Figura 54.

Ao se comparar as pressões dinâmicas das redes de distribuição e vazões de consumo antes e após os serviços de reabilitação em áreas de medição e controle pré-definidas, comprovou-se por meio de gráficos em que bons resultados foram obtidos, pois houve um aumento da pressão de abastecimento na entrada dos imóveis, de acordo com as Figuras 55, 56, 57 e 58.

Entretanto, embora no Setor Jd. América tenha havido um aumento do consumo micromedido após a reabilitação das redes do setor, não se pôde estabelecer uma relação direta deste aumento e a realização dos serviços de reabilitação de redes como regra geral, pois após a análise do consumo micromedido do setor de abastecimento Perdizes, por exemplo, verificou-se uma redução das vazões de consumo em três de quatro casos analisados.

É de se supor que qualquer variação do consumo micromedido

esteja sujeita a outros fatores, como mudanças de temperatura ambiente, alterações do perfil de consumo, intermitências do abastecimento no período, emergências, ou outros fatores.

Verifica-se, no entanto, por meio de amostras retiradas da rede, que a contratação de serviços especializados de reabilitação deve ser realizada de forma programada, com monitoramento, capacitação e treinamento dos profissionais envolvidos, tanto por parte da contratante como da contratada.

Isto se justifica por meio da avaliação das amostras retiradas da rede de abastecimento, onde se demonstrou a necessidade de um acompanhamento técnico efetivo por parte da fiscalização visando à qualidade dos serviços prestados e o aprimoramento da mão-de-obra empregada, principalmente para não incorrer em casos como os observados nas Figuras 49 e 50, que são exemplos de recorrência das incrustações após um período curto de tempo, passado a execução dos serviços.

Como ferramenta de avaliação dos serviços de reabilitação, propõe-se o monitoramento à distância da rede de distribuição por meio da automação dos sistemas, segmentação da malha da rede, acompanhamento e controle das vazões e pressões em tempo real.

Após serem verificadas experiências da própria Sabesp e em outras empresas, pôde-se concluir que tais ações contribuem para a identificação dos problemas estruturais das tubulações, e para a busca por soluções técnicas mais razoáveis.

Sugestões para complemento ao estudo

Com base na experiência relatada por Grilo (2008), sugere-se o uso de modelos matemáticos, que segundo o autor servem como instrumentos que aperfeiçoam a gestão, na medida em que as ações passariam a ser pró-ativas e não mais reativas, ou seja, os modelos seriam utilizados como instrumento para saber quais as deficiências da rede existente em termos de veiculação hídrica e também prever quais as redes ou locais necessitam de reabilitação.

Atualmente não se dispõe de dados empíricos suficientes quanto ao

coeficiente de rugosidade dos revestimentos aplicados nas tubulações das redes de distribuição, principalmente os de argamassa acrílica e resina epóxi.

Portanto, como complemento a este estudo, propõe-se a medição do coeficiente de rugosidade das tubulações recém revestidas num laboratório de hidráulica com o intuito de se chegar a dados que podem ser aplicados na prática.

A sugestão é a de se montar uma bancada para medição e avaliação do coeficiente de rugosidade característico e particular para cada revestimento, armazenarem-se os dados e aplicá-los em futuros modelos matemáticos.

REFERÊNCIAS

- ABRATT. **Diretrizes dos métodos não destrutivos**. Disponível em: <<http://www.abratt.org.br/biblioteca.htm>>. Acesso em: 05 Dez 2008.
- AQUINO, V. Controle e Redução de Perdas. **Revista Saneas**, 2007; 27: p.05-16.
- BASTOS et al. Reabilitação do Sistema de Abastecimento de Água da Cidade de Fundão – Brasil. In: Ramos, H. M. et al. **Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem**. 1ª ed. Lisboa: IST - CEHIDRO, 2008. p. 174-186.
- BORDA D'ÁGUA et al. Proposta de Metodologia para Elaboração de um Plano de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água: O Caso de Estudo de Vila Franca de Xira. In: Ramos, H. M. et al. **Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem**. 1ª ed. Lisboa: IST - CEHIDRO, 2008. p. 210-222.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Documento Técnico de Apoio – DAT C2 - Casos selecionados de estratégias de combate ao desperdício - PNCDA**. Brasília: Ministério das Cidades, 2004a.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Documento Técnico de Apoio – DAT D1 – Controle da pressão na rede - PNCDA**. Brasília: Ministério das Cidades, 2004b.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Documento Técnico de Apoio – DAT A2 - Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água - PNCDA**. Brasília: Ministério das Cidades, 2004c.
- BRISBANE. **Serviços por perfuração direcionada ou furo dirigido**. Disponível em: <<http://www.directionalboring.com.au/services.html>>. Acesso em: 25 Nov 2008.
- CAROZZI, E. Controle e Redução de Perdas. **Revista Saneas**. Set-Out, 2007; 27: p.05-16.
- CHEUNG, P.B.; REIS, F.R. Gerenciamento da qualidade da água em sistemas de distribuição: técnicas computacionais. In: Gomes, H. P., García, R. P., Rey, P.L.I., organizadores. **Abastecimento de água: o estado da arte, e técnicas avançadas**. 1ª ed. João Pessoa: UFPB, Editora Universitária, 2007. p.9-28.
- COPASA. Programa de redução de perda de água no sistema de distribuição. Belo Horizonte, 2003, 60 p.
- COVAS, D.; RAMOS, H. Minimização de perdas em sistemas de abastecimento. In: Gomes, H. P., García, R. P., Rey, P.L.I., organizadores. **Abastecimento de água: o estado da arte, e técnicas avançadas**. 1ª ed. João Pessoa: UFPB, Editora Universitária, 2007. p.47-66.

COSTA, R. H. P. G.; TELLES, D. D. **Reúso da Água: conceitos, teorias e práticas**. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

DALMO et al. Pesquisa de vazamento utilizando o geofone eletrônico na UNIFEI. In: Ramos, H. M. et al. **Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem**. 1ª ed. Lisboa: IST - CEHIDRO, 2008. p.102-111.

ECODEBATE. **Relatório apresentado em Davos aponta esgotamento de água potável em menos de 20 anos**. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/02/03/relatorio-apresentado-em-davos-aponta-esgotamento-de-agua-potavel-em-menos-de-20-anos>>. Acesso em: 20 Fev 2009a.

ECODEBATE. **A água se torna artigo raro no México**. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/01/19/a-agua-se-torna-artigo-raro-no-mexico>>. Acesso em: 21 Mai 2009b.

EVINS et al. **Planning the rehabilitation of water distribution systems**. Swindon: Water Research Centre; 1989. 272 p.

ESCOBAR, H. Uma Guarapiranga por dia. In: Gazzi, R., editor-chefe. **Megacidades – grandes reportagens**. São Paulo: S.A. O Estado de São Paulo, Ago 2008. p. 82-85.

FARLEY, M; TROW, S. **Losses in Water Distribution Networks: a practitioner's guide to assessment, monitoring and control**. 1ª ed. London: IWA Publishing, 2003.

GALVÃO, J. R. B. **Avaliação da relação pressão x consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão (VRPs) - Estudo de caso: rede de distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo da Universidade de São Paulo, 2007.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GUGELMIN et al. Microbial contamination in dental unit waterlines. **Braz. Dent. J.** Jan-Abr, 2003; 14 (1): 55-57.

GRILO, T. V; COVAS D. I. C. Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água – modelo operacional e aplicação a casos de estudo. In: Ramos, H. M. et al. **Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem**. 1ª ed. Lisboa: IST - CEHIDRO, 2008. p. 197-209.

HELLER, L.; PÁDULA, V. L., organizadores. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

ISA. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras**. Disponível em: <<http://socioambiental.org/nsa/detalhe?id=2563>>. Acesso em: 10 Nov. 2008.

KOBER, E. **Sustainable reduction of water loss in urban water distribution systems**. [Apresentado no Seminário Water Loss 2007; 2007 set 23-26; Bucareste, Romênia: 2007].

MACHADO, J.N.A. Combate a perdas em sistemas de água e esgotos. In: **Programa de Eficiência Energética e Operacional – Associação Brasileira de Água e Energia, ABAE**; 2004, dez 01-03 Pará, BR.

MARTINS, G.; SOBRINHO, P. A. Abastecimento de água. In: 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. p.47-66.

MORAES, D. S. L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**, Jun, 2002, 36(3): 370-374.

OAKLAND, J.; PEREIRA, A. G. **Gerenciamento da qualidade total – TQM**. São Paulo: Nobel, 2007.

ONG DEFENSORIA DAS ÁGUAS et al. **O estado real das águas no Brasil (2003/2004)**. Disponível em: <http://www.fsma2009.org/langs/noticias_visualizacao.php?not_id=168http>. Acesso em: 05 Dez 2008.

ONOFRE, R. M. S. et al. **Corrosão interna em tubulações de abastecimento de água da RMSP**. 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Pará: Belém, 17 -23 Set 1989.

PIPA. **Processo de inserção por esmagamento**. Disponível em: <<http://www.pipa.com.au/docs/GT001.html>>. Acesso em: 25 Nov 2008.

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A. C.; Braga, B; Tundisi, J.G.. (org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 111-144.

REINA, E. Alga altera água de 4 milhões em SP. **O Estado de São Paulo**, 2008 set 19; Caderno Metrôpole: C1.

REINA, M. 100 mil ligações clandestinas despejam 500 litros de esgoto por segundo em SP. **O Estado de São Paulo**, 2008 set 09; Caderno Metrôpole: C1.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume, 2008.

SABESP. **Planos Integrados Regionais: Relatório Síntese – 2006**. São Paulo: Sabesp, 2006.

SABESP. **Plano Integrado Regional do Município de São Paulo – 2007**. São Paulo: Diretoria Metropolitana - Sabesp, 2007.

SABESP. **Programa de Desenvolvimento Operacional: subprograma de reabilitação de redes de distribuição de água**. São Paulo: Departamento de Planejamento Integrado da Diretoria Metropolitana - Sabesp, Mar 2008a.

SABESP. **Programa de Reabilitação de Redes - A Experiência da Unidade de Negócio Centro da Sabesp**. SEREA 2008 - VIII Seminário Ibero-americano sobre sistemas de abastecimento urbano de água. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 16 -19 Jul 2008b.

SABESP. **Bom Dia MC**. Ano V, n° 1054, Set 2008c.

SABESP. **Relatório de Acompanhamento do Programa de Redução de Perdas - MC**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Operação Centro da Unidade de Negócio Centro da Sabesp, Out 2008d.

SALATI et al. Água e o desenvolvimento sustentável. In: Rebouças, A. C.; Braga, B; Tundisi, J.G.. (org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição revisada e atualizada. São Paulo: Escrituras; 2006. p. 37-62.

SANTOS, R. Alga altera água de 4 milhões em SP. **O Estado de São Paulo**, 2008 set 19; Caderno Metrôpole: C3.

SILVA, E. R. **O curso d'água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**, Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 1998.

SILVA, E. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Technol**. 2005; v.26, 1: p.01-11.

SILVESTRE et al. **Critérios para avaliar el consumo domiciliar no medido**. SEREA 2008 - VIII Seminário Ibero-americano sobre sistemas de abastecimento urbano de água. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 16-19 Jul 2008.

SOLANO et al. Análisis sobre la calidad del agua de suministro en Espana. In: Gomes, H. P., García, R. P., Rey, P.L.I., organizadores. **Abastecimento de água: o estado da arte, e técnicas avançadas**. 1ª ed. João Pessoa: UFPB, Editora Universitária, 2007. p.29-46.

TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTYIA, M. T. **Abastecimento de água**. 3ª Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 10, p. 457-525.

TARDELLI FILHO, J. Controle e Redução de Perdas. **Revista Saneas**. Set-Out 2007; 27: p.05-16.

THORNTON, J. Controle e Redução de Perdas. **Revista Saneas**. Set-Out 2007; 27: p.05-16.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 943 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Editora RiMa, Instituto Internacional de Ecologia, 2003.

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

VENTURINI, M. A. A G.; BARBOSA P. S. F. **Subsídios à escolha de técnicas de reabilitação de redes de distribuição de água**. In: Seminário sobre Planejamento, Projeto e Operação de redes de Abastecimento de Água, Estado da Arte e Questões Avançadas, 2002, João Pessoa, PB. Anais do Seminário. João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2002.

WHATELY, et al. Haverá água para todos? **Le Monde Diplomatique Brasil**, 2008 jan; Matéria de capa.

ZAHED FILHO, K. ; BORGES, V. M. N. A. Modelagem em sistemas de controle operacional em tempo real no sistema adutor metropolitano de São Paulo. **Revista Saneas**, São Paulo, v. 2, n. 20, p. 26-31, 2004.

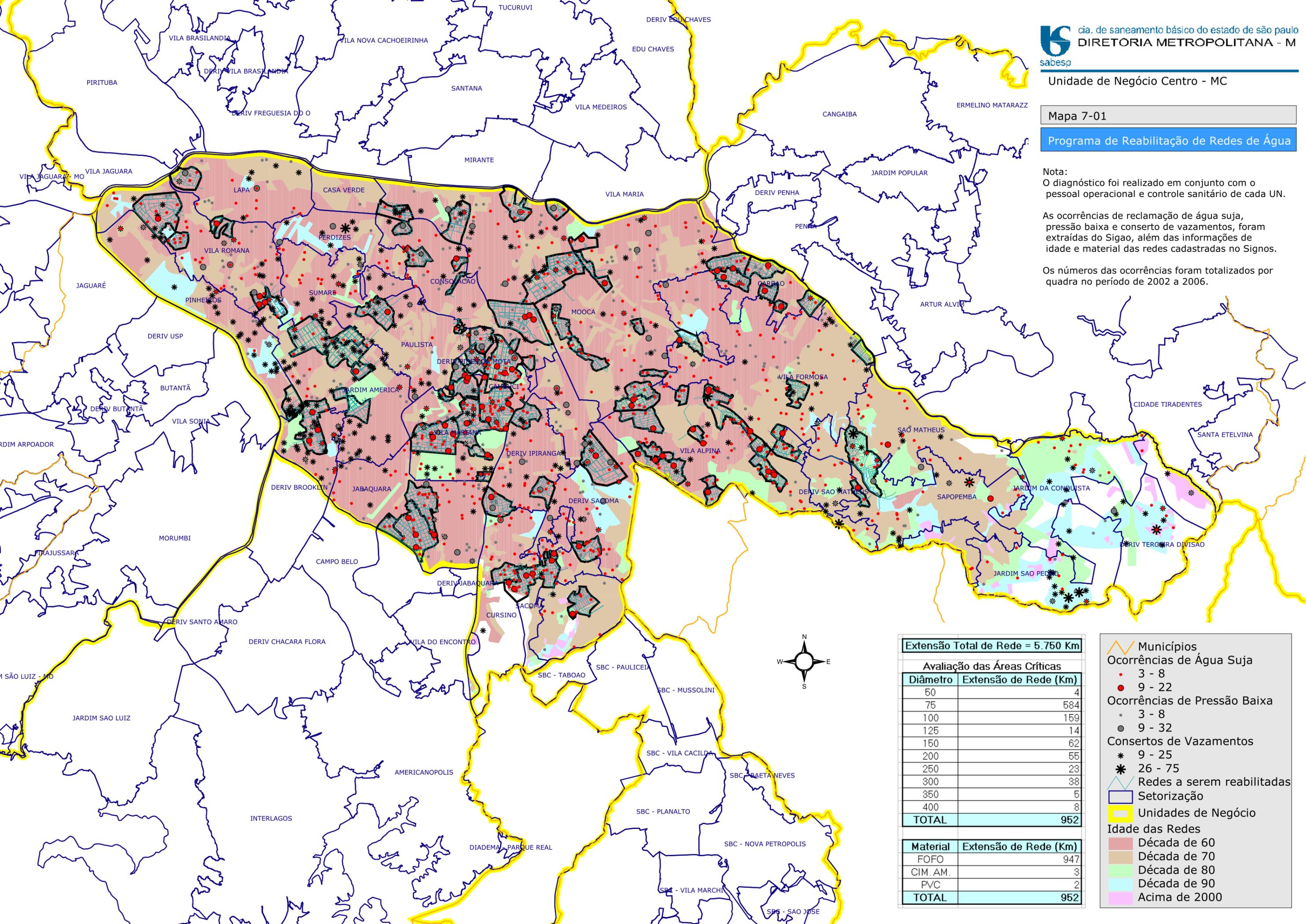
Apêndice A

Mapeamento de áreas críticas

Nota:
 O diagnóstico foi realizado em conjunto com o pessoal operacional e controle sanitário de cada UN.

As ocorrências de reclamação de água suja, pressão baixa e conserto de vazamentos, foram extraídas do Sigao, além das informações de idade e material das redes cadastradas no Signos.

Os números das ocorrências foram totalizados por quadra no período de 2002 a 2006.

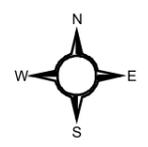


Extensão Total de Rede = 5.750 Km

Avaliação das Áreas Críticas	
Diâmetro	Extensão de Rede (Km)
50	4
75	584
100	159
125	14
150	62
200	55
250	23
300	38
350	5
400	8
TOTAL	952

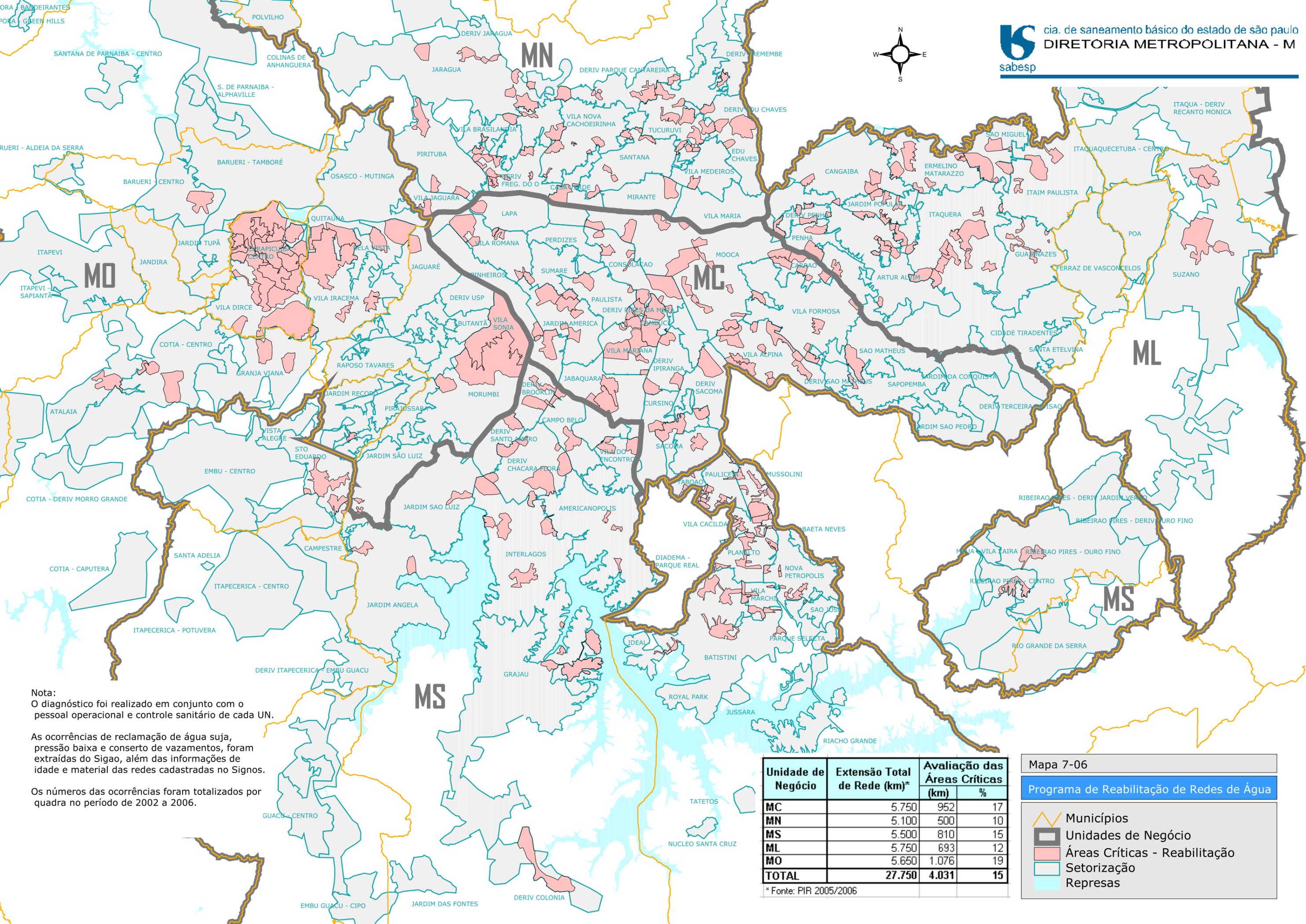
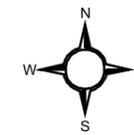
Material	Extensão de Rede (Km)
FOFO	947
CIM. AM.	3
PVC	2
TOTAL	952

Municípios
 Ocorrências de Água Suja
 ● 3 - 8
 ● 9 - 22
 Ocorrências de Pressão Baixa
 ● 3 - 8
 ● 9 - 32
 Consertos de Vazamentos
 * 9 - 25
 * 26 - 75
 Redes a serem reabilitadas
 Setorização
 Unidades de Negócio
Idade das Redes
 Década de 60
 Década de 70
 Década de 80
 Década de 90
 Acima de 2000



Apêndice B

Áreas Potenciais de Reabilitação



Nota:
 O diagnóstico foi realizado em conjunto com o pessoal operacional e controle sanitário de cada UN.

As ocorrências de reclamação de água suja, pressão baixa e conserto de vazamentos, foram extraídas do Sigao, além das informações de idade e material das redes cadastradas no Signos.

Os números das ocorrências foram totalizados por quadra no período de 2002 a 2006.

Unidade de Negócio	Extensão Total de Rede (km)*	Avaliação das Áreas Críticas	
		(km)	%
MC	5.750	952	17
MN	5.100	500	10
MS	5.500	810	15
ML	5.750	693	12
MO	5.650	1.076	19
TOTAL	27.750	4.031	15

* Fonte: PIR 2005/2006

Mapa 7-06

Programa de Reabilitação de Redes de Água

- Municípios
- Unidades de Negócio
- Áreas Críticas - Reabilitação
- Setorização
- Represas