

I-037 - REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DE VAZAMENTOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA COM INSTALAÇÃO DE VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO (VRPs)

Divino Lázaro de Souza Aguiar⁽¹⁾

Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás – UFG. Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFETGO. Administrador de Empresas pela Universidade Católica de Goiás – UCG e funcionário contratado da Saneamento de Goiás S/A – SANEAGO.

Anselmo Cláudio de Sousa

Engenheiro Ambiental – PUC-GO, Tecnólogo em Saneamento Ambiental – IFG, Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente – PPGEMA/UFG, Técnico Ambiental do Ministério Público do Estado de Goiás, anselmosc@gmail.com.

José Vicente Granato de Araújo

Professor Associado da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás – UFG, Engenheiro da Saneamento de Goiás S/A. jvgranato@yahoo.com.br.

Endereço⁽¹⁾: Rua Flemington, 1.120, Ed. Trinidad - Vila Alpes – Goiânia - GO- CEP: 74.310-290 - Brasil - Tel: (62) 9637-0761 - e-mail: divinolazaro@saneago.com.br.

RESUMO

Frente à demanda crescente por maiores volumes de água potável pela população, e a constatação de que a qualidade desse líquido precioso é facilmente degradada, vê-se como inaceitável que grande parte do mesmo seja perdida antes de chegar ao consumidor final em decorrência de vazamentos na rede de distribuição. Dentre as tecnologias utilizadas para o combate aos grandes índices de perdas, que podem chegar a 70% em algumas localidades, está a instalação de válvulas redutoras de pressão - VRPs em pontos específicos da rede de distribuição de água, com o propósito de reduzir a pressão no interior das tubulações e, em consequência, reduzir a incidência de vazamentos. Assim, esta pesquisa tem por objetivo avaliar a incidência de vazamentos ocorrida antes e após a instalação de VRPs em dois bairros da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás. A metodologia utilizada baseou-se na análise de dados gerados em relatórios sobre as ocorrências de vazamentos por bairro emitidos pelo Sistema Integrado de Prestação de Serviços e Atendimento ao Público - SIPSAP. Este trabalho conclui que existe uma significativa redução dos índices de vazamentos em decorrência da instalação de tais dispositivos, conforme a constatação da redução de 37,14% e 49,29% dos serviços executados com correção de vazamentos de água potável na rede de distribuição nos dois setores avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Modulação de redes de distribuição de água – RDA, Redução de vazamentos de água tratada, Controles estatísticos.

INTRODUÇÃO

Diante da demanda crescente por água potável nas comunidades urbanas, atualmente não é mais suficiente apenas ampliar os sistemas de tratamento e distribuição de água, uma vez que estes sistemas dependem de um recurso finito e cada vez mais escasso. Este recurso, água, possui características físicas, químicas e biológicas que podem ser degradadas tornando economicamente inviável os processos de tratamento, reserva e distribuição e de certa forma, fazendo com que os sistemas se tornem limitados. Sendo assim, é necessário investir na eficiência dos sistemas de abastecimento de água para que não ocorram perdas de água tratada, as quais diminuem a oferta diante de uma demanda crescente por este recurso.

Conforme dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (2010) o valor médio das perdas de faturamento nas companhias de abastecimento de água brasileiras são em média 37,4%, sendo que em algumas companhias pode ser superior a 70%. Esta perda de faturamento é provocada em grande parte por perdas de água durante o processo de tratamento e distribuição. Para Morais et al. (2010) no Brasil em média de cada dez litros de água produzidos, quatro não são faturados ou não chegam aos consumidores finais.

Colombo e Karney (2002) apontam que os vazamentos são os principais componentes das águas não faturadas, constituindo as perdas reais. Este tipo de defeito são os responsáveis pela depleção de recursos naturais, pois

para compensar a demanda, muitas vezes, é necessário explorar ou ampliar as captações de água, resultando em maiores impactos ambientais. Também, conforme os mesmos autores, esses vazamentos podem comprometer a qualidade da água da rede de distribuição ao se constituir em um vetor de entrada de águas poluídas do subsolo para dentro da tubulação, colocando em risco a saúde pública.

Atualmente muitas concessionárias vêm emprenhando esforços para redução do volume de perdas dos sistemas de abastecimento. Este empenho decorre-se do desejo em limitar a perda de receita decorrente das perdas de água. Para tanto, muitas pesquisas relacionadas ao tema têm tradicionalmente focalizado a quantificação da água perdida e a detecção de vazamentos. Conforme Araujo e Coelho (2006) muitos estudos como os desenvolvidos por Jowitt e Xu (1990); Vitkovsky et al. (2000), Alonso et al. (2000), e Ulanicka et al. (2001), apud Araújo et al. (2006), têm demonstrado que os vazamentos em uma tubulação estão relacionados proporcionalmente com a pressão exercida na rede. Se a pressão aumenta, o volume de água perdida também aumenta.

Para Thornton et al. (2005) a redução de pressão é uma ferramenta eficiente no controle sustentável das perdas reais (vazamentos). Os autores afirmam ainda que o gerenciamento de pressões é um elemento de destaque numa estratégia para o controle de vazamento e que a redução da pressão é a maneira mais simples e mais imediata para a redução de vazamentos.

Para reduzir a pressão nas redes de distribuição de água tem sido utilizadas válvulas redutoras de pressão (VRPs) em parte do sistema de abastecimento que concentra o maior número de vazamento. As VRPs são equipamentos para o controle de perdas e sua utilização baseia-se em constatações de que o número de arrebentamentos e a frequência de ocorrência de vazamentos tem uma relação direta com níveis altos de surtos de pressão nas redes de distribuição.

Pesquisas desenvolvidas atualmente buscam identificar, através da calibração e otimização das redes de distribuição de água (RDA), os pontos críticos do sistema que necessitam de instalação de VRPs, visando que as mesmas contribuam para um maior controle da pressão nas RDA. Todavia, poucos estudos tem se preocupado em demonstrar os efetivos resultados provenientes da instalação de VRPs. Portanto, um estudo que quantifique os benefícios e eficiência das VRPs na diminuição da ocorrência de vazamentos, torna-se de grande utilidade e benefício para orientar as companhias de saneamento nos esforços a serem desenvolvidos visando o combate ao desperdício de água tratada.

Diante de tais premissas, o presente estudo pretende avaliar a redução da incidência de vazamentos ocorridos em Rede de Distribuição de Água – RDA em decorrência da instalação de válvulas redutoras de pressão – VRPs em dois distritos de distribuição da cidade de Goiânia, o Setor Campinas e o Setor Curitiba I, nos quais foram instaladas VRPs. Espera-se dessa forma comprovar que a instalação de VRPs é uma alternativa eficiente para redução do número de vazamentos que ocorrem na rede.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Relação entre Pressão e Vazamentos

Existem diversos fatores que contribuem para o aparecimento de vazamentos nas redes de distribuição de água. Conforme afirma Farley (2003) os seguintes fatores sobressaem: as características do solo; a baixa qualidade dos materiais usados nas construções das redes; a tensão provocada pelo tráfego de veículos; o movimento do solo; a distribuição de pressão na rede; o estado e a idade da tubulação; e os transientes hidráulicos.

Para que as medidas que visam o controle de perdas sejam eficientes é necessário o conhecimento dos tipos de perdas e os fatores que contribuem para a ocorrência de cada uma. Segundo Gonçalves et al. (2007), conceitualmente existem dois tipos de perdas, as perdas reais e as perdas aparentes. “Perdas reais” correspondem a toda água produzida que não chega até o consumidor final. Este tipo de perda está relacionado às perdas por vazamentos e às perdas operacionais. Já as “perdas aparentes” referem-se a toda água produzida que não é medida ou que não é faturada. Fanner (2004) indica que as perdas reais não podem ser eliminadas completamente e define o conceito de Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) como sendo o mínimo volume anual de perdas reais que é tecnicamente factível de ser atingido em um sistema adequadamente mantido e gerenciado.

Conforme aponta Soares e Reis (2008) em uma rede de distribuição de água, os vazamentos e as demandas dependem dos níveis de pressão atuantes, bem como da variação de tais níveis no tempo e no espaço. Portanto, para os autores sobreditos, as influências provocadas pela pressão na demanda e no nível de vazamento de uma rede, necessitam ser devidamente controlado durante a operação do sistema. Isto pode ser realizado por meio de alguns mecanismos, tais como: a) controle dos níveis de reservatórios; b) controle das bombas e, sobretudo, pela c) implantação e operação de válvulas redutoras de pressão (VRPs).

Uma ferramenta de grande importância que vem sendo utilizada na operação, no controle e na definição de pontos onde é necessária a instalação de VRPs em um sistema de abastecimento de água são os modelos computacionais. A AWWA (2005) aponta que a modelagem de sistemas de distribuição envolve o uso de modelos computacionais com o objetivo de conhecer o comportamento e prever uma grande variedade de problemas dentre eles a identificação de vazamentos e excesso de pressão na rede.

Estudos realizados por meio de modelos de simulação têm demonstrado que os vazamentos em uma tubulação, a partir de fraturas ou orifícios, estão relacionados proporcionalmente com a pressão de água. Se a pressão aumenta, o volume de água perdida também aumenta. Além disso, os incrementos de pressão afetam diretamente o número de rupturas que ocorrem nos sistemas de distribuição (PÉREZ, 2008).

Germanopoulos e Jowitt (apud SOARES, 2003) empregam explicitamente as perdas por vazamento no modelo a partir de relações pré-estabelecidas dos parâmetros “pressão” x “vazamento”. Esses autores por meio da simulação incorporam nas equações de continuidade a função de relacionamento pressão nos nós e perda por vazamentos no sentido de se obter uma determinação real dos efeitos do controle de pressão sobre as perdas por vazamentos. Por meio da programação linear e não linear através do modelo de simulação busca-se a minimização do excesso de pressão nos nós até que sejam determinados o conjunto de aberturas ótimas das válvulas de controle de pressão e as correspondentes energias e vazões da rede. Assim, benefícios tais como redução no desperdício de água e redução de rompimento de tubulações, são também identificados.

Covas (1998) menciona que as pressões elevadas na rede tornam o sistema suscetível à ocorrência de vazamentos bem como a frequentes rupturas por fadiga do material das tubulações e acessórios. A taxa de vazamento aumenta proporcionalmente com o incremento da pressão média de serviço. Portanto, conforme conclui Jowitt e Xu (1990) uma diminuição das altas pressões de serviços resulta em diminuições consideráveis de vazamentos.

Para Soares et al. (2004) a quantificação dos vazamento distribuídos ao longo da rede pode ser feita por meio da inclusão de modelos “pressão” x “vazamento” em análises hidráulicas, sendo necessário inicialmente conhecer os parâmetros do modelo, e as relações entre a pressão e a demanda.

Gonçalves et al. (2007) afirmam que pesquisadores admitem que existe uma estreita relação entre a pressão média na rede e a vazão do vazamento. Esta relação foi teorizada como sendo expressa pela seguinte equação:

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)N_1, \text{ onde:}$$

- Q_1 = Volume do vazamento final em m^3/dia ;
- Q_0 = Volume do vazamento inicial em m^3/dia ;
- P_1 = Pressão final em mca;
- P_0 = Pressão inicial em mca;
- N_1 = Coeficiente da relação “pressão” x “vazamento”.

Os valores usuais de N_1 são: a) 0,5 para a seção do tubo que não se altera com o vazamento; b) 1,00 para uma avaliação simplificada; c) 1,15 para condições gerais da rede de distribuição de água de um setor, onde se misturam os materiais; d) 1,5 para seção do tubo que se altera com o vazamento.

Válvulas Redutoras de Pressão

Segundo Farley e Trow (2003), a pressão normalmente é o segundo fator mais importante na determinação dos níveis de vazamentos, precedido pelas condições da infraestrutura. No entanto, o controle de pressões é mais efetivo do ponto de vista econômico do que a gestão da infraestrutura. Os autores enumeram os benefícios do controle das pressões, quais sejam: a) redução dos vazamentos; b) diminuição de certos tipos de consumo relacionado com a pressão, como aqueles realizados por dispositivos conectados diretamente às tubulações de

serviços; c) diminuição da frequência das rupturas; d) provisão de atendimento mais constante aos usuários; e) incremento da capacidade de combate contra incêndios; f) proteção de acessórios a longo prazo.

Araujo et al. (2006) apontam que os trabalhos desenvolvidos por Jowitt e Xu (1990); Reis et al. (1997), apud Soares et al. (2004); Kalanithy e Lambers (1998); Tucciarelli et al. (1999), apud Soares et al. (2004); Reai e Chadhry (1999) e Ulanicka et al. (2001) demonstram que a melhor solução utilizada na redução de pressões nas redes de distribuição de água deve incluir o uso de elementos que provocam perdas de carga (pressão) tais como o uso de válvulas de redução de pressão.

O controle de pressão por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) apresenta-se como uma das ferramentas mais importantes no controle e redução de perdas, sendo recomendado o seu uso nos sistemas de abastecimento de água, na medida do necessário. Este controle deve assegurar as pressões mínimas e máximas permitidas para os consumidores finais, isto é, as pressões estáticas e dinâmicas que obedecem a limites prefixados.

Em São Paulo foi desenvolvido um trabalho específico para avaliar a eficiência na redução do consumo por residências após a instalação de VRPs por Galvão (2007). Esta pesquisa teve como objetivo principal investigar na região metropolitana de São Paulo, o efeito da redução de pressão em rede de distribuição de água, provocada pela instalação de válvulas redutoras de pressão VRPs, no consumo médio total medido em ligações de água. As ligações de água estavam submetidas à influência das VRPs. O trabalho avaliou os consumos, antes e depois da instalação de VRPs, com a correspondente redução da pressão, em áreas controladas por VRP e em áreas testemunha, as quais não sofreram influência da redução de pressão.

A pesquisa concluiu que os resultados obtidos evidenciaram que houve uma tendência da redução no consumo de algumas áreas, contudo essa não pode ser atribuída exclusivamente à implementação das VRPs, devido à pequena variação do consumo e a influência de outros fatores como condições climáticas e econômicas que podem provocar mudanças nos padrões de consumo.

A justificativa para a não influência na redução do consumo nas áreas em que houve diminuição da pressão é a existência de reservatórios residenciais, os quais absorvem a redução da pressão na rede de distribuição e mantém a pressão normal nos usos após o reservatório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme já descrito nesse artigo o objetivo da pesquisa foi de avaliar a eficiência das VRPs na diminuição dos incidentes de vazamentos atendidos pela concessionária de água responsável pela operação e manutenção da RDA em decorrência da instalação VRPs em dois bairros de Goiânia – Setor Campinas e Setor Curitiba I, nos quais foram instalados esses equipamentos. Para atingir o objetivo foram desenvolvidas as etapas descritas a seguir.

Etapa I - Identificar os setores de Goiânia onde foram implantadas VRPs: A primeira etapa do trabalho foi identificar em quais setores foram instaladas VRPs visando à redução da pressão na rede de distribuição. As informações foram obtidas junto ao Distrito Norte e ao Distrito Centro (Gerências regionais de negócios) da concessionária de água responsável pela operação e manutenção dos respectivos setores dos sistemas de abastecimento.

Etapa II - Selecionar e caracterizar os setores onde implantaram VRPs: Após levantar os setores da rede de distribuição de água que possuem VRPs instaladas, foram selecionados dois para este estudo. Os mesmos foram caracterizados e obtidas as informações junto aos responsáveis pelos serviços de manutenção e monitoramento dos setores de redes com dados referentes aos padrões de pressão antes da instalação e após a instalação das VRPs.

Etapa III - Levantar o número de serviços para reparação de vazamentos: Após a seleção, identificação e caracterização dos setores que receberam VRPs, foi levantado o número de ocorrências de serviços de reparação de vazamentos. Esse número indica a quantidade de incidência de vazamentos na rede constituindo em um indicador para avaliar a eficiência da VRPs no controle de vazamentos. A escolha desse índice foi devido à inexistência de outros valores que quantifique o volume perdido por vazamento nos trechos

avaliados. Para o Setor Campinas existe ainda a previsão da instalação de dois macromedidores que possibilitará a quantificação das perdas reais no setor.

As solicitações de correção de vazamentos no ramal de alimentação predial, no cavalete e rede de distribuição de água tratada, dentre outros serviços, são encaminhadas aos distritos de manutenção onde um distribuidor faz uma avaliação dos atendimentos a serem executados. Posteriormente realiza-se uma classificação e programação de acordo com o grau de prioridade e prazos pré-estabelecidos para execução pelas equipes de manutenção que compõem o Sistema Integrado de Prestação de Serviços e Atendimento ao Público – SIPSAP.

As informações inseridas no banco de dados corporativo também geram relatórios estatísticos dos serviços realizados, como por exemplo: resumo de serviços executados por distrito – RS330; relatório local e causa de vazamentos por bairro – RS384; relatório de serviços executados de água – RS344 e relatório controle de vazamentos por bairro – RS382 dentre outros.

Assim, a incidência de vazamentos foi obtida por meio do Relatório Controle de Vazamentos por Bairro (RS382) emitido pelo SIPSAP da concessionária responsável pela operação e manutenção das redes nos setores avaliados na cidade de Goiânia, Goiás.

Etapa IV - Analisar os resultados: Após percorrer todas as etapas descritas anteriormente e de posse dos dados obtidos, os mesmos, foram analisados através do número médio de incidência de vazamentos antes e após a instalação das VRPs. Esses valores foram comparados e serviram para indicar a eficiência das VRPs. Após a análise foram apresentados os resultados e as conclusões obtidas por meio dos estudos realizados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Goiânia conta com quatro Gerências Regionais de Negócios (Gerência de Negócios Centro, Gerência de Negócios Leste, Gerência de Negócios Norte e Gerência de Negócios Oeste) as quais são responsáveis pela operação e manutenção das redes de distribuição de água dos setores do município. Existia nestes distritos até o mês 09/2011 um total de 221 VRPs instaladas. Junto ao distrito Norte foram selecionados dois setores onde foram instaladas VRPs – Setor Campinas, Setor Curitiba I. A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos em cada setor.

Setor Campinas

O setor de Campinas faz parte da Gerência de Negócios Norte, possui 4.349 ligações de água. Nesse setor foram instaladas três VRPs, no ano de 2010 visando à redução da pressão na rede com a consequentemente redução do número de incidentes de vazamentos. Foram realizadas medições de pressão após a instalação desses equipamentos, as pressões nominais na rede no local de instalação foram as seguintes:

Tabela 1: Valores auferidos após instalação das VRPs do Setor Campinas

VRP	Pressões (mca)		
	Montante	Jusante	Diferencial
VRP 01	65	30	35
VRP 02	70	30	40
VRP 03	70	25	45

A partir da caracterização do setor temos os valores de incidência de vazamentos apresentados no gráfico abaixo. Pode-se observar que a partir do mês de maio 2010, período que foram instaladas as VRPs no setor de Campinas, houve um grande declínio do número de vazamentos na rede do setor de Campinas.

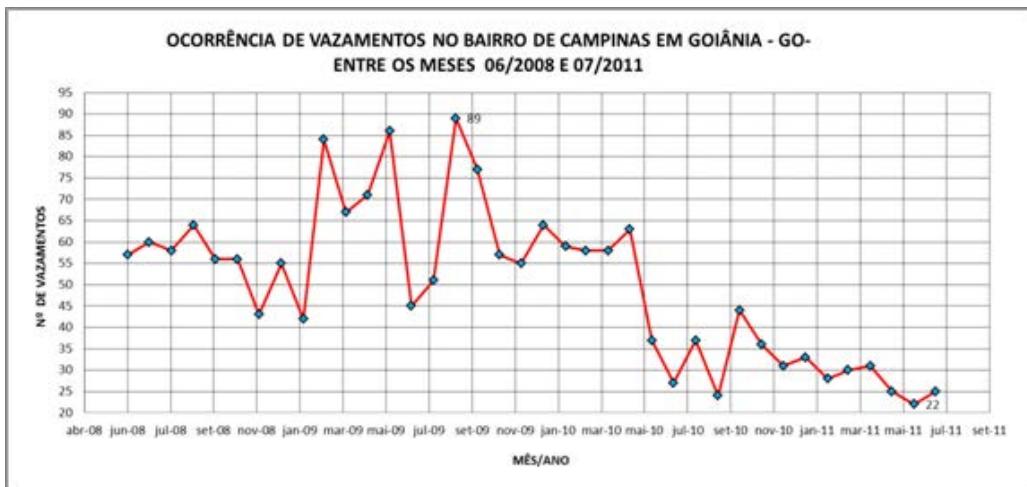


Figura 1: Ocorrência de vazamentos no Setor Campinas entre 06/2008 e 07/2011.

A média geral de incidência de vazamentos no sistema antes da instalação das VRPs no Setor Campinas, durante o período em estudo foi de 60,48, com um mínimo de 37 ocorrências e máximo de 89. Enquanto que após a instalação do dispositivo de controle pressão essa média geral caiu para 30,67 intervenções, o que representou uma redução de 49,29% no número geral de serviços executados na eliminação dos vazamentos, o valor mínimo de incidência de vazamentos foi de 22 e o máximo de 44.

Conforme apresentado anteriormente a incidência de vazamento na rede é dividida três tipos: a) na rede de distribuição propriamente dita; b) no ramal de derivação, que faz a conexão da rede à entrada do usuário, e c) no kit cavalete, onde é instalado o medidor. A Figura 2 apresenta o gráfico de distribuição dos tipos de vazamento na RDA no Setor Campinas.

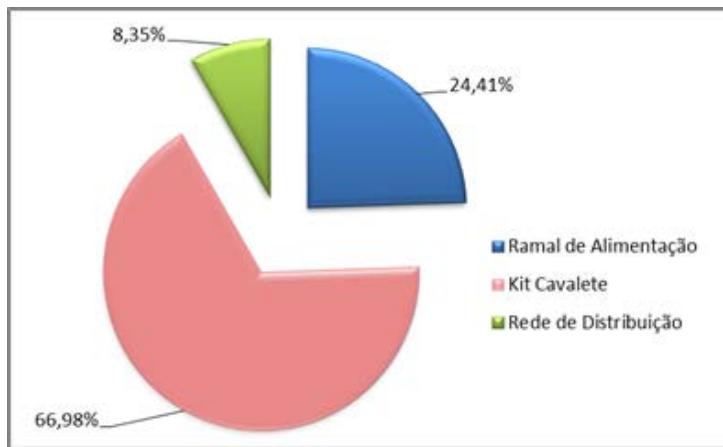


Figura 2: Distribuição dos tipos de vazamentos na RDA no Setor Campinas.

Pode-se verificar, visualizando inicialmente a Figura 2 e posteriormente na Figura 3, a afirmação de Tavares (2001) que os vazamentos são predominantes no kit cavalete e nos ramais. Verifica-se também que com a redução da pressão em toda a RDA, as incidências de vazamentos nos cavaletes são reduzidas, sendo que antes da instalação da VRP tinha-se em média 40,76 ocorrências e depois de instalada reduziu para 19,75 ocorrências, o que representou uma redução percentual de 51,55% ocorrências, o que pode ser observado pela Figura 3 – Gráfico da discretização de ocorrências de vazamentos.

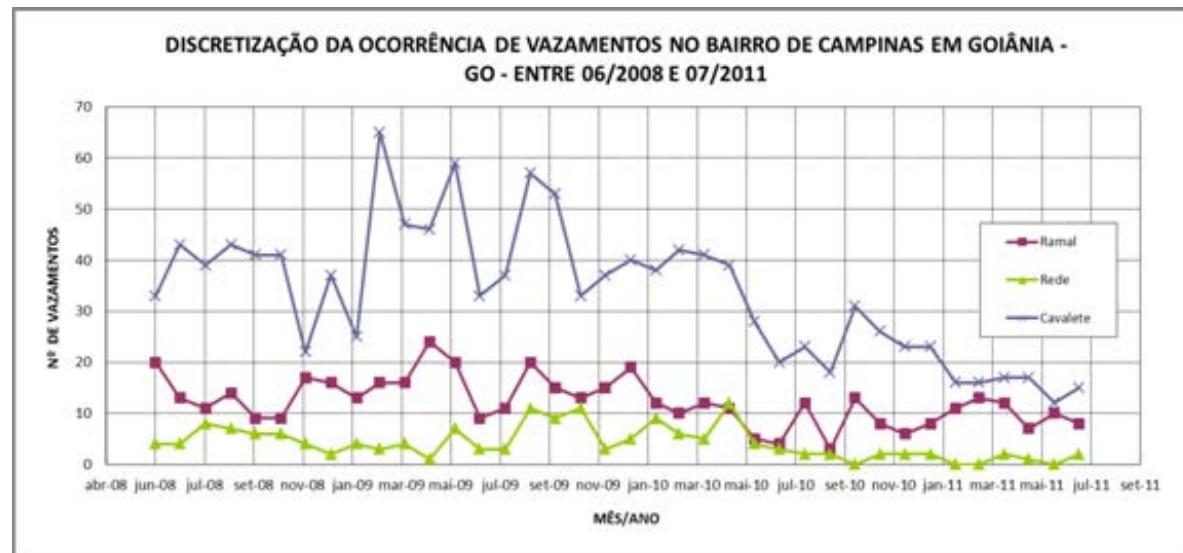


Figura 3: Discretização da ocorrência de vazamentos no Setor Campinas.

Setor Jardim Curitiba I

O Setor Jardim Curitiba I, que também faz parte da Gerência de Negócios Norte, possui 1.100 ligações de água na RDA. Nesse setor foi instalada somente uma VRP de 50mm, em uma tubulação de 100mm, no dia 15 do mês de maio de 2011, visando à redução da pressão na rede e consequentemente a redução do número de incidentes de vazamentos. A mesma só passou a operar no mês de junho do mesmo ano. Conforme medição de pressão realizada no ponto de instalação da VRP, após a instalação desse equipamento as pressões nominais na rede medida foram de:

Tabela 2: Valores auferidos após instalação das VRPs do Setor Jardim Curitiba I

VRP	Pressões (mca)		
	Montante	Jusante	Diferencial
VRP 01	55	20	35

A partir da caracterização do setor temos os valores de incidência de vazamentos apresentados na Figura 4 - Gráfico de ocorrência de vazamentos no Setor Curitiba I no período de 07/2010 a 03/2012. Pode-se observar que a partir do mês de junho de 2011, período que foi instalado a VRP no setor, houve um decréscimo no número de vazamentos na rede do Setor de Curitiba I.

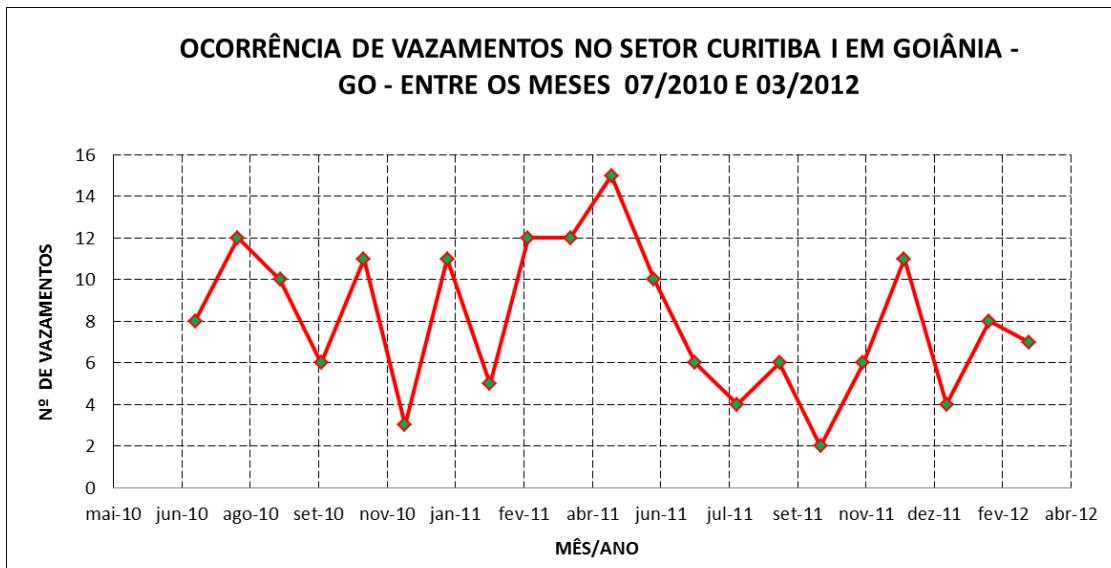


Figura 4: Ocorrência de vazamentos no Setor de Curitiba I entre 07/2010 e 03/2012.

A média geral de incidência de vazamentos no sistema antes da instalação da VRP, durante o período em estudo, foi de 9,58 por mês, com mínimo de 3 e máximo 15 ocorrências mensais. Enquanto que após a instalação do dispositivo de controle de pressão essa média geral caiu para seis intervenções o que representou uma redução de 37,14% no número geral de serviços executados na eliminação dos vazamentos. A quantidade mínima de vazamentos foi de dois e o máximo de onze ocorrências.

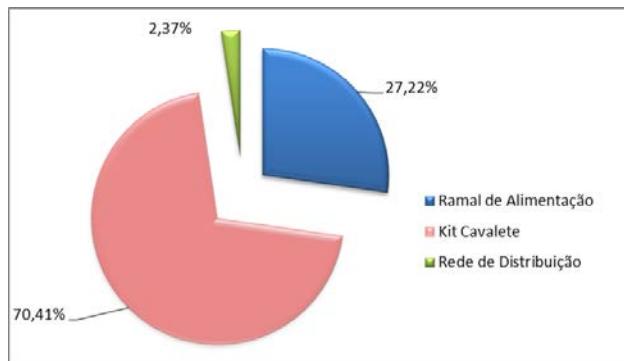


Figura 5: Ocorrência de vazamentos no Setor de Curitiba I entre 07/2010 e 03/2012.

CONCLUSÕES

Os setores avaliados nesta pesquisa possuem características distintas, em relação à idade da rede, o material utilizado e o número de ligações. Consequentemente, pode-se observar que o setor de Campinas que possui a rede mais antiga, maior número de ligações e diferentes tipos de materiais possui a maior incidência de vazamentos. Observou-se no entanto que com a instalação das VRPs neste setor a redução percentual de ocorrências de vazamento foi maior que a observada no setor Curitiba I.

Nos dois casos estudados, setores Campinas e Curitiba I, comprovou-se que ocorreu uma maior incidência de vazamentos nos cavaletes seguida pelo ramal de alimentação predial. Nas redes esse número não foi tão significativo, entretanto, o volume de água perdido nos casos em que ocorrem vazamentos em redes é maior que nos equipamentos anteriores, devido à maior vazão transportada. Devido à ausência de dados de tempo do vazamento e vazão associada aos vazamentos, não foi possível fazer avaliação em termos de volumes perdidos.

A pesquisa sobre as incidências de vazamentos no setor Campinas foi empreendida entre junho/2008 e julho/2011. O SIPSAP registrou neste período um total de 1.905 ocorrências de vazamentos que foram retirados dos ramais de alimentação prediais, dos kits cavaletes e da rede de distribuição de água. Já no Setor Curitiba I o tempo avaliado foi menor, compreendendo o período de 06/2010 a março/2012, período em que o SIPSAP registrou a ocorrência de 169 vazamentos nos diversos tipos de equipamentos (rede/cavalete/ramal).

A eficiência da instalação de VRPs para o combate a perdas de água em RDA foi evidente nesta pesquisa pela significativa redução das ocorrências de serviços gerados e registrados pelo SIPSAP. No caso do bairro Campinas esta redução chegou a 49,29% e no setor Curitiba I chegou a 37,14% da ocorrência de vazamentos.

É preciso ressaltar que, embora exista um resultado expressivo com a instalação de tais dispositivos, os mesmos requerem programação de manutenções periódicas e a falta dessas manutenções pode comprometer o desempenho dos equipamentos ocasionando, provavelmente, um retorno aos elevados números de incidência de vazamentos.

Os autores gostariam de agradecer à concessionária de saneamento básico em Goiás pelo fornecimento dos dados estatísticos que possibilitaram a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, L.; Ramos, H.; COELHO, S. Pressure control for leakage minimization in water distribution systems management. *Water Resources Management*, Springer, v. 20, pg. 133-149. 2006.
2. COLOMBO, A. F. and KARNEY, B. W. Energy and costs of leaky pipes: Toward comprehensive Picture. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 128, Nº. 6, November 1, pp. 441-450, 2002.
3. COLOMBO, F. *Calibração de Modelos Hidráulicos de Redes de Abastecimento de Água de Sistemas Reais Admitindo Vazamentos*. São Carlos, SP: Universidade de São Paulo, 2007.
4. FANNER, P. Assessing real water losses: A practical approach. *Water 21*, IWA Task Force, n. 6, pg. 49-50, 2004.
5. FARLEY, M.; TROW, S. *Losses in Water Distribution Networks: a practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. 1^a Ed. London: IWA Publishing, 2003.
6. FARLEY, M. *Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual*. WHO, Operation and Maintenance Network of the Water Supply and Sanitation Collaborative Council, Reino Unido, 2001.
7. GONÇALVES, Elton; ITONAGA, Luiz Carlos Hiroyiki. *Curso de Perdas em Redes de Distribuição de Água: nível 3* Brasília: ReCESA 2007.
8. JOWITT, P. W.; XU, C. Optimal valve control in water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, v. 116, n. 4, pg. 455-472, 1990.
9. MORAIS, D. C., & ALMEIDA, A. T. *Modelo de Decisão em Grupo para Gerenciar Perdas de Água*. Pesquisa Operacional, p. 567-584, 2006.
10. MORAIS, D. C., CAVALCANTE, C. A., & ALMEIDA, A. T. *Priorização de Áreas de Controle de Perdas em Redes de Distribuição de Água*. Pesquisa Operacional, p. 15-32, 2010.
11. OBRADOVIĆ, D. *Modelling of Demand and Losses in Real-Life Water Distribution Systems*. Elsevier Science Ltd, p. 131-139, 2000.
12. OLIVEIRA, L. H. *Metodologia para a Implantação de Programa de Uso Racional de Água em Edifícios*. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 1999.
13. PÉREZ, A. M. *Estudo Ótimo da Localização de Válvulas Redutoras de Pressão em Sistemas de Distribuição de Água Considerando Objetivos Múltiplos*. UFMS, p. 180, 2008.
14. RAMOS, L. S., & COELHO, S. T. *Pressure Control for Leakage Minimization in Water Distribution Systems Management*. *Water Resources Management*, p. 133-149, 2006.
15. SANTOS, R. B. *Perdas de Água no Sistema de Distribuição para Abastecimento Público*. São Paulo, SP: Universidade Anhaem Morumbi, 2008.
16. SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2008*. Brasília: MCIDADES, SNSA, 2010.
17. SOARES, A. K. *Calibração e Detecção de Vazamentos em Modelos de Sistemas Hidráulicos no Escoamento Transitório*. São Carlos, SP: Universidade de São Paulo, 2007
18. SOARES, A. K. *Calibração de Modelos de Redes de Distribuição de Água para Abastecimento Considerando Vazamentos e Demandas Dirigidas pela Pressão*. Dissertação, UFSCAR, 2003 pg. 178, 2003.
19. SOARES, A. K., CHEUNG, P. B., REIS, L. F., & SANDIM, M. P. *Avaliação de Perdas Físicas de um Setor da Rede de Abastecimento de Água de Campo Grande - MS Via Modelo Inverso*. Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 312-321, 2004.
20. SOARES A. K.; REIS L. F. R. *Modelo Híbrido MOC-EPANET para Análise Hidráulica de Sistemas de Distribuição de Água – Parte 2: Simulações Numéricas*. Pesquisa e Tecnologia Minerva. Volume 5, Número 3, pg. 287-295, - setembro a dezembro, 2008.
21. TABESH, M., YEKTA, A. H., & BURROWS, R. *An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems*. *Water Resources Management*, p. 477-492, 2009.
22. TAVARES, M. A. *Estudo para Instalação de Válvulas Redutoras de Pressões Através de Mapa Digital de Pressões Estáticas no Sistema de Distribuição de Água da Região Metropolitana de Goiânia*, 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2001.
23. THORNTON, J; LAMBERT, A. O. *Progress in practical prediction of pressure: leakage pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships*. *Leakage 2005 Specialized Conference – Conference Proceedings*. Halifax: IWA, 2005.