

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA”

José do Carmo de Souza Júnior (1), Paulo Vataavuk (2)

(1) Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, avenida Dr. Fernando Costa, 730, Bragança Paulista/SP, Brasil, telefone: (55 11) 4603-2687, jcjunior@sabesp.com.br.

(2) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC/UNICAMP, avenida Albert Einstein, 951, Campinas/SP, Brasil, telefone: (55 19) 3521-2314, pvataavuk@fec.unicamp.br.

RESUMO

O volume global de perdas de água é significativo. Cada ano, mais de 32 bilhões de m³ de água tratada são perdidos por vazamentos em redes de distribuição. Devido à complexidade dos sistemas de abastecimento, a divisão em Distritos de Medição e Controle (DMC's), que são áreas menores e mais gerenciáveis, possibilita um controle efetivo de pressões e vazões, proporcionando a redução dos volumes de água perdidos. O trabalho apresenta um estudo de caso do município de Bragança Paulista, operado pela SABESP e os resultados demonstram uma redução significativa nos volumes de água perdidos proporcionando a melhoria da eficiência operacional.

Palavras-chave: Distrito de Medição e Controle (DMC), Rede de Distribuição de Água, Operação de Sistemas de Abastecimento, Gerenciamento de Pressões, Perdas de Água.

ABSTRACT

The overall volume of water losses is impressive. Each year, more than 32 billion m³ of treated water is lost through leaks in distribution networks. Given the complexity of systems of water supply, the division utilizing the District Metered Areas (DMAs), which are smaller and more manageable areas, enable effective control of pressures and flows in distribution networks providing a reduction in the volume of water losses. The paper presents a case study in the city of Bragança Paulista, operated by SABESP, and the results demonstrate a significant reduction in the volume of water losses and providing improved operational efficiency.

Key words: District Metered Area (DMA), Water Distribution Networks, Operation of Water Supply Systems, Pressure Management, Water Losses.

SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas – FEC/UNICAMP, Especialista em Gerenciamento na Construção Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EP/USP, Engenheiro Civil pela Universidade Guarulhos – UNG e Tecnólogo em Construção Civil pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC/SP. Gerente da Divisão Pólo de Manutenção Bragança Paulista da SABESP.

HISTÓRICO E INTRODUÇÃO

Do ponto de vista operacional, as perdas de água são os volumes produzidos e não contabilizados, incluindo-se as perdas reais, que correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final devido à ocorrência de vazamentos nos diversos componentes do sistema de abastecimento, como adutoras, redes e reservatórios e as perdas aparentes, que correspondem ao volume de água consumido, porém não contabilizado, decorrente de fatores como erros de medição nos hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial, onde a água é efetivamente consumida, mas não é faturada (FREITAS, 2010).

Segundo relatório do Banco Mundial, elaborado por Kingdom *et.al* (2006), o volume global de perdas de água é significativo. Cada ano, mais de 32 bilhões de m³ de água tratada são perdidos por vazamentos em redes de distribuição. Um adicional de 16 bilhões de m³ por ano são entregues aos clientes, mas não faturados devido a furtos ou problemas de medição. Uma estimativa conservadora do custo total anual para as empresas de saneamento, devido às perdas de água, é da ordem de 14 bilhões de dólares. Em alguns países de baixa renda esta perda representa até 60% da água fornecida, com uma média global estimada em 35%.

Farley (2008), apresenta a gestão de perdas de água não como uma atividade pontual, mas como uma atividade onde há a necessidade de um compromisso de longo prazo e envolvimento de diversas áreas, bem como a integração entre processos em uma companhia de saneamento, onde todos tem que ser envolvidos, para que a informação seja acessível e seja compreendida por todos. Trata-se de um processo complexo, com impacto na empresa, como questões financeiras e satisfação dos clientes, e não apenas a solução de um problema técnico, mas é uma questão ligada à gestão de ativos, operação, atendimento ao cliente, aporte de recursos e outros fatores, conforme demonstrado na figura 1.

Tendo em vista a complexidade dos sistemas de abastecimento de água, a divisão em sistemas menores, tais como: captação, tratamento, adução, reservação e distribuição, permite analisar individualmente cada componente do sistema e definir ações que proporcionem uma gestão mais adequada (GOMES, 2011).

Da mesma forma, o sistema de distribuição de água é dividido em sistemas menores, chamados setores, que proporcionam uma gestão mais eficaz e também

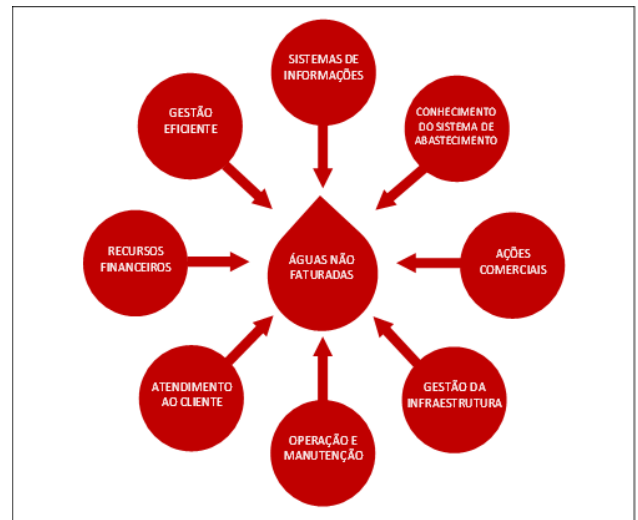


Figura 1. Integração necessária para redução de perdas de água.

Fonte: Adaptado de Farley (2008)

intervenções focadas a partir destas áreas.

Segundo Yoshimoto *et.al* (1998), o setor de abastecimento é definido pela área abastecida por um reservatório de distribuição, destinado a regularizar as vazões e equalizar as pressões na rede de distribuição. Através da implantação de reservatórios, que podem ser elevados, apoiados, enterrados ou semienterrados, é possível estabelecer setores, de forma a evitar pressões excessivas nas redes e atender os pontos de mais desfavoráveis, ou seja, os pontos mais distantes ou de cota mais elevada. A setorização pode ser realizada através de reservatórios elevados (zona alta) e apoiados (zona baixa), sendo que a zona intermediária deve ser abastecida preferencialmente pela zona baixa, visando reduzir despesas com energia elétrica.

Segundo a Norma Técnica Brasileira ABNT NBR 12218 (1994), o setor de medição é a parte da rede de distribuição perfeitamente delimitada e isolável, com a finalidade de acompanhar a evolução do consumo e avaliar as perdas de água na rede, que deve ser dividida em zonas de pressão, nas quais as pressões dinâmicas e estáticas deverão obedecer aos limites mínimo e máximo pré-estabelecidos, respectivamente 100 e 500 KPa (10 e 50 mca), e, quando justificado tecnicamente, poderão ocorrer exceções.

A setorização traz inúmeras vantagens, porém há algumas dificuldades para implantação, como falta de cadastro (ou desatualizado) para verificação dos limites, obtenção da estanqueidade dos setores, ocorrência de problemas de qualidade da água e durante a fase de implementação, poderão ocorrer dificuldades com relação ao fornecimento de água,

com eventuais reclamações de clientes (GOMES, 2011).

Gonçalves e Lima (2007), apresentam a setorização clássica, ponderando que as grandes extensões das redes de distribuição de água necessitam ser divididas em setores que possibilitem um melhor gerenciamento, conforme demonstra a figura 2.

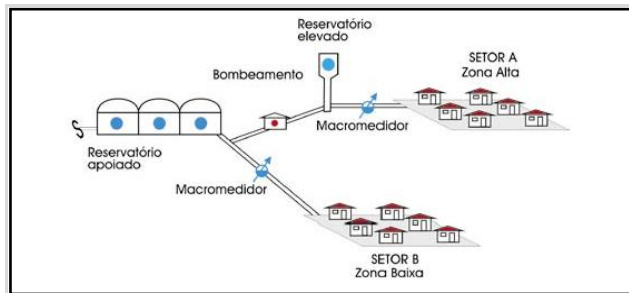


Figura 2. Setorização clássica em redes de distribuição de água.

Fonte: Gonçalves e Lima (2007)

Observa-se que apesar do aumento da eficiência operacional com a implantação de setores de abastecimento, ainda há dificuldades na operação desses setores devido a grande abrangência dos mesmos.

Dessa forma, a divisão dos setores de abastecimentos em áreas de controle menores chamadas de Distritos de Medição e Controle (DMC's), possibilita uma gestão mais focada, visando à redução de perdas de água que ocorre nas tubulações dos sistemas de distribuição.

BASE CIENTÍFICO-TEÓRICA

Distritos de Medição e Controle (DMC's)

Dividir uma rede de abastecimento de água em distritos de medição e controle (DMC's), que são áreas menores e mais gerenciáveis, é internacionalmente aceito como uma das melhores práticas para redução de perdas de água em sistemas de abastecimento público. Isso permite compreender melhor o sistema e facilita a identificação e análise de problemas de pressão e vazão nas redes de distribuição (FARLEY et.al, 2008).

O gerenciamento de redes de abastecimento de água pode ser substancialmente desenvolvido através da implantação do distrito de medição e controle, que é uma das mais eficientes técnicas para detecção de perdas de água e gerenciamento das pressões (DI NARDO E DI NATALE, 2011).

Sabesp (2008) relata a implantação dos DMC's como uma metodologia utilizada nas maiores e mais sérias companhias de saneamento do mundo e como prática já incorporada na filosofia da moderna gestão do processo de distribuição de água.

Entretanto, a aplicação de distritos de medição e controle é relativamente recente no campo de redes de distribuição de água e sua gestão é geralmente parte de uma estratégia de redução de perdas nos sistemas de abastecimento (GOMES, 2011). A configuração típica de um distrito de medição e controle é apresentada na figura 3.

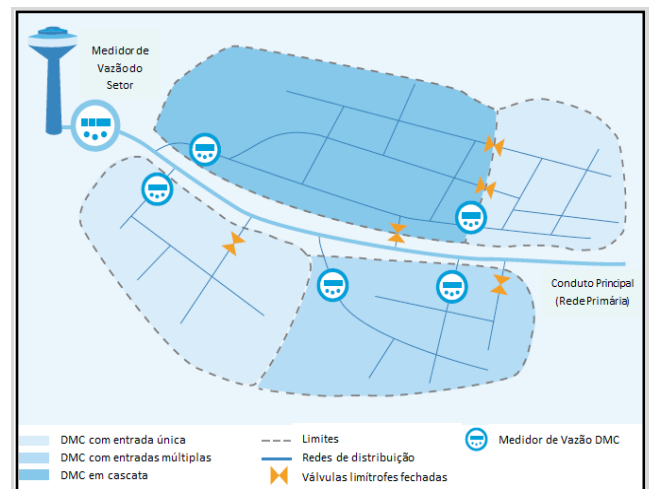


Figura 3. Configuração típica em distritos de medição e controle.

Fonte: Adaptado de Klingel & Knobloch (2011)

Crítérios para implantação de DMC's

A concepção de um conjunto de distritos de medição e controle é muito subjetiva, e é improvável que dois engenheiros trabalhando em um mesmo sistema de abastecimento venham a propor a mesma concepção (FARLEY et.al, 2008).

Segundo a IWA (2007), diversos fatores devem ser considerados para implantação dos DMC's, são eles:

- Nível atual de vazamentos
- Nível econômico de perdas
- Número de ligações de água
- Problemas de qualidade da água
- Requisitos de pressão mínima e máxima
- Capacidade de combate a incêndios
- Número de válvulas a serem fechadas
- Número de medidores de vazão
- Grandes consumidores
- Condições da infraestrutura
- Área geográfica
- Uso e ocupação da área

- Topografia

Farley et.al, (2008), também apresentam critérios a serem utilizados na definição dos DMC's:

- Numero de ligações de água
- Válvulas a serem fechadas
- Número de medidores de vazão
- Variações de pressão dentro da área estabelecida
- Limites naturais (rios, canais de drenagem, estradas de ferro, rodovias, etc)

As condições de fronteira naturais do sistema, tais como estações elevatórias, boosters, válvulas redutoras de pressão (VRP) e reservatórios de pequena capacidade também podem ser utilizados para implantação dos DMC's. As partes da rede de abastecimento com comportamento hidráulico, padrões de consumo, estado de conservação e parâmetros de qualidade da água semelhantes, também devem ser considerados para estabelecimento dos DMC's (GOMES, 2011).

Devem também ser consideradas as questões de operação e manutenção dos distritos de medição e controle durante a realização dos estudos de implantação, bem como a estruturação de equipes para o gerenciamento dos mesmos, devendo ser observados itens como a obtenção dos dados (campo ou telemetria), equipes de análise e especialmente quanto aos medidores de vazão, pois possuem elevado custo de manutenção e em alguns casos é necessária a interrupção do abastecimento para manutenção dos mesmos.

Definição da abrangência

O tamanho de cada DMC tem um impacto sobre o seu custo de implantação, pois quanto menor a área de abrangência do DMC, maior é o custo para implantação, devido à necessidade de um número maior de medidores de vazão, válvulas e intervenções necessárias nas redes para proporcionar a estanqueidade do DMC. Posteriormente, a manutenção também tenderá a ter um custo maior.

Na prática, haverá sempre uma variação significativa do tamanho de cada DMC devido ao leiaute da infraestrutura existente e da necessidade de otimizar as pressões (IWA, 2007).

Embora a dimensão dos DMC's possa estar relacionada com o número de ligações (ramais) e/ou a extensão da rede, a topologia depende

fundamentalmente do traçado da rede, do desnível topográfico e do comportamento hidráulico do sistema (Gomes, 2011).

Segundo Lambert & Taylor (2010) há várias opiniões quanto ao tamanho ideal dos DMC's, porém na prática haverá sempre uma variação significativa do tamanho de cada DMC, em função da infraestrutura existente.

Limites naturais e limites definidos por estudos

Os DMC's podem ser definidos tomando-se por base os limites naturais, como rios, canais de drenagem, estradas de ferro, rodovias, divisa de municípios, áreas de bombeamento "boosters", área de válvulas redutoras de pressão (VRP's), áreas de pequenos reservatórios (geralmente em sistemas de menor porte), áreas abastecidas por poços isolados, ou podem ser definidos através da elaboração de estudos onde pode-se determinar um local adequado para instalação de medidor de vazão e então controlar uma determinada área dentro de um setor de abastecimento.

Thornton *et al* (2008), complementam que cada DMC deve ser abastecido preferencialmente a partir de um único ponto de entrada de água, uma vez que isso facilita a implantação do DMC, reduz os erros de medição de vazão, e permite uma melhor compreensão pelos operadores do sistema. Ressalta que por outro lado, devem-se privilegiar os pontos de abastecimento a partir de reservatórios, já que estes permitem equilibrar as flutuações de consumo e as pressões a jusante, e ainda otimizar o sistema adutor à montante.

Número de ligações de água

Não há um consenso quanto ao número de ligações (também chamados conexões ou ramais) de água que devem fazer parte de um DMC, porém a literatura apresenta números relativamente semelhantes em diversos estudos.

IWA (2007) demonstra que em áreas urbanas os DMC's variam entre 500 e 3000 ligações e que em DMC's com mais de 5000 ligações, torna-se difícil identificar pequenos vazamentos nas redes. Ressalta entanto, que os DMC's maiores podem ser divididos em pequenos DMC's temporários por fechamento de válvulas previstos no estudo de concepção, de modo a facilitar as atividades de detecção de vazamentos. Farley *et.al* (2008) afirmam que os DMC's possuem geralmente entre 1000 e 2500 ligações e apresenta

um estudo de caso em Ranhill, Malásia, onde foram implantados 820 DMC's com uma média de 1055 ligações cada.

Thornton *et.al* (2008) sugere o DMC ideal com cerca de 1000 ligações, porém relata que geralmente os DMC's possuem entre 3000 e 5000 ligações.

Sabesp (2008) informa que o tamanho ideal para um DMC depende do tipo de uso encontrado na área em estudo e pode variar entre 500 e 2500 ramais, sendo que estudos efetivamente realizados pela empresa utilizaram 2000 ligações para cada DMC.

Lambert & Taylor (2010) afirmam que o número de ligações em áreas urbanas deve variar entre 500 e 3000 ligações, dimensionamento geralmente utilizado no Reino Unido.

United States Environmental Protection Agency, EPA (2010) relata o uso de 1500 a 2000 ligações em DMC's de forma a determinar como maior precisão a identificação de áreas com ocorrência de vazamentos.

Gomes (2011) cita que a experiência tem demonstrado que em áreas urbanas a dimensão média para DMC's deve estar compreendida entre 500 e 3000 ligações, podendo vir a ser reduzida para valores da ordem dos 500 a 1000 ligações em sistemas mais antigos, porém, não se recomendam valores acima dos 5000 ligações, pelo fato de se tornar mais difícil a localização de vazamentos.

A tabela 1 apresenta um resumo com o número de ligações mínimo e máximo apresentado pelos diversos autores pesquisados.

Tabela 1. Número de ligações em Distritos de Medição e Controle.

| FONTE | MÍNIMO | MÁXIMO |
|------------------------------|------------|-------------|
| IWA (2007) | 500 | 3000 |
| Farley <i>et.al</i> (2008) | 1000 | 2500 |
| Sabesp (2008) | 500 | 2500 |
| Thornton <i>et.al</i> (2008) | 1000 | 5000 |
| Lambert&Taylor (2010) | 500 | 3000 |
| EPA (2010) | 1500 | 2000 |
| Gomes (2011) | 500 | 3000 |
| MÉDIA | 786 | 3000 |

Fonte: Elaborado pelo autor ⁽¹⁾

Outros parâmetros também podem ser utilizados para definição dos DMC's, como, por exemplo, a NBR 12218 (1994) que estabelece a implantação de setores de medição, porém não utiliza critérios

relativos ao número de ligações. A norma estabelece alguns parâmetros como a extensão máxima de rede igual a 25 Km e o número máximo de 20 válvulas para isolar um setor de medição. A figura 4 apresenta o número de ligações de água em DMC's.

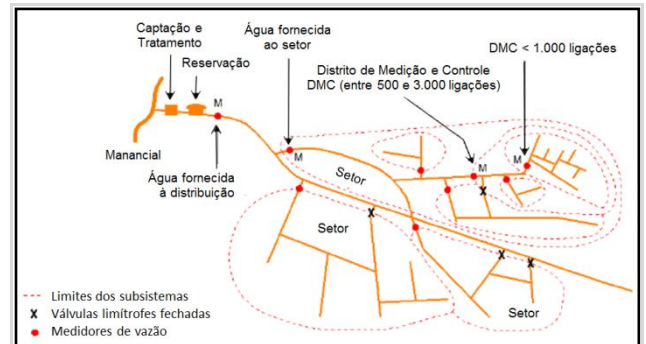


Figura 4. Número de ligações em Distritos de Medição e Controle.

Fonte: Adaptado de Gomes (2011)

Pode-se observar ainda que em sistemas de abastecimento de água de pequeno porte, como em municípios pequenos, áreas ou núcleos isolados e outros locais com poucos habitantes e baixo número de ligações, os DMC's podem ser divididos em áreas menores com o número de ligações inferior ao mínimo recomendado nas literaturas citadas. A divisão dependerá basicamente dos limites naturais e zonas de pressão existentes.

METODOLOGIA

Gerenciamento de perdas de água em Distritos de Medição e Controle

Gerenciamento de pressões

O gerenciamento de pressões pode ser definido como uma prática de gestão das pressões do sistema de abastecimento, de forma a atingir os melhores níveis de serviço e garantir a oferta suficiente e eficiente para os consumos autorizados (THORNTON & LAMBERT, 2005).

Segundo Katja *et. al* (2011), os efeitos positivos do gerenciamento das pressões são reais para diminuir as perdas de água através da redução de pressões desnecessárias ou excessivas, assim como a eliminação de grandes variações de pressão ou transientes hidráulicos. Estes fatores frequentemente causam rompimento das tubulações de distribuição de água e possuem relação direta com a taxa de vazamentos. Isto significa que a gestão das pressões é o único método que tem um impacto positivo em

todos os três componentes de perdas de água reais: vazamentos visíveis, vazamentos não-visíveis (detectáveis) e vazamentos inerentes (não detectáveis). Os componentes dos vazamentos são apresentados na Figura 5.

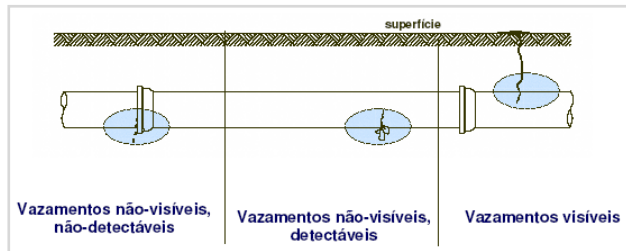


Figura 5. Vazamentos Visíveis e Não Visíveis.

Fonte: SABESP (2008)

A obtenção da pressão média no DMC é necessária para que se possa calcular a vazão dos vazamentos, tendo em vista que quanto maior a pressão, maior será a vazão dos vazamentos, ou seja, o vazão dos vazamentos é diretamente proporcional à pressão exercida nas tubulações.

Segundo Melato (2010), a pressão média pode ser calculada obtendo-se inicialmente a cota média da região abastecida, através da ponderação das cotas altimétricas onde estão localizadas as ligações de água, podendo ser utilizadas as curvas de nível, modelos de análise hidráulica de rede ou plantas cadastrais da rede de distribuição e logo após com a instalação de “data-logger” no ponto médio determinado, recomendando um período mínimo de 07 dias.

A pressão média também pode ser calculada determinando-se no DMC os pontos que tenham a maior e a menor cota geométrica e instalando-se “data-loggers”, obtendo-se nesses pontos as pressões mínima e máxima, respectivamente, e calculando a pressão média do DMC através da média aritmética destas pressões (GONÇALVES e LIMA, 2007).

Pode-se também calcular a pressão média noturna, que é a média das pressões durante a noite, quando a vazão mínima noturna é calculada (IWA, 2007). Os métodos citados para o cálculo da pressão média, também podem ser utilizados para o cálculo da pressão média noturna.

Gerenciamento das vazões

A medição de vazão em redes, também chamada macromedição, é um fator importante no controle de perdas, pois sua correta utilização tem influência direta nos índices de perdas. Isso se torna claro

quando se tem consciência das magnitudes das vazões que passam por esses aparelhos e o quanto uma medida incorreta, mau dimensionamento, má instalação, falta de manutenção, ou ainda, a falta de macromedição, podem influenciar nos resultados do controle de perdas (TSUTIYA, 2004).

A entrada de água em um DMC, seja abastecido por gravidade, por bombeamento ou em áreas de válvulas de pressão, deve possuir um medidor de vazão, onde seja possível quantificar os volumes disponibilizados (entrada de água no DMC). A partir desse volume de entrada, é possível realizar um comparativo com os volumes micromedidos (volumes utilizados pelos clientes), de forma a proporcionar o cálculo dos volumes de água perdidos no DMC. A figura 6 apresenta um desenho esquemático de um sistema de macromedição, onde se pode observar os pontos de medição de vazão em diversas partes do sistema de abastecimento de água, inclusive DMC's.

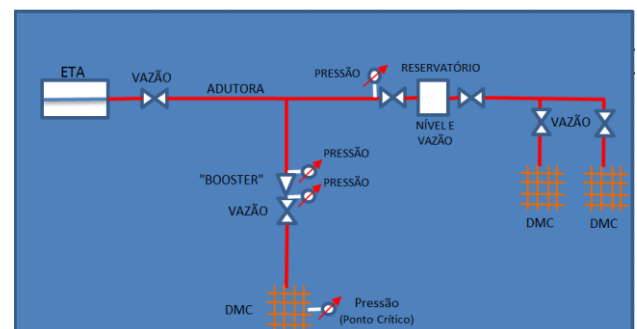


Figura 6. Macromedição em sistemas de abastecimento de água.

Fonte: adaptado de Tsutiya (2004)

Outra questão importante para ser verificada no DMC é a vazão mínima noturna. Segundo Farley *et.al* (2008), a vazão mínima noturna é a menor vazão de entrada no DMC durante um período de 24 horas e ocorre, nas regiões urbanas, geralmente entre 02 e 04 horas da manhã, quando como o consumo é mínimo e as perdas por vazamentos atingem os níveis máximos. Os dados de vazões mínimas noturnas podem ser medidos diretamente através de um equipamento “data-logger”, que fará o registro das vazões, sendo esses dados significativos para a avaliação das perdas reais em um sistema de abastecimento.

Sistemas de suporte à gestão de Distritos de Medição e Controle

Sistemas de informação geográfica (SIG)

O sistema de informação geográfica (SIG) ou Geographic Information System (GIS), é uma

ferramenta de suporte à gestão, que integra um software de desenho (Computer-Aided Design – CAD), com ferramentas de gerenciamento de cartografia digital, ligados a um software de gerenciamento de banco de dados, conectando informações espaciais, econômicas e físicas. A principal função do SIG é o gerenciamento de um banco de dados geográfico, que possui dados alfanuméricos com informações sobre os clientes e dados georreferenciados com a localização espacial dos clientes (SARZEDAS, 2009).

Sarzedas (2009), apresenta ainda que os SIG's são geralmente estruturados da seguinte forma:

- Sistemas de Informações de Clientes – sistema que armazena todas as informações relativas aos clientes
- Gerenciamento Técnico – informações e controle da operação da infraestrutura das redes de abastecimento.
- Gerenciamento Administrativo – dados adicionais econômicos e financeiros que são importantes para o gerenciamento dos bancos de clientes e infraestrutura.

Sistemas de telemetria

Os sistemas de telemetria ou telemedição, permitem a obtenção de dados à distância, proporcionando a agilidade na obtenção de informações e a tomada de decisões na operação dos sistemas de abastecimento de água. Em alguns casos, também é possível a utilização de comandos de forma remota, tais como abertura e fechamento de válvulas, regulagem de válvulas redutoras de pressão, adequações no bombeamento, etc.

Através da telemetria é possível acompanhar os dados de pressão e vazão, níveis de reservatórios, parâmetros de qualidade da água, etc., possibilitando um efetivo gerenciamento dos DMC's. São identificadas com brevidade, alterações nas vazões (aumento ou diminuição da vazão média diária ou vazão mínima noturna), alterações nas pressões (jusante e montante de VRP's e "Boosters"), falha de equipamentos (parada de "booster", pressão não sendo reduzida na VRP), baixo nível ou extravasamentos de reservatórios, etc.

A evolução tecnológica nas áreas de telecomunicações e informática possibilitou a implantação de sistemas de telemedição nas diversas partes dos sistemas de abastecimento de água, porém o elevado custo de implantação e de aquisição dos equipamentos ainda são obstáculos para uma ampla

utilização desses sistemas. A transmissão dos dados de telemetria pode ser feita de diversas formas, entre elas, rádio-modem, linha privativa (LP), linha discada, fibra ótica, tecnologia celular (CDMA ou GPRS) e satélite. Em alguns sistemas adaptados, pode-se obter a informação em tempo real sobre a ocorrência de vazamentos de água em redes de distribuição e alterações em medidores (PACHECO, 2010).

A figura 7 apresenta um esquemático de um sistema de telemetria, onde são operados, remotamente, 07 grupos moto-bomba e 02 válvulas de entrada de reservatórios através de sistema de telemetria por linha privativa (LP), com redundância de rádio-modem, ou seja, caso ocorram problemas na transmissão através da LP, é automaticamente acionada a transmissão de dados através do sistema de rádio. Também são monitoradas as pressões de sucção na entrada dos conjuntos moto-bomba e as pressões das 03 linhas de recalque, bem como os níveis dos reservatórios e as vazões de distribuição. O sistema realiza ainda o armazenamento dos dados das pressões, níveis e vazões, possibilitando uma análise dos dados históricos.

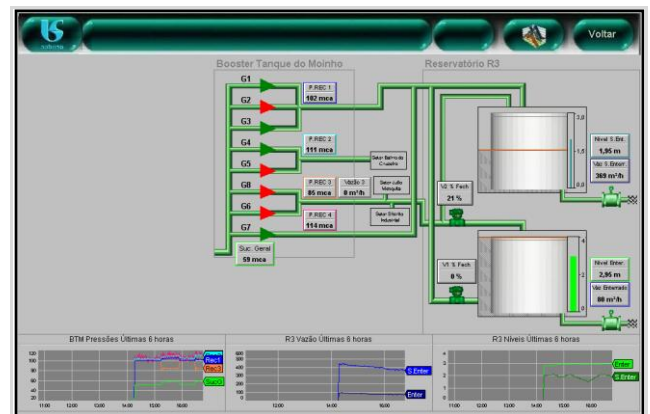


Figura 7. Telemetria em sistema de abastecimento de água.

Fonte: Sabesp (2013)

Sistemas de modelagem hidráulica

Nas redes de distribuição de água mais complexas, é aconselhável a utilização de um modelo matemático de redes hidráulicas, para permitir que sejam realizadas análises integradas do sistema (IWA, 2007).

A modelagem de redes é um processo de construção de uma simulação de computador das redes hidráulicas, utilizando um software especializado de computador e após a construção, o modelo deve ser verificado em campo, para se realizar a calibração, ou seja, realizar os ajustes necessários para que o

modelo possa refletir a realidade. Um modelo de redes hidráulicas calibrado, permite a realização de simulações nos DMC's através da análise de pressões e vazões, sem a necessidade de intervenções no abastecimento. Caso a empresa de saneamento não possua um sistema de modelagem hidráulica, pode estabelecer os DMC's através de áreas que são mais facilmente isoláveis (FARLEY *et.al*, 2008).

Klingel & Knobloch (2011) também descrevem que a topologia de uma rede de distribuição de água pode ser descrita por um conjunto finito de nós e links, onde deve ser atribuído para cada link um nó de início e um nó de extremidade. Cada link representa uma seção homogênea de um tubo, os nós designam mudanças físicas na seção de tubo, tais como material e diâmetro, equipamentos de bombeamento instalados e também são utilizados para modelar pontos de entrada e saída de água do sistema, como os reservatórios e clientes atendidos, conforme apresentado na figura 8.

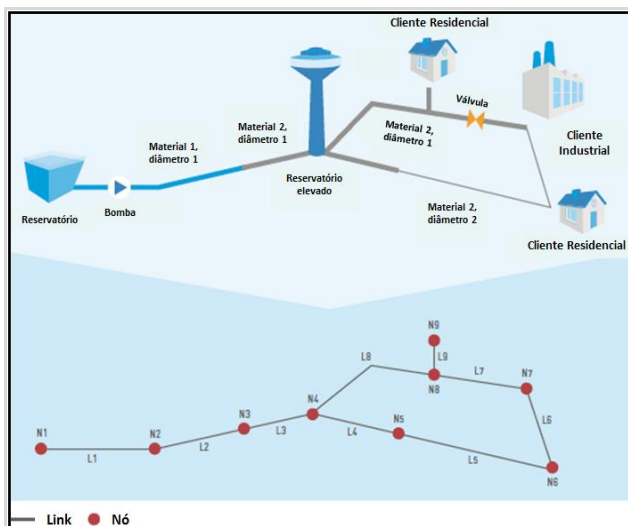


Figura 8. Representação simplificada de um modelo de redes hidráulicas.

Fonte: Adaptado de Klingel & Knobloch (2011)

ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA PAULISTA/SP

O estudo de caso apresenta a implantação de DMC's no município de Bragança Paulista, estado de São Paulo. O município está localizado a aproximadamente 80 Km da capital São Paulo e é sede da região bragantina, composta por um total de 16 municípios. A figura 9 apresenta o croqui de

localização e as principais características do município.

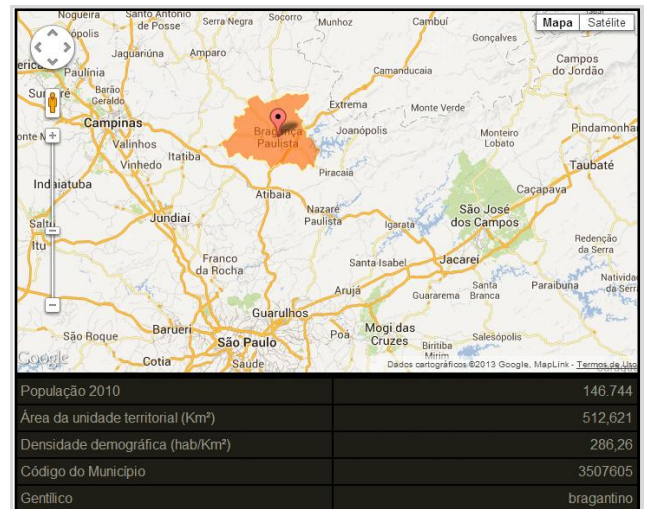


Figura 9. Principais características do município de Bragança Paulista.

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php>. Acesso em 28/06/13.

Implantação dos DMC's no município

Os sistemas de abastecimento de água no município são operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp. Em 2007, a Unidade de Negócio Norte da Sabesp – MN, responsável pela operação dos sistemas de abastecimento de água em 08 municípios da região bragantina, efetuou contratação para prestação de serviços de engenharia para adequação de macromedidores de vazão e implantação de DMC's para controle de perdas, que será foco do estudo de caso em questão.

Inicialmente foram priorizados os distritos de medição definidos por limites naturais, sendo então dimensionadas e projetadas as instalações de macromedidores de vazão em áreas de bombeamento “boosters”, válvulas redutoras de pressão (VRP's) e reservatórios existentes.

Logo após iniciaram-se os estudos visando a redução de pressão em pontos do sistema de distribuição que possuíam pressões elevadas. Dessa forma, foram projetadas novas VRP's para possibilitar a redução de pressão nestas áreas, sendo que as mesmas já foram projetadas prevendo a instalação de macromedidores de vazão, possibilitando além desta redução de pressão, a criação de um novo DMC para cada válvula instalada. Os estudos contemplaram ainda a verificação de áreas onde fosse possível a instalação somente de macromedidores, geralmente

áreas isoladas ou facilmente isoláveis, para criação de novos DMC's.

Para criação dos DMC's nas novas áreas de implantação de VRP's, foram considerados os seguintes parâmetros nos estudos realizados:

- Área de abrangência do Subsetor da VRP;
- Dados característicos do Subsetor da VRP;
- Medição de vazão e pressão na entrada do Subsetor;
- Medição de pressão nos pontos críticos do Subsetor;
- Dimensionamento da VRP;
- Avaliação do retorno com a instalação da VRP;
- Projeto executivo do sistema de redução de pressão.

Os estudos iniciam-se com a delimitação do subsetor onde se pretende instalar a VRP, sendo então identificada a entrada do subsetor e verificados os locais necessários para se realizar o fechamento da área, prevendo-se, então, a instalação de válvulas de manobra ou o capeamento das redes, de forma a isolar a área delimitada.

A figura 10 apresenta a delimitação da área de implantação de uma VRP, para redução das pressões e criação de um DMC no bairro CDHU, onde também foi necessária a implantação de uma válvula de manobra para isolamento da área.

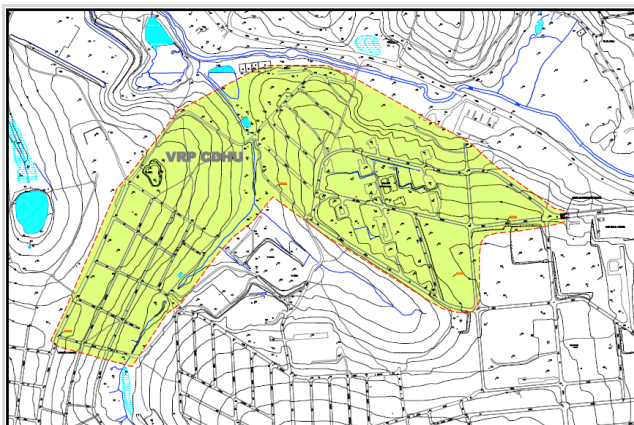


Figura 10. Delimitação da área de abrangência do DMC VRP CDHU
Fonte: Sabesp (2008)

Logo após, são identificados os dados técnicos do subsetor, tais como diâmetro e material da tubulação de entrada, extensão de rede, número de ligações e consumo mensal dos clientes, dentro da área delimitada. Também são identificadas as pressões máxima, mínima e média e as vazões máxima,

mínima e média. Identifica-se ainda o ponto crítico do subsetor, ou seja, o ponto mais desfavorável (geralmente o ponto mais alto ou mais distante) onde a pressão é mínima.

As medições de vazão são realizadas inicialmente visando obter dados que possibilitem o dimensionamento de um macromedidor adequado, tendo em vista que estes equipamentos possuem faixas de trabalho para que realizem uma medição adequada, portanto é de grande importância dimensionar um medidor que consiga medir as vazões máximas e mínimas no DMC. São ainda considerados os cálculos das perdas de carga para o dimensionamento. As medições são realizadas com tubo Pitot e logger diferencial de pressão, após a instalação de um TAP.

São ainda realizadas medições de pressão em diversos pontos internos à área delimitada, de forma a identificar a variação destas pressões após a instalação da VRP.

Com relação ao dimensionamento da VRP, são analisadas ainda as condições de operação, ou seja, as pressões de montante e jusante, de forma que a redução de pressão não esteja dentro da zona de cavitação da válvula, pois uma redução abrupta pode ocasionar a cavitação da válvula.

Realiza-se ainda o estudo da viabilidade econômico financeira, considerando-se que a redução de pressão proporciona uma redução na vazão dos vazamentos, conforme explicitado na metodologia FAVAD (*Fixed and Variable Area Discharge*), que traduzido significa Seção de Descarga Constante e Variável, onde a *International Water Association IWA* (2007), realizou trabalho considerável para compreender a relação entre pressão e vazamento, chegando a uma expressão simples e confiável para a relação entre pressão e vazão de vazamento, conforme apresentado na equação 1:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad (1)$$

Onde:

Po = pressão inicial na rede

Qo = vazão inicial dos vazamentos

P1 = pressão final (após redução)

Q1 = vazão final dos vazamentos (após redução da pressão)

N1 = expoente relação pressão/vazão do vazamento

Para o caso do DMC VRP CDHU, os valores apresentados foram os seguintes:

- Po = 45 mca
- Qo = 0,00625 m³/h
- P1 = 30 mca
- N1 = 1,15 (material PVC e FF)
- Q1 = (30/45)^{1,15} * 0,00625
- Q1 = 0,00392 m³/h
- Ligações = 429
- Redução = 720 m³/mês

O projeto executivo de instalação da montagem hidromecânica da VRP CDHU é apresentado na figura 11.

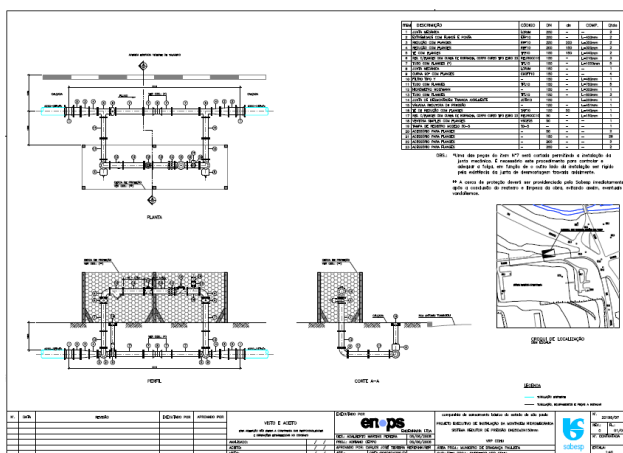


Figura 11. Projeto de instalação hidromecânica VRP CDHU
Fonte: Sabesp (2008)

Observa-se ainda, que a VRP foi projetada em forma de cavalete, ou seja, a instalação foi projetada de forma que a válvula fique acima do solo, evitando desta forma a construção de caixa subterrânea, facilitando a manutenção, por não se tratar de um espaço confinado, conforme pode ser observado na figura 12.

Gestão de DMC's no município

A gestão dos DMC's no município é realizada diariamente através dos sistemas de suporte à gestão. São utilizados os sistemas de telemetria e informações geográficas para o monitoramento e são realizadas ações preventivas e/ou corretivas nos DMC's sempre que necessário. São monitoradas as pressões e vazões e verificadas alterações nos padrões de trabalho adotados, como por exemplo, aumento ou diminuição de pressões de montante e jusante em VRP's, alterações de pressões em pontos críticos (pontos mais distantes ou de cota mais elevada), alteração nas pressões de sucção e recalque em *boosters*, etc, sendo iniciadas ações tais como

deteção acústica de vazamentos (geofonamento), substituição de ramais, troca de hidrômetros, regulação de VRP's e *boosters*, etc.



Figura 12. Entrada de água no DMC CDHU (detalhe 1-Macromedidor/2-VRP).
Fonte: Sabesp (2008)

A telemetria dos DMC's é realizada em sua grande maioria através de tecnologia GPRS, onde a transmissão dos dados dos equipamentos é realizada 04 vezes ao dia, em horários estratégicos que possibilitam maior agilidade na identificação de problemas e envio às equipes de campos para execução dos serviços, ou seja, às 06h, 10h, 16h e 20h. Para os reservatórios e estações de bombeamento de maior capacidade, a telemetria é realizada através de LP, possibilitando o monitoramento 24h. Os dados são encaminhados para a Central de Controle do Abastecimento - CCO Bragança Paulista, que também realiza a análise dos dados históricos e o cálculo dos indicadores de desempenho. A figura 13 apresenta o monitoramento das pressões de sucção e recalque no DMC Águas Claras, estabelecido em uma área de *booster*.

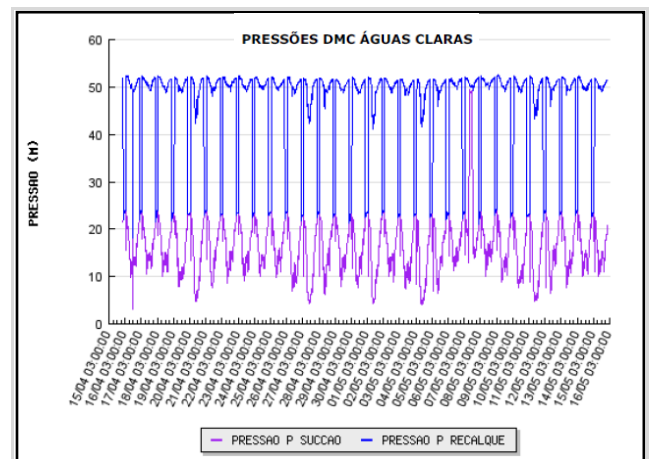


Figura 13. Monitoramento das pressões de sucção e recalque DMC Águas Claras
Fonte: Sabesp (2013)

Para obtenção dos dados dos DMC's, tais como: área de abrangência, perímetro, extensão de redes, número de ligações, volume micromedido, (consumos dos clientes), categoria de uso (residencial, comercial, industrial, etc), é utilizado o sistema de informações geográficas no saneamento (SIGNOS), apresentado na figura 14. Também é verificado o cronograma de apuração de consumo dos clientes para compatibilização com os volumes macromedidos, obtidos através da telemetria.

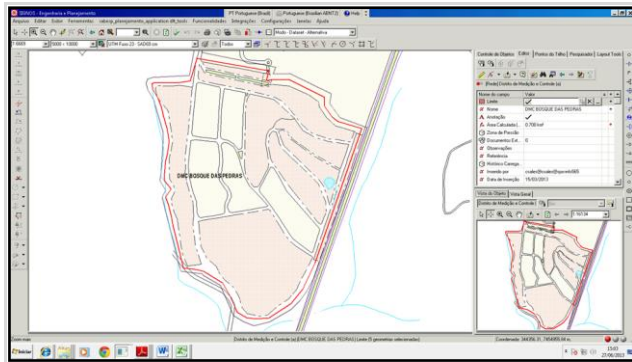


Figura 14. Obtenção de dados do DMC através do sistema SIGNOS
Fonte: Sabesp (2013)

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a obtenção dos dados da macromedição e micromedição, é possível efetuar o cálculo de alguns indicadores de desempenho utilizados pela *International Water Association* - IWA, tais como o índice de perdas em litros/ligação*dia e o índice de águas não faturadas em percentual, que permitem verificar a evolução dos trabalhos de redução de perdas de água.

Os resultados demonstram que após a implantação dos DMC's houve uma redução significativa nos índices de perda de água, conforme apresentado na figura 15.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo em vista que os recursos financeiros são geralmente escassos para realização dos trabalhos de redução de perdas, o gerenciamento através de DMC's possibilita a atuação de maneira mais focada e eficiente. Essa atuação focada traz excelentes resultados e proporciona a melhoria da eficiência operacional para as empresas de saneamento, através da redução de custos e minimização dos impactos ao meio ambiente devido a menor quantidade de água retirada dos mananciais.

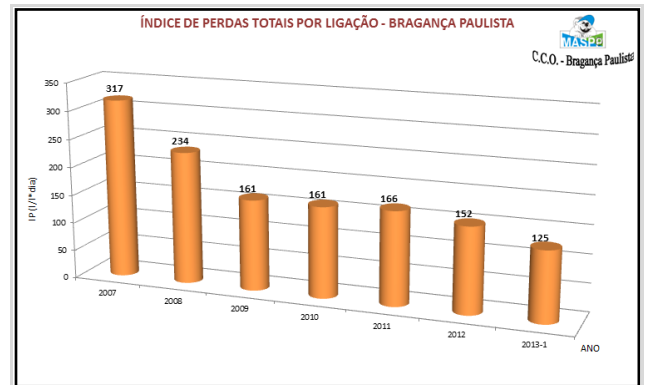


Figura 15. Índice de perdas por ligação
Fonte: Sabesp (2013)

CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Pode-se concluir, portanto, que a implantação de DMC's é uma metodologia que agrega valor significativo para os trabalhos de redução de perdas de água, sendo um direcionador para a tomada de decisões de forma eficaz. Recomenda-se para a implantação da metodologia, que seja iniciada pelos DMC's naturais, tendo em vista o menor custo e maior agilidade para implementação. Recomenda-se que em trabalhos futuros sejam utilizados os sistemas de modelagem hidráulica para aperfeiçoamento dos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (1994). Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Norma Brasileira NBR 12218. Rio de Janeiro.
- Di Nardo, Armando & Michele Di Natale. (2011, February). "A Heuristic Design Support Methodology Based on Graph Theory for District Metering of Water Supply Networks". *Engineering Optimization* 43, p. 193-211.
- Gonçalves, Elton e Celso Vieira de Lima. (2007). Controle de Pressões e Operação de Válvulas Reguladoras de Pressão. Guias práticos – Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. Volume 4. Brasília. Brasil. Ministério das Cidades.
- Farley, Malcolm., Wyeth Gary., Ghazali, Z.B.M., Istandar, Arie & Sher Singh. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook a Guide to Understanding Water Losses. Malaysia. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development (USAID).

- Freitas, Valdemir V. (2010). Controle e Redução de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água: Contribuição na Preservação dos Mananciais de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo, 2010.
- Gomes, Ricardo J. (2011). Modelação Matemática como Ferramenta de Gestão e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2011.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2013). Cidades. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php>
- International Water Association – IWA (2007). District Metered Areas Guidance Notes. DMA Team of the Water Loss Task Force. London.
- Katja, Hübschen & Dörte Ziegler & Lutz Happich (2011). Capacity Development for Drinking Water Loss Reduction: Challenges and Experiences. United Nations University. UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). Munich.
- Kingdom, Bill & Roland Liemberger & Philippe Marin. (2006). The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries. How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting. World Bank Discussion Paper Number 8. Washington D.C.
- Klingel, Philipp & Axel Knobloch. (2011). Guidelines for Water Loss Reduction. A Focus on Pressure Management. Germany. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (GIZ) and VAG Armaturen.
- Lambert, Alan & Richard Taylor. (2010). Water Loss Guidelines. Water New Zealand. New Zealand.
- Melato, Débora S. (2010). Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- Pacheco, João R.B.M. (2010). Perdas em sistemas de abastecimento público de água : uma nova abordagem com base na telemedicação de consumos domésticos. Tese de mestrado integrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto. Porto, 2010.
- Sabesp. (2008). Distrito de Medição e Controle – DMC. Distrito de Manobra – DM. Superintendência de Desenvolvimento da Metropolitana.
- Sabesp. (2007). Contrato MN nº 20.196/07 – Prestação de serviços de engenharia para adequação de macromedidores de vazão e implantação de microzonas de controle de perdas–UN Norte– Diretoria Metropolitana.
- Sabesp. (2013). Relatórios da Central de Controle do Abastecimento - CCO Bragança Paulista. Bragança Paulista.
- Sarzedas, Guaraci L. (2009). Planejamento para a Substituição de Tubulações em Sistemas de Abastecimento de Água. Aplicação na Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- Thornton, Julian & Alan Lambert. (2005). Progress in Practical Prediction of Pressure: Leakage, Pressure: Burst Frequency and Pressure: Consumption Relationships. Halifax.
- Thornton, J. & Reinhard Sturm & George Kunkel. (2008). Water Loss Control. Second Edition. McGraw-Hill Companies. USA.
- Tsutiya, Milton T. Abastecimento de Água. 1ª Edição. (2004). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- United State Environmental Protection Agency – EPA. (2010). Control and Mitigation Drinking Water Losses Distribution Systems. Washington DC.
- Yoshimoto, Paulo M., Tardeli Filho, Jairo e Guaraci L. Sarzedas. (1998). Controle da Pressão na Rede. Documento Técnico de Apoio DTA D1. Brasília. Brasil. Ministério das Cidades.