CONTROLE DE PERDA DE ÁGUA ATRAVÉS DA TROCA DE REDE DE CIMENTO AMIANTO POR REDE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE NO MUNICÍPIO DE JAGUARIÚNA

Control of loss of water through the exchange of cement net asbestos for net of polyethylene of high density in the Jaguariúna city

Luciana Carla FERREIRA DE SOUZA
Faculdade de Jaguariúna

Resumo: A Prefeitura de Jaguariúna, através da Secretaria de Saneamento Básico, vem trocando a rede de cimento amianto por rede de polietileno de alta densidade (PEAD) desde 2002, devido à grande perda de água constatada no ano de 2001. Através do método não destrutivo, o município já trocou aproximadamente 50 km de rede antiga de cimento amianto e, conseqüentemente, reduziu a sua perda de água em aproximadamente 40%, evitando a necessidade de expansão da produção de água e os altos investimentos inerentes à execução de novas captações, estações de tratamento e adutoras para transporte da água captada, no período de aproximadamente 8 anos com o crescimento do município de 2,3%. Uma das medidas de maior impacto da redução geral do volume de água perdida é o controle ativo de vazamentos nas redes de distribuição, medidas essas que foram adotadas por Jaguariúna há aproximadamente 5 anos e que obtivemos como resultado uma redução de perda de aproximadamente 38%.
Palavras chave: recursos hídricos; redução de perda; vazamento.

Abstract: The City hall of Jaguariúna, through the Secretariat of Basic Sanitation comes changing to the cement net asbestos for polyethylene net of high density (PEAD) since 2002, due to great loss of water evidenced in the year of 2001. Through the not destructive method, the city already approximately changed to 50 km of old cement net asbestos and before it reduced its loss of water in approximately 40%, preventing the necessity of expansion of the production of water and the high inherent investments to the execution of new capitations, stations of treatment and expositories for transport of the caught water, in the period of approximately 8 years with the growth of the 2,3% city. One of the measures of bigger impact of the general reduction of the volume of lost water, is the active control of emptyings in the distribution nets, measures these that had been adopted by Jaguariúna approximately the 5 years and that we got as resulted a reduction of loss of approximately 38%.
Keywords: hydric resources; loss reduction; emptying.

INTRODUÇÃO

Especialistas prevêem que a água será o bem mais escasso neste século, tornando o suprimento da demanda por água o principal desafio para a humanidade nas próximas décadas.

Dado o caráter de escassez e limitação dos recursos hídricos, principalmente nos grandes centros urbanos, parece conveniente refletir sobre diversas estratégias para redução da demanda global de água. Além da redução das perdas, responsabilidade dos gestores dos sistemas de abastecimento, é fundamental agir sobre a demanda, empreendendo ações que busquem economia no volume de água que por mau uso, descontrole ou mau aproveitamento em geral é desperdiçado e desnecessário nas necessidades de conforto da sociedade, uma responsabilidade de todos.

Entre as diversas políticas de racionalização da utilização dos recursos hídricos destacam-se os programas de busca da redução das perdas, evitando os altos custos de investimentos inerentes à construção de novos sistemas de captação e tratamento inevitavelmente localizados distantes dos centros de consumo.

A perda de água é o volume de água que, depois de captado do manancial e introduzido no sistema de abastecimento não é entregue aos consumidores. Entretanto, é importante compreender desde logo que as perdas de água englobam as perdas reais (físicas) e as perdas aparentes (não-físicas), afetando tanto o desempenho técnico quanto desempenho financeiro das entidades gestoras. As primeiras resultam de fuga de água no sistema e são relevantes para a avaliação do estado geral da infra-estrutura do sistema e as segundas decorrem principalmente de erros de medição, macro e micro-medição, de fraudes e ligações clandestinas que representam as perdas comerciais.

A redução destes índices de perda deve ser o principal desafio das companhias de saneamento, uma vez que sistemas de abastecimento que não operam com um bom nível de desempenho implicam, além da captação de um volume hídrico acima do previsto inicialmente, o conseqüente aumento no consumo de energia elétrica pelos

componentes de bombeamento e ainda custos adicionais em insumos e mão de obra para operação do sistema. A redução da perda de água nestes sistemas conduz a um maior equilíbrio financeiro para companhia de saneamento, além de adiar ou mesmo evitar a necessidade de expansão da produção de água e os altos investimentos inerentes à execução de novas captações, estações de tratamento e adutoras para transporte da água, localizadas na maioria das vezes, distantes dos centros de consumo.

A condição da infra-estrutura das redes de distribuição de água, suas características e necessidades operacionais são os principais fatores que influenciam no volume de perdas reais de água em um sistema de abastecimento. A maioria das redes é, na prática, uma mistura de tubos de diferentes tipos de materiais, assentados ao longo de várias décadas e que, geralmente, apresentam sinais de deterioração em maior ou menor escala conforme a idade de assentamento, material do tubo, técnicas de instalação empregadas e características do solo nas proximidades. A sinergia destas características potencializa o surgimento destas fugas.

Com relação a todos os problemas da perda de água, ocasionando a falta de água na cidade no ano de 2000 e chegando a tratar 225 l/s com uma população de 29.597 de habitantes, e ainda com problemas de abastecimento de água, a Prefeitura de Jaguariúna decide atuar de maneira rápida no projeto de “redução de perda” e essa decisão foi a troca da rede de cimento amianto, as quais obtinham grande número de manutenções diariamente.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar os procedimentos e os resultados obtidos no sistema de distribuição água da cidade de Jaguariúna, quando se procedeu a troca do cimento amianto da rede por polietileno de alta densidade, visando a redução do alto índice de perda de água no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Método

A troca de rede de distribuição de água por método não destrutivo (Pipe-Cracking) consiste na substituição de uma rede antiga que apresenta problemas estruturais, geralmente devido à fadiga do material, ou quando os problemas são de ordem hidráulica como a presença de oxidação nas paredes internas dos tubos. A oxidação interna também é fator determinante para o comprometimento da qualidade da água devido à presença de óxido de ferro.

A técnica empregada na troca da rede por método não destrutivo escolhida foi o rompimento dinâmico, denominado *Hydraburst*, que consiste na fragmentação do tubo existente por pressão hidráulica com introdução simultânea e no mesmo caminhamento antigo de um novo tubo de polietileno de alta densidade (PEAD) de diâmetro igual ou superior ao que existia anteriormente.

Neste método o novo tubo fica assentado no mesmo local da rede antiga minimizando a possibilidade de danificar instalações de outras concessionárias como gás, esgoto, águas pluviais etc.

O processo de troca consiste na abertura de duas valas principais distantes aproximadamente 100 metros. Uma das valas é preparada para receber o equipamento hidráulico de rompimento e a outra é preparada para a introdução do tubo. Inicialmente o equipamento introduz no tubo existente, uma a uma, hastes de aço de 38 mm de espessura e 1,0 metro de comprimento, formando uma barra rígida até que a vala oposta seja atingida.

Quando a barra atinge a vala oposta um conjunto de ferramentas é conectado à ponta da mesma. Este conjunto é composto de uma faca que irá quebrar o tubo existente, um alargador que tornará o orifício aberto no solo mais largo empurrando radialmente para dentro do solo circunvizinho os fragmentos do tubo existente que foi quebrado. Após o conjunto de ferramentas é conectado o tubo que será introduzido no orifício aberto.

Toda a operação de troca do tubo é realizada simultaneamente, enquanto as barras são retiradas uma a uma, fazendo o movimento inverso ao da introdução das mesmas, as ferramentas de rompimento e alargamento vêm quebrando o tubo antigo e o novo tubo de polietileno vem sendo introduzido no orifício aberto.

O sistema promove a troca da tubulação de forma rápida e segura devido à grande força empreendida por seu dispositivo hidráulico, nas condições mais adversas encontradas, destruindo ou arrastando acessórios existentes no trecho, inclusive juntas mecânicas fabricadas em aço ou ferro fundido.

Material

Os tubos de polietileno utilizados na troca de rede são fornecidos até o diâmetro de 125 milímetros em bobinas de 100 metros de comprimento e até 250 milímetros em barras de 12 metros. Desta forma o trecho pode ser trocado em uma só operação, com a vantagem de não haver, ao longo do mesmo, juntas mecânicas com anéis de borracha como nos demais materiais (PVC, ferro fundido etc.).

Para interligação dos trechos e conexão das pontas dos tubos são empregadas conexões de eletrofusão. Estas conexões são fabricadas em polietileno e possuem internamente filamentos de cobre que receberão uma descarga elétrica proveniente de uma máquina de solda que aquecerá a própria peça e o tubo a uma temperatura adequada para que haja a fusão entre a conexão e o tubo.

Sistema de abastecimento durante a troca

Para que não haja descontinuidade do abastecimento das residências durante a execução dos trabalhos uma rede provisória de polietileno de 32 mm é instalada em uma pequena região (algumas quadras) para que a rede principal possa ter o fluxo de água interrompido para execução dos serviços. Esta rede provisória (by-pass) é instalada externamente e conectada a montante do hidrômetro não interferindo na sua medição. Durante o período de execução da obra a rede provisória fica conectada às residências que voltam a ser religadas à rede principal ao término dos serviços e desinfecção da rede.

Durante a passagem das ferramentas de troca da rede, juntamente com a quebra do tubo, as derivações para os ramais domiciliares são destruídos, portanto as ligações domiciliares são refeitas também por método não destrutivo. A técnica empregada neste caso é a utilização de perfuratrizes pneumáticas conhecidas como *hammerhead mole*. Estas perfuratrizes são movidas a ar comprimido e abrem pequenos orifícios no subsolo entre ao ponto da tomada da rede e um ponto na calçada próximo do cavalete de entrada. Neste orifício é instalado o ramal predial de polietileno de 20 mm. Para a conexão do novo ramal à nova rede são aberturas pequenas valas.

Ao término do serviço a rede instalada estará totalmente renovada, com tubos com coeficiente C de Hazen-Williams igual a 140 (material plástico) permitindo melhor escoamento da água, com vantagem adicional de ser um material com mínimas possibilidades de apresentar vazamentos.

Método não destrutivo

A abertura das valas é realizada com o auxílio de retroescavadeiras após o corte do asfalto com equipamento apropriado. O entulho e terra provenientes da abertura das valas são acondicionados em caçambas e enviados a um bota-fora. Ao término da jornada de trabalho as valas são recobertas com chapas metálicas apropriadas à passagem de veículos liberando toda a área da rua para o tráfego, minimizando ao máximo o impacto da obra junto ao comércio, indústrias e moradores.

O emprego dos métodos não destrutivos demonstra a crescente preocupação da prefeitura do município de Jaguariúna com a busca do melhor atendimento ao usuário do departamento de água e ao munícipe de forma geral. A vantagem principal do método não destrutivo é o mínimo transtorno causado pela obra se comparado ao método convencional de abertura de trincheiras nas ruas ou calçadas.

Principais motivos para a escolha do método não destrutivo para a realização da troca de rede no município foram:

- Mínima quantidade de valas abertas: são abertas valas somente para entrada dos equipamentos;
- Serviço subterrâneo: somente no local das valas é preciso isolar a área de trabalho;
- Emprego de materiais de melhor qualidade: os materiais – principalmente os tubos – precisam de maior controle de qualidade, pois na maioria das vezes são arrastados ou empurrados pelas máquinas, ou seja devem resistir aos esforços de instalação, além dos esforços normais de pressão a que serão submetidos na sua operação;
- Emprego de mão de obra qualificada: para realização das obras é necessária a utilização de mão-de-obra especializada, gerando um maior número de cursos e treinamento, promovendo maior qualificação dos operários. Esta maior qualificação acaba resultando em uma obra de melhor qualidade;
- Mínima interferência com os moradores: pelo fato de não haver abertura de valas contínuas (trincheiras) as entradas das garagens, portas de estabelecimentos etc. não são interditadas;
- Não há interrupção no abastecimento: são construídas ligações provisórias aéreas – retiradas quando as redes estão prontas;
- Mínima interferência com o trânsito: há isolamento somente da área das valas, não havendo necessidade de interdição da via ou mesmo de uma faixa contínua da via;
- Mínimo transtorno de sujeira e pó: a terra retirada das valas é encaminhada a bota-fora e não permanecem ao lado da vala aberta como na abertura de trincheiras;
- Menor probabilidade de afundamento do pavimento: a recomposição de valas pequenas, usadas nos métodos não destrutivos, proporciona uma melhor compactação do solo reposto, ao contrário das valas contínuas. Nas valas contínuas – trincheiras – é mais comum observar o recalque (afundamento) do pavimento.
- Uso do polietileno – PEAD: principalmente no caso de redes de água de diâmetros pequenos (2 polegadas até 5 polegadas) o uso do polietileno – PEAD – possibilita a execução de redes de água sem juntas pois os tubos

são fornecidos em bobinas de 100 metros. A junta é o grande vilão do vazamento de água. As conexões são executadas com máquinas térmicas, garantindo a perfeita estanqueidade do material. Este tubo também impede a instalação dos chamados “gatos” ou roubos de água, pois as conexões precisam de materiais e ferramentas especiais para serem executadas.

RESULTADOS

ETA – regime de operação

A Estação de Tratamento de Água volta a operar com os equipamentos de moto-bombas de 125 L/s e de 100 L/s

Vazão captada: 175 L/s; 125 L/s e 100L/s

TABELA 1- Regime de operação x troca de rede de água

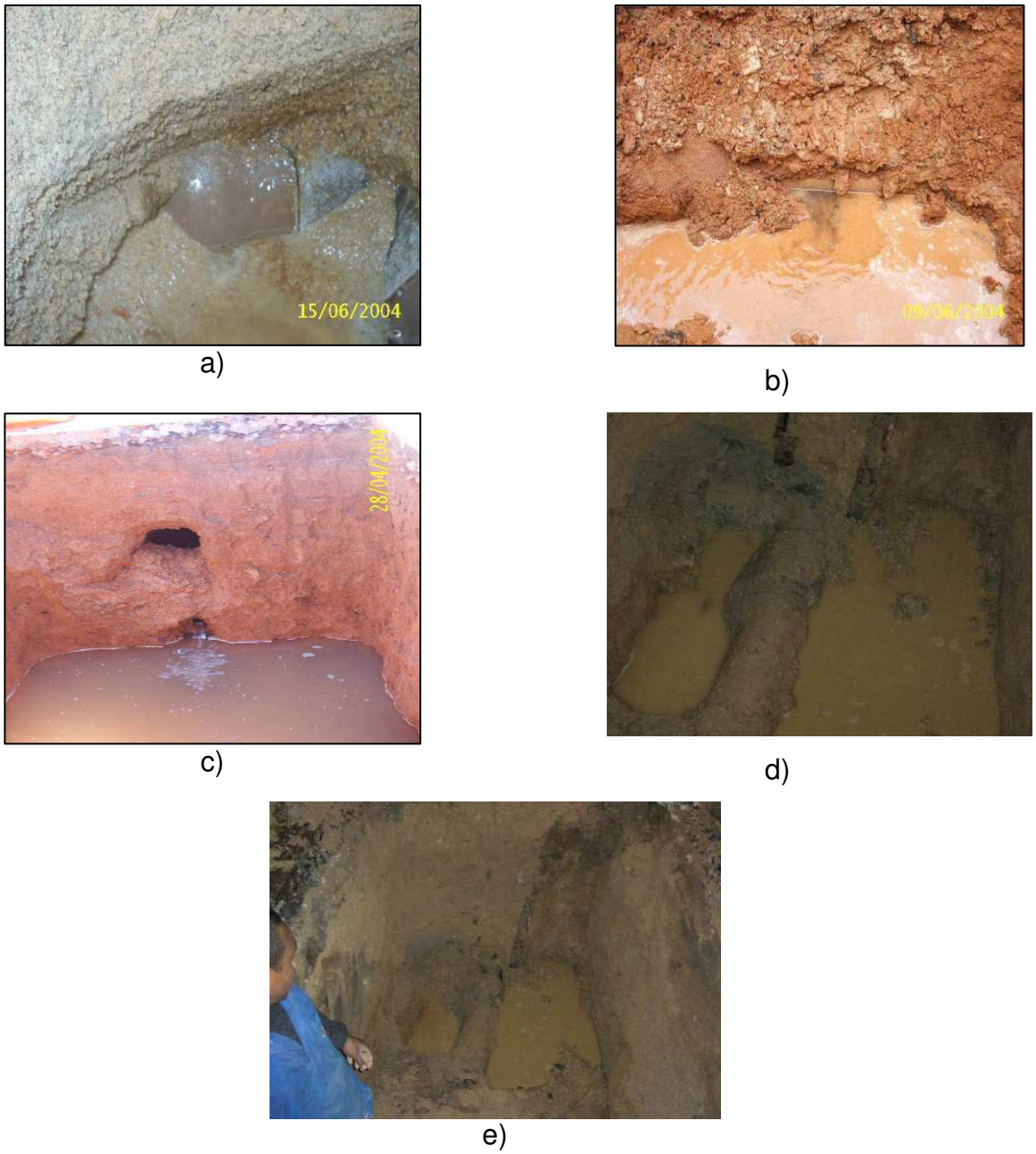
ANO	POPULAÇÃO (IBGE)	Nº DE LIGAÇÕES DE ÁGUA	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (L/s)	TROCA DE REDE (mL)
2000	29.597	9.382	193	-
2001	30.293	9.883	187	-
2002	31.072	10.471	179	300
2003	31.757	10.960	181	1.250
2004	33.194	11.242	169	11.250
2005	33.989	11.775	166	9.425
2006	34.779	12.333	167	15.532,50
2007	36.804	12.855	153	14.781,00
2008	40.066	13.178	150,7	14.673,02
TOTAL	40.066	13.178	150,7	59.875,01

Identificação de vazamentos que não chegavam a aflorar

Em algumas valas que foram escavadas para inserir os tubos de PEAD, foram encontrados vazamentos que não chegavam a aflorar. A Figura 1 a), b), c), d) e e) ilustra esses casos.

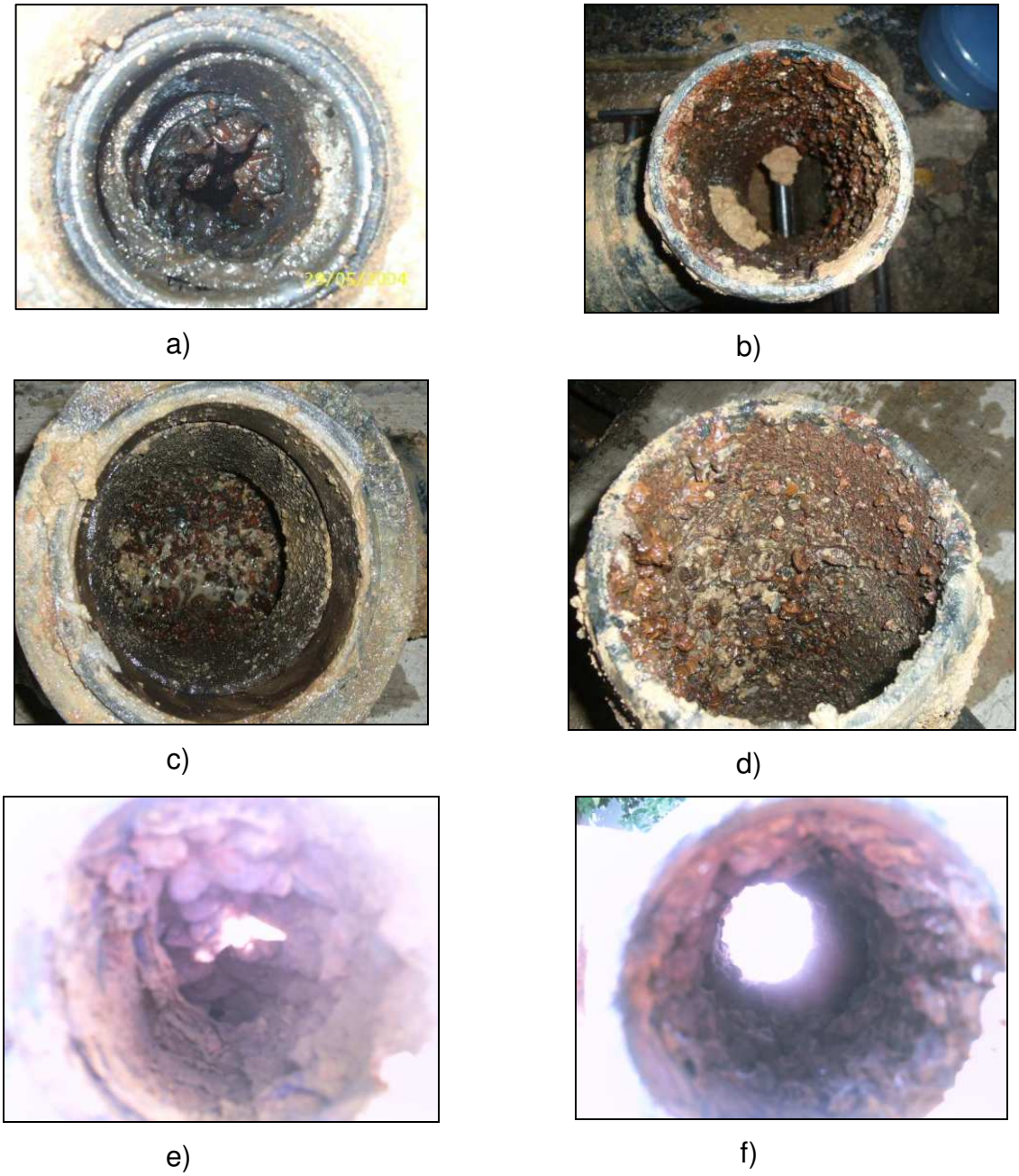
Eliminação das incrustações e “água suja”

Com a troca de rede, ocorre a eliminação das incrustações e conseqüentemente as reclamações de “água suja” devido às incrustações nessas redes. As reclamações passam a diminuir, chegando hoje à zero. A Figura 2 a), b), c), d), e) e f) ilustra as incrustações na rede.



a) b) c) d) e)

Figura 1. Vazamentos.



a) b) c) d) e) f)

Figura 2. Ilustração das incrustações na rede.

Economia de produtos químicos na estação de tratamento de água

A Estação de Tratamento de Água passa a utilizar menos produtos químicos devido à redução da perda de água:

O produto de Hipoclorito de Sódio, utilizado na desinfecção da água, foi reduzido a 12% na sua utilização.

O produto de Cal Hidratada, utilizado para a correção de pH, foi reduzido a 27% na sua utilização.

O produto de Cloreto Férrico, utilizado para a coagulação da água bruta, foi reduzido a 17% na sua utilização.

O produto de Carvão Ativado, utilizado para a eliminação do gosto e odor da água, foi reduzido a 33% na sua utilização.

Redução da utilização de equipamentos moto-bombas

Houve minimização na utilização de equipamentos moto-bombas com a troca de rede de água, no abastecimento de água potável. Os equipamentos responsáveis pelo abastecimento dos bairros Florianópolis, Capela Santo Antônio e Pinheiros, que antigamente ficavam ligados 24 horas, hoje ficam ligados no máximo 12 horas, no período da noite estes equipamentos ficam agora desligados. O equipamento de moto-bomba (maior) de 100 m^3/h que ficava ligada em média 5 horas por dia para este bairro, hoje fica ligada apenas 1 hora por dia.

Número de vazamentos anuais

A Figura 3 ilustra a redução do número de vazamentos anuais.



Figura 3. Número de vazamentos anuais.

Resultado da perda média desde o começo das ações, em 2001, até 2008

A Figura 4 ilustra a redução da perda média de água, de 2001 até 2008.

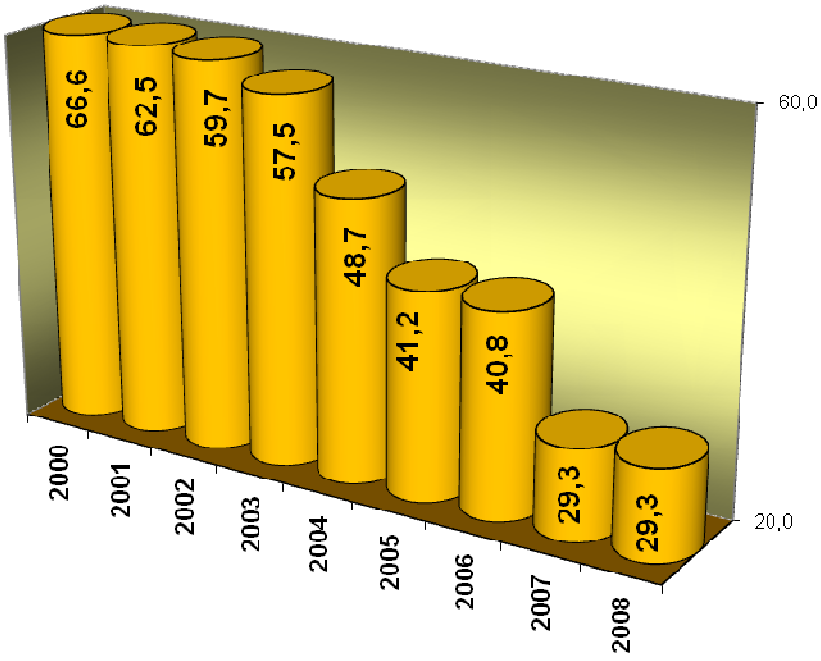


Figura 4. Ilustração da perda média de água, de 2001 a 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a troca de rede de água de cimento amianto, a perda de água caiu aproximadamente 38%, como mostrado nos gráficos e tabelas.

Não houve a necessidade da construção de mais uma Estação de Tratamento de Água de 200 L/s no ano de 2001 como previsto e, conseqüentemente, o aumento na captação de água.

Minimização de horas na utilização de equipamentos moto-bombas, como observado na captação de água e no abastecimento dos bairros Florianópolis, Capela Santo Antônio de Pinheiros.

Reutilização de equipamentos de moto-bombas na captação de água com vazões menores, os quais já não eram mais utilizados.

Nenhuma manutenção de rede foi realizada nas redes de polietileno de alta densidade (PEAD), desde o início da troca de rede no ano de 2002 até nos dias de hoje.

Mesmo com todo o crescimento do município, chegou-se aproximadamente a 8 (oito) anos atendendo novas ligações sem o aumento de captação de água e aumento de estação de tratamento de água, somente com o trabalho de controle de perdas no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRH – Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Lei Federal 9.433, de 8 de Janeiro de 1977**. São Paulo, 1997.

ALVES, H. (1993) – **Panorama de Urbanização, Industrialização e Demanda de Recursos Hídricos nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. mineo, NEPO.

ALVES, H. (1997) – **Bacias do Piracicaba e Capivari – Análise de sub-regiões e aplicabilidade dos "conceitos" de desenvolvimento sustentável e capacidade de suporte (hídrica)**, Dissertação de mestrado da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas.

ALVAREZ, G.C.; GARCEZ, L.N., **Hidrologia**. Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, SP, 1988 , 291p.

BARP, A. R. BAGANHA 1995 – **Contribuição ao gerenciamento de recursos hídricos da bacia do rio Piracicaba**, Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas.

BARTH, F. T.; POMPEU, C. T.. Fundamentos para gestão de recursos hídricos. **In**: BARTH, Flávio Terra et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel: ABRH,1987. V.1.

BROWN, B.J.; HANSON, M.; LIVERMAN, D.; JERIDETH, R.– Global Sustainability: Toward Definition. **Environmental Management**, v.11: 713-719,1987.

CBH-PCJ - Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, Governo do Estado de São Paulo, cobrape (1992) – **Programa de Investimentos para Recuperação e Proteção das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari** – Relatório para Identificação, São Paulo.

CBH-PCJ – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba , Capivari e Jundiaí (1996) – **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 1995**, DAEE, São Paulo.

CBH-PCJ – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba , Capivari e Jundiaí.

Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: implantação, resultados e perspectivas. Campinas, 1996.

CBH-PCJ – Comitê da Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003. <**http://w.w.wcomitepcj.sp.gov.br**, >**01/2000.

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos (São Paulo). **Plano estadual de recursos hídricos: primeiro plano estadual de recursos hídricos.** São Paulo: DAEE, 1990.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . **Diagnóstico da poluição ambiental no interior de estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, dez/1994.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 1992.

CETEC – Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. **Situação dos recursos hídricos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**, <http://w.w.w comitepcj.sp.br> 10/05/2002.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Balanço hídrico do Estado de São Paulo**. Águas e energia, São Paulo, n.12,1987.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Projeto Integrado da Bacia do rio Piracicaba – Solicitação de Financiamento para Obras e Medidas de preservação e Controle dos Recursos Hídricos** – Vol. II São Paulo, Secretaria de Energia e Saneamento, 1990.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2000-2003**. <http://w.w.w.sirgh.sp.gov.br> 10/03/2002.

DALY, H.E., COBB,J.B.– **For The Common Good: Redirecting The Economy Toward Community, The Environment, and A Sustainable Future**. Beacon Press, Boston. **apud** NIU, W.Y. et al 1989.

DAVANZO, A.M. – **A "Região Metropolitana" de Campinas : Dinâmica Sócio-Econômica e as Perspectivas de Gestão Urbana**, NESUR, Unicamp, Campinas, 1992.

ECLAC – **Economic Commission for Latin America and The Caribbean Population, Environment and Territory in The Perspective of Sustainable Development.** Cap. IV in Population, Social Equity and Changing Production Patterns. Santiago : United Nations. 1993.

GALLO, Z. – **A proteção das águas, um compromisso do presente com o futuro: o caso da Bacia do rio Piracicaba**. Dissertação de Mestrado Ida faculdade de Geociências, Unicamp, Campinas, 1995.

GANZELI, J.P. – Aspectos Ambientais do Planejamento dos Recursos Hídricos: A Bacia do Rio Piracicaba in TAUK, S.M. – **Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar**, Editora da Unesp, São Paulo, 1991.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO– **Plano Estadual de Recursos Hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo, Conselho Estadual de Recursos Hídricos**, DAEE, São Paulo, 1990.

HERMANN, R. M.. **Planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos**. In: Curso de Engenharia Hidrológico. São Paulo: EDUSP / DAEE / ABRH : Hidrologia Operacional V2. p. I 1- I 10 , 1983.

PACHECO, C. A. (1992) – **Estudos das Tendências da Urbanização e de Consumo de Água para Abastecimento Público na Bacia do Rio Piracicaba: 1985-2010**, Relatório de Pesquisa do Convênio da Secretaria do Estado de Meio Ambiente – Fundação SEADE, São Paulo.

POMPERMAYER, R. S. **Aplicação da análise multicritério em gestão de recursos hídricos: simulação para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Dissertação de mestrado da Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2003.

PROCHNOW, W.C.R. **Recursos hídricos e metodologia de pesquisa**. Geografia, v.10, n.19, 1985.

REBOUÇAS A. C.; BRAGA B. e TUNDISI J. G. **Águas doces do Brasil**. Instituto de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências, 1999.

ROCHA, J. S. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria (RS). Universidade Federal 1989.

RODRIGUES, I; CARMO, R.– **Migração e Processo de urbanização nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, nos períodos 1970-1980 e 1980-1991**: 917-942 in Anais do X Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambú,1996.

SILVA JUNIOR, A R.; **Características hidrológicas de duas bacias de drenagem experimentais**. Botucatu, tese de mestrado, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP, 1990.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (1994) – **Estabelecimento de Metas Ambientais e Reenquadramento dos Corpos D'Água – Bacia do Rio Piracicaba**, São Paulo.

TUCCI, C. E. M.; HESPNHOL, I.; CORDEIRO NETTO O. M. **A gestão da água no Brasil**: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025 < http://w.w.w. unb.Br/ft/enc/recursoshídricos/relatório.pdf >, 28/11/2001.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.; **Hidrologia Aplicada**. McGraW-Hill do Brasil, São Paulo, 1975.