

XXIII Encontro Técnico AESABESP

VRP Reduz Faturamento? Avaliação da Influência da Redução da Pressão de Distribuição, no Consumo Médio de Água, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs).

José Ricardo Bueno Galvão⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie e Mestre em Engenharia Hidráulica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, possui especialização em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo e especialização em Gerenciamento de Controle de Perdas pelo Nagoya City Waterworks and Sewerage Bureau - Japão. Atua como Engenheiro na Divisão de Controle de Perdas Centro, da Sabesp.

Kamel Zahed Filho

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atua como Engenheiro na Divisão de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Operacional da Produção, na Sabesp.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dona Antonia de Queirós, 218 - Consolação - São Paulo - SP - CEP: 01307-010 - Brasil -
Tel: +55 (11) 3138-5464 - Fax: +55 (11) 3214-3843 - e-mail: jricardo@sabesp.com.br.

RESUMO

O presente trabalho investiga o efeito da redução de pressão, provocada pela instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs), no consumo médio total medido em ligações de água, localizadas em áreas sob influência daquele equipamento. Para se avaliar a possível redução de consumo, foi desenvolvida uma metodologia estatística, baseada em critérios de filtragem de dados de amostra e em testes paramétricos de hipóteses. O estudo de caso foi feito na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), utilizando sistema de informações geográficas (SIG), que permitiu o relacionamento de limites geográficos, com informações de consumo, através da integração com um sistema de informações comerciais, onde foi possível a obtenção de dados de consumo das ligações de água. Foram comparados os consumos, antes e depois da implementação de VRPs, em áreas controladas por VRP e em áreas testemunha (sem influência da redução de pressão), através da realização de testes paramétricos de hipóteses. Foram, ainda, comparadas a variação no consumo médio das áreas de VRP, com a variação no consumo médio das áreas testemunha. Os resultados obtidos indicam que, embora tenha ocorrido uma tendência de redução no consumo de algumas áreas pesquisadas, esta redução não pode ser atribuída à implementação das VRPs.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Água, VRP, Relação Pressão-Consumo.

INTRODUÇÃO

O uso de válvulas redutoras de pressão (VRPs), como instrumento para redução e controle de perdas de água, em redes de distribuição, tem se intensificado, por parte das companhias que operam esse tipo de sistema.

Os objetivos principais, que justificam a instalação desse equipamento, são o de se reduzirem altas pressões, na rede de distribuição, e, principalmente, para se reduzir o volume de perdas de água, através de vazamentos.

No entanto, alguns técnicos, ligados a áreas financeiras dessas companhias, vêm levantando suspeitas sobre a possibilidade da redução de pressão, na distribuição de água, provocar, como efeito colateral, a redução no consumo médio, medido nas ligações de água de consumidores localizados nas áreas controladas por VRP.

Em busca na literatura especializada, não foram encontrados estudos específicos sobre esse tema. No entanto, no seu guia prático para controle de perdas em redes de distribuição de água, Farley e Trow (2003) afirmam que a redução de pressão, em redes de distribuição, pode reduzir alguns tipos de consumo, como os pontos que

são conectados diretamente à rede de distribuição, como torneiras, chuveiros e mangueiras de jardim. Fazem a ressalva, entretanto, de que, nos casos em que os pontos de consumo estejam conectados a um reservatório interno de água (caixa d'água), não deve ocorrer nenhum impacto devido à redução de pressão. Ressaltam que, por esse motivo, é fundamental que se conheçam as características predominantes no sistema de distribuição que se pretende avaliar os efeitos do gerenciamento de pressões no consumo. Mais adiante, Farley e Trow (2003) afirmam que, apesar da existência de caixa d'água, a redução de pressão pode provocar um impacto positivo quando se considera a torneira de bóia que controla o fluxo de água à caixa d'água. Afirmam que, em sistemas de distribuição submetidos a altas pressões, existe uma maior tendência da torneira de bóia não vedar perfeitamente o fluxo, quando a caixa d'água está cheia, aumentando o volume nesses reservatórios, entre intervalos de consumo de água. Com a redução de pressão, existe uma maior probabilidade das torneiras vedarem o fluxo com perfeição. Esse argumento é semelhante ao utilizado por Thornton (2002).

No entanto, a NBR 14534 (ABNT, 2000), afirma que as torneiras de bóia devem vedar, com perfeição, o fluxo de água, com pressões de até 1.500 kPa, equivalente a cerca de 150 mca. Como as pressões extremas, encontradas nas redes de distribuição da RMSP, são da ordem de 100 mca, o argumento utilizado para justificar tal benefício, em princípio, pode não se aplicar, no caso da RMSP. Talvez, golpes provocados por transientes hidráulicos, transmitidos à tubulação interna dos imóveis dos consumidores, possam provocar tal efeito.

Thornton (2002) faz, ainda, considerações sobre possíveis perdas de faturamento, consequência da redução de pressão no abastecimento. Afirmam que, quando se foca nas perdas de faturamento, em sistemas com alto índice de vazamentos, o gerenciamento de pressões traz, sempre, benefícios positivos, mesmo quando se confronta com possíveis perdas de receita, devidas à redução provocada no consumo. Recomenda, inclusive, que em situações em que a perda de faturamento possa ter um impacto considerável na receita, das companhias que operam o sistema de distribuição, o gerenciamento de pressões seja limitado ao período noturno, quando os consumos são mínimos e as pressões encontram-se nos seus níveis máximos. No entanto, não apresenta nenhuma fundamentação em estudos mais detalhados.

Pelo exposto, a literatura especializada enfatiza as diferenças de características entre os sistemas em que os consumidores fazem uso de caixa d'água, nas suas instalações hidráulicas, chamado de abastecimento indireto, e os sistemas chamados de abastecimento direto, como o principal fator que dita a influência, ou não, da redução da pressão de distribuição de água no nível de consumo.

Como na região onde a pesquisa foi desenvolvida, Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o abastecimento de água aos consumidores se caracteriza, no seu caso mais geral, como abastecimento indireto, deve ser feita uma série de considerações, antes que se estabeleçam as análises a serem realizadas.

Em recente estudo, contratado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), apresentado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), avaliando a submedição (registro de consumo abaixo do consumo efetivamente consumido) em hidrômetros da RMSP, numa amostra de cerca de 350 imóveis (na Zona Oeste de São Paulo), residenciais, unifamiliares, foi constatada a existência de caixa d'água em 100% dos imóveis amostrados, sendo que, nos imóveis com consumo mensal acima de 20 m³, foi constatada a existência de mais de uma caixa d'água (IPT, 2007).

O fato do abastecimento, na região do estudo de caso, ser caracterizado como indireto, é de crucial importância ao tema da pesquisa, uma vez que nesses casos, o consumo passaria a ser função da diferença de pressão estática, entre o nível de água na caixa d'água e o nível em que se encontra cada ponto de consumo, ao invés de ser influenciado pela pressão de distribuição de água, na entrada da instalação hidráulica do imóvel.

A caixa d'água apresenta forte influência, ainda, no volume de perdas por submedição em hidrômetros de consumidores, sendo de 15% o nível médio de submedição, para o parque de hidrômetros da RMSP, calculado pelo IPT no estudo mencionado, em relação ao volume efetivamente consumido, e de 17% em relação ao volume registrado pelos hidrômetros (IPT, 2007).

Em estudo apresentado em conferência especializada em controle de perdas, realizada em 2005, em Halifax - CA, Rizzo e Cilia (2005) apresentaram estudos em que, utilizando hidrômetros de alta precisão (do tipo volumétrico - classe D), chegaram a um nível médio de submedição de 6%. Submedição, essa, devida às baixas vazões permitidas pela torneira de bóia, que alimenta as caixas d'água, vazões que muitas vezes fazem com que o hidrômetro trabalhe com erros bem acima dos tolerados pela Norma (RECH, 1992).

Para melhor situar a pesquisa, é importante, ainda, que sejam apresentados outros fatores que influenciam o nível de consumo.

Tsutiya (2004) e Gomes (2004) relacionam, entre os fatores que influenciam o nível de consumo: as condições climáticas; os hábitos de consumo e nível sócio-econômico da população; a natureza da cidade (industrial, turística, dormitório, etc.); a pressão na rede; a existência de medição de consumo; e o preço da água, dentre outros.

Feitas essas considerações, o objetivo da presente pesquisa é o de verificar se o, alegado, efeito colateral das VRPs, de induzir a uma redução involuntária no consumo médio, das ligações sob influência da redução de pressão no abastecimento, pode ser constatado, num estudo de caso, com dados reais de consumo.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos da pesquisa, foi desenvolvida uma metodologia, baseada na filtragem de dados de consumo médio, em amostras, e em análises estatísticas de significância, através da realização de testes de hipóteses.

Nesse intuito, foram identificadas as seguintes etapas de análise:

I - Seleção de um conjunto de VRPs e respectivas áreas testemunha.

II - Identificação as ligações de água localizadas no interior dessas áreas.

III - Levantamento dos consumos médios, de cada uma das ligações identificadas, em datas anteriores à implementação da redução de pressão e em datas posteriores a essa implementação.

IV - Análise comparativa das médias de consumo nas ligações identificadas, na situação antes x depois, para se verificar se pode, ou não, ser confirmada variação no nível de consumo médio geral, de cada área de VRP, influenciada pela redução de pressão implementada.

V - Análise comparativa entre a variação de consumo, observada nas áreas controladas por VRP, e a variação de consumo, observada nas suas respectivas áreas testemunha.

Primeiramente, então, foram selecionadas áreas, de rede de distribuição, controladas por VRP, que tivessem operado, sem interrupções, por um período mínimo de dois anos, e que tivessem entrado em operação a menos de 57 meses, devidas as restrições de existência de dados de consumo, no banco de dados ativo do sistema de informações comerciais da Sabesp.

Com a relação de áreas de VRP, foi utilizado um sistema de informações geográficas (SIG) para a localização e delimitação geográfica dos limites de cada área, sendo delimitadas, na mesma operação, áreas testemunha, uma para cada área de VRP, que se constituíram de áreas vizinhas à áreas de VRP, caracterizando-se por não estarem sob influência de redução na pressão de abastecimento.

Nas figuras 1 e 2, são apresentadas duas telas do Signos, a da Figura 1, mostrando os limites de uma das áreas de VRP selecionadas, sem layers, e a da Figura 2, mostrando a mesma área, agora com o layer de arruamento.

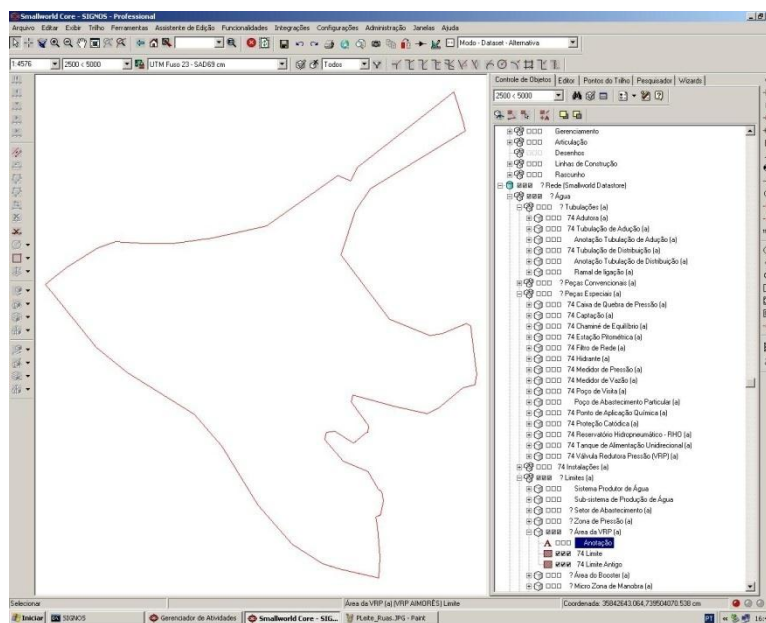


Figura 1 - Limites da área da VRP F1, sem layers (Fonte: Signos - Sabesp)
 (*) Imagem sem escala; Norte na direção vertical, para cima

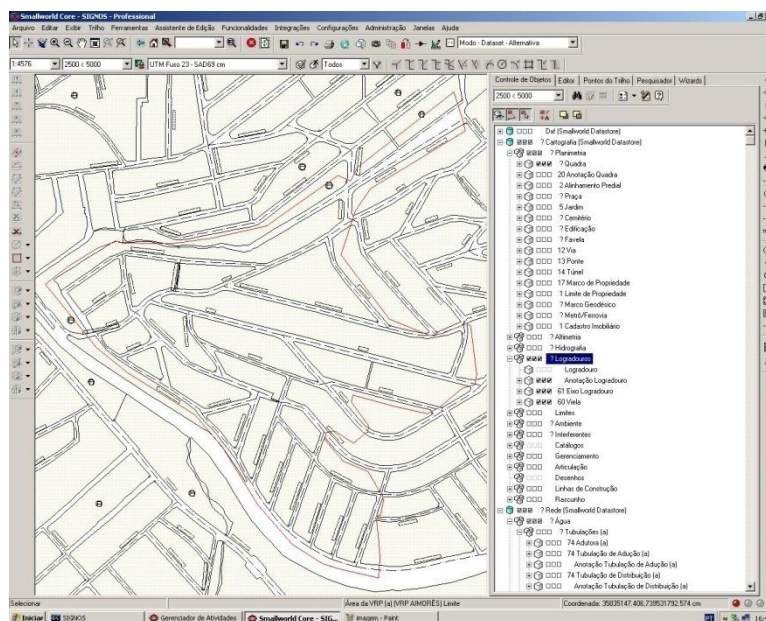


Figura 2 - Limites da área da VRP F1, com layer de arruamento (Fonte: Signos - Sabesp)
 (*) Imagem sem escala; Norte na direção vertical, para cima

Ainda, utilizando as ferramentas do Signos (Sistema de Informações Geográficas no Saneamento), o SIG desenvolvido pela Sabesp, para a RMSP, os limites de cada área selecionada (27 áreas de VRP e 27 áreas testemunha) foram relacionados com o banco de dados do sistema comercial, identificando as ligações de água localizadas no interior de cada área.

Como havia o compromisso de se omitirem dados que pudessem identificar consumidores, as áreas de VRP selecionadas foram renomeadas de F1 a F17, as áreas controladas por VRP com saída fixa de pressão, e de C1 a C10, as áreas controladas por VRP com controle automático de pressão. As áreas testemunha foram nomeadas com os mesmos índices das áreas de VRP correspondentes, seguida pela sigla Test.

No Quadro 1, é apresentada a relação de áreas VRPs e testemunhas, selecionadas:

Quadro 1 - Relação de áreas de VRP e testemunhas, selecionadas.

Nº VRP	ÁREA TESTEMUNHA	Posição na RMSP	Nº VRP	ÁREA TESTEMUNHA	Posição na RMSP
F1	M	LESTE	C1	M	CENTRO
F2	M	LESTE	C2	M	CENTRO
F3	M	OESTE	C3	M	CENTRO
F4	M	LESTE	C4	M	CENTRO
F5	A	CENTRO	C5	M	LESTE
F6	A	LESTE	C6	M	LESTE
F7	M	LESTE	C7	M	LESTE
F8	M	OESTE	C8	M	CENTRO
F9	M	OESTE	C9	M	CENTRO
F10	M	CENTRO	C10	M	CENTRO
F11	M	LESTE			
F12	M	OESTE	onde:		
F13	M	CENTRO	M: Área a Montante da área controlada pela VRP.		
F14	M	CENTRO			
F15	A	LESTE	A: Área adjacente à área controlada pela VRP.		
F16	A	LESTE			
F17	M	LESTE			

Com a relação de ligações, identificadas, cada uma, por um registro codificado, único, foi feita uma busca no banco de dados do sistema comercial, sendo levantados os consumos médios mensais, de cada uma, nas seguintes datas: v1, no mês anterior à entrada em operação das VRPs; v2, no mês posterior à entrada em operação das VRPs; v3, no mesmo mês do anterior à entrada em operação das VRPs, no ano seguinte; v4, no mesmo mês do posterior à entrada em operação das VRPs, no ano seguinte; e consumo médio nos seis meses anteriores à entrada em operação das VRPs.

O conjunto de 54 áreas foi subdividido em três grupos básicos: 1 - conjunto das áreas de VRP + áreas testemunha; 2 - conjunto das áreas de VRP; e 3 - conjunto das áreas testemunha.

Foi feita, então, uma subdivisão desses conjuntos, gerando os conjuntos: 4 - áreas controladas por VRP com saída fixa de pressão; 5 - áreas controladas por VRP com controle automático de pressão; 6 - áreas testemunha de áreas de VRP com saída fixa de pressão; e 7 - áreas testemunha de áreas controladas por VRP com controle automático de pressão.

Como foi constatada a presença de grande consumidores, nas áreas selecionadas para a pesquisa, que poderiam influir no resultado geral dos conjuntos de áreas, foi estabelecida mais uma subdivisão, estratificando os conjuntos 4.1 a 4.3, 5.1 a 5.3, 6.1 a 6.3 e 7.1 a 7.3, pelo número de economias (unidades de consumo de serviços de saneamento) por ligação, lembrando que, em condomínios, por exemplo, uma única ligação abastece diversas economias.

Dessa forma, foram avaliados, ainda, os conjuntos com até 12 economias por ligação; com até três economias por ligação; e com uma única economia por ligação.

Dos dados de consumo, organizados para cada uma das áreas e para cada configuração de análise apresentada, foi estabelecido que as comparações de diferenças de consumo (antes - depois) seriam feitas entre o consumo médio nos seis meses anteriores à implementação de cada VRP e a média dos consumos v2, v3 e v4, posteriores à implementação de cada VRP.

Estabelecidas as divisões mencionadas, resultaram 19 grupos de análise, cada um com sua respectiva série de dados de consumo, a partir da filtragem do banco de dados levantado no sistema comercial.

Na Figura 3, são apresentadas, na forma de gráfico de *box plot*, as séries de dados de diferenças de consumo (consumo antes da data de entrada em operação das VRPs - consumo depois da data de entrada em operação das VRPs), para cada uma das áreas (de VRP e testemunhas). Nesse gráfico, pode ser observado que, em algumas áreas, aparecem dados a uma distância muito grande da mediana da série, sendo necessária a identificação de *outliers*, para a sua consistência, antes das análises estatísticas de significância (testes de hipóteses).

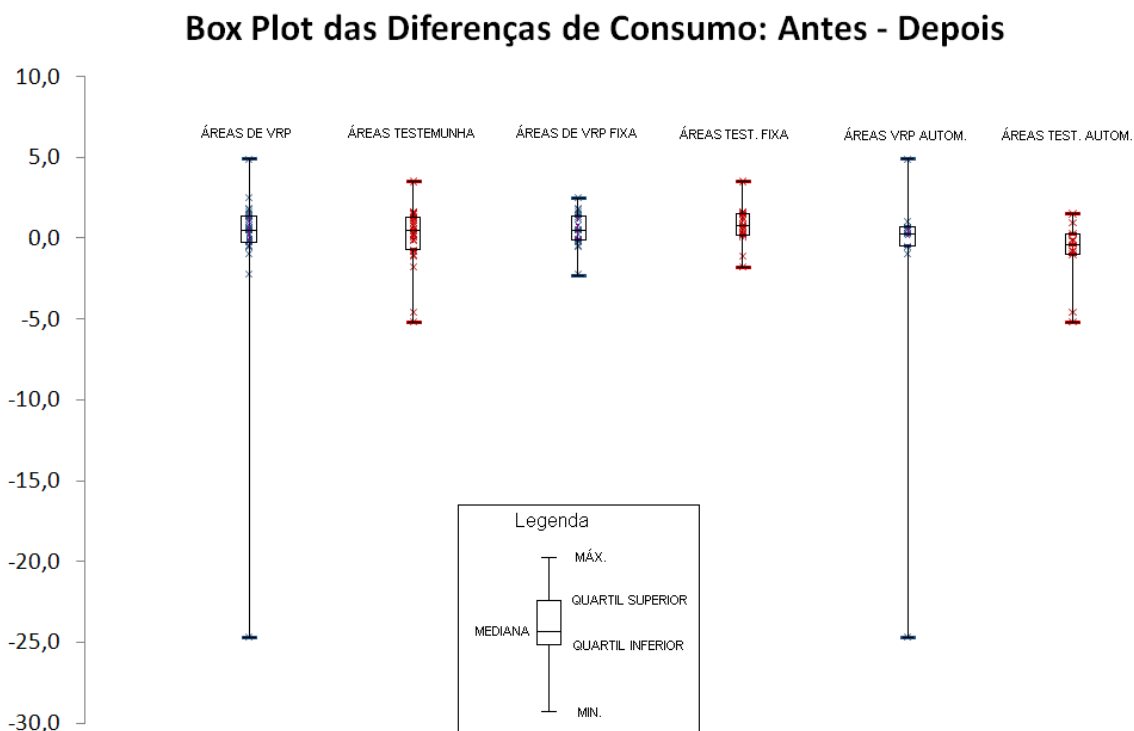


Figura 3 - Apresentação das séries de dados de diferença de consumo (antes - depois)

Dessa forma, foram feitos testes de consistência dos dados, utilizando-se a técnica de "box plot com grades", sendo considerados *outliers* e descartados das análises, de cada um dos 19 grupos, as áreas cuja diferença de média de consumo (antes - depois), se situou abaixo da grade interna inferior, do *box plot*, ou acima da sua grade interna superior.

O resultado desses testes de consistência encontram-se resumidos no Quadro 2.

Quadro 2. - Sumário dos resultados das análises de consistência (box plot)

ANÁLISE / CONJUNTO		ÁREAS DESCARTADAS	
1	Áreas de VRP + Áreas Testemunha (TEST)	VRP	C8; C10; F15
		TEST	C3; C10; F5
2	Áreas de VRP	VRP	C8; C10; F15
3	Áreas Testemunha	TEST	C3; C10; F5
5	Áreas de VRP com Controle Automático de Pressão	VRP	C8; C10
6	Áreas Testemunha de VRP com Saída Fixa de Pressão	TEST	F5; F14
6.1	Áreas Testemunha de VRP Fixa (até 12 economias por ligação)	TEST	F14
7	Áreas Testemunha de VRP - Controle Automático de Pressão	TEST	C3; C10

Nos demais conjuntos de áreas, não foram identificados outliers.

Com as séries de dados consistidas, foram feitos testes comparativos, por conjunto de área, na situação antes da implementação da VRP x depois da implementação da VRP, constituindo-se de testes de hipóteses entre pares de diferenças de médias, ou testes de t-pareado.

O resultado desses testes é apresentado, resumidamente, no Quadro 3.

Quadro 3 ó Resumo dos resultados obtidos nos testes de hipóteses

ANÁLISE		Resultados: o consumo antes x depois	Nível de Significância
1	Médias áreas de VRP + testemunha	Reduziu	1%
2	Médias áreas de VRP	Reduziu	1%
3	Médias áreas testemunha	Não Variou	5%
4	Médias áreas de VRP Saída Fixa	Não Variou	5%
4.1	VRP Fixa (até 12 economias por ligação)	Reduziu	5%
4.2	VRP Fixa (até 3 economias por ligação)	Reduziu	5%
4.3	VRP Fixa (1 economia por ligação)	Reduziu	5%
5	Médias áreas - VRP Controle Automático	Não Variou	5%
5.1	VRP Autom. (até 12 economias por ligação)	Não Variou	5%
5.2	VRP Autom. (até 3 economias por ligação)	Não Variou	5%
5.3	VRP Autom. (1 economia por ligação)	Não Variou	5%
6	Médias áreas testemunha FIXA	Reduziu	5%
6.1	A T FIXA (até 12 economias por ligação)	Reduziu	1%
6.2	A T FIXA (até 3 economias por ligação)	Reduziu	5%
6.3	A T FIXA (1 economia por ligação)	Reduziu	1%
7	Médias áreas testemunha AUTOMÁTICA	Não Variou	5%
7.1	A T AUTOM. (até 12 economias por ligação)	Não Variou	5%
7.2	A T AUTOM. (até 3 economias por ligação)	Não Variou	5%
7.3	A T AUTOM. (1 economia por ligação)	Não Variou	5%

Após as análises comparando cada conjunto de áreas na situação antes x depois da implementação das VRPs, foram feitas análises comparativas entre cada conjunto de áreas de VRP com os respectivos conjuntos de áreas testemunha.

Para essas análises, também, foram utilizados testes de hipóteses, só que, diversamente das análises antes x depois, testes de hipóteses para médias de duas amostras de populações diferentes. O resultado desses testes de comparação entre áreas de VRP x áreas testemunha, estão sumarizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resumo dos resultados dos testes de hipóteses entre consumos de áreas de VRP e consumos de áreas testemunha

ANÁLISE		Consumo nas Áreas de VRP x Testemunha	Nível de Significância
8	Testemunha x VRP Fixa	Mesma Variação	5%
8.1	Testemunha x VRP Fixa (até 12 econ./lig.)	Mesma Variação	5%
8.2	Testemunha x VRP Fixa (até 3 econ./lig.)	Mesma Variação	5%
8.3	Testemunha x VRP Fixa (1 econ./lig.)	Mesma Variação	5%
9	Testemunha x VRP Controle Automático	Mesma Variação	5%
9.1	Testemunha x VRP Autom. (até 12 econ. por ligação)	Mesma Variação	5%
9.2	Testemunha x VRP Autom. (até 3 econ. por ligação)	Mesma Variação	5%
9.3	Testemunha x VRP Autom. (1 econ. por ligação)	Mesma Variação	5%
10	Áreas Testemunha x Áreas de VRP	Mesma Variação	5%

A ÁREA DO ESTUDO

Foram selecionadas áreas reais de rede de distribuição de água, na RMSP, para se aplicar a metodologia estabelecida para se alcançar os objetivos da pesquisa.

A RMSP é formada pela Cidade de São Paulo, Capital do Estado de São Paulo, e mais 38 municípios do Estado. Na Figura 4 é apresentado o Mapa do Brasil com a indicação da localização do Estado de São Paulo e o Mapa do Estado de São Paulo, com a indicação da RMSP.

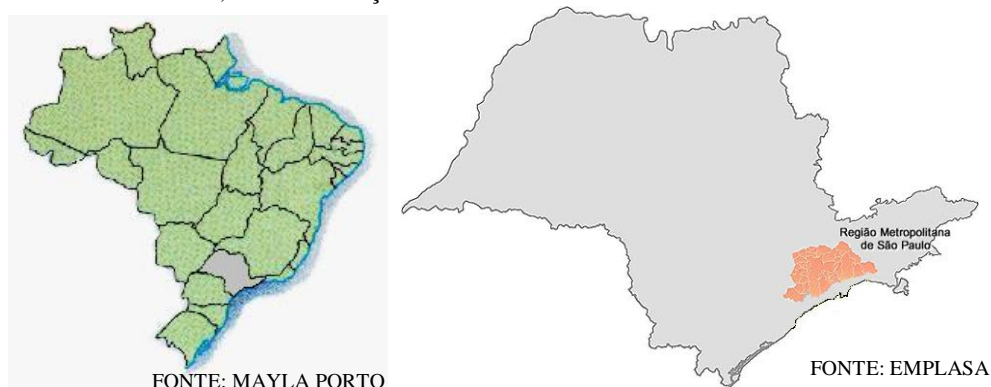


Figura 4 - Localização do Estado de São Paulo, no Mapa do Brasil, e da RMSP, no Mapa do Estado de São Paulo (adaptações nossas)

(*) mapas sem escala; Norte na direção vertical, para cima

Na Figura 5, é apresentado o mapa indicando a RMSP, com os limites dos 39 municípios que formam a Região.

Desses municípios, a Sabesp distribui água diretamente para vinte e nove, sendo exceções os municípios de: Guarulhos, Santa Isabel, Guararema, ao Norte; Mauá, São Caetano do Sul, Santo André, Diadema, São Lourenço da Serra e Juquitiba, ao Sul; e em parte do Município de Mogi das Cruzes, a Leste.



FONTE: <http://www.emsampa.com.br/page3.htm>

Figura 5 - Mapa com os municípios que formam a RMSP

(*) mapa sem escala; Norte para cima

Com uma área de 8.051 km², a RMSP possui, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma população de 19.677.506 habitantes, com base em dados de 2006.

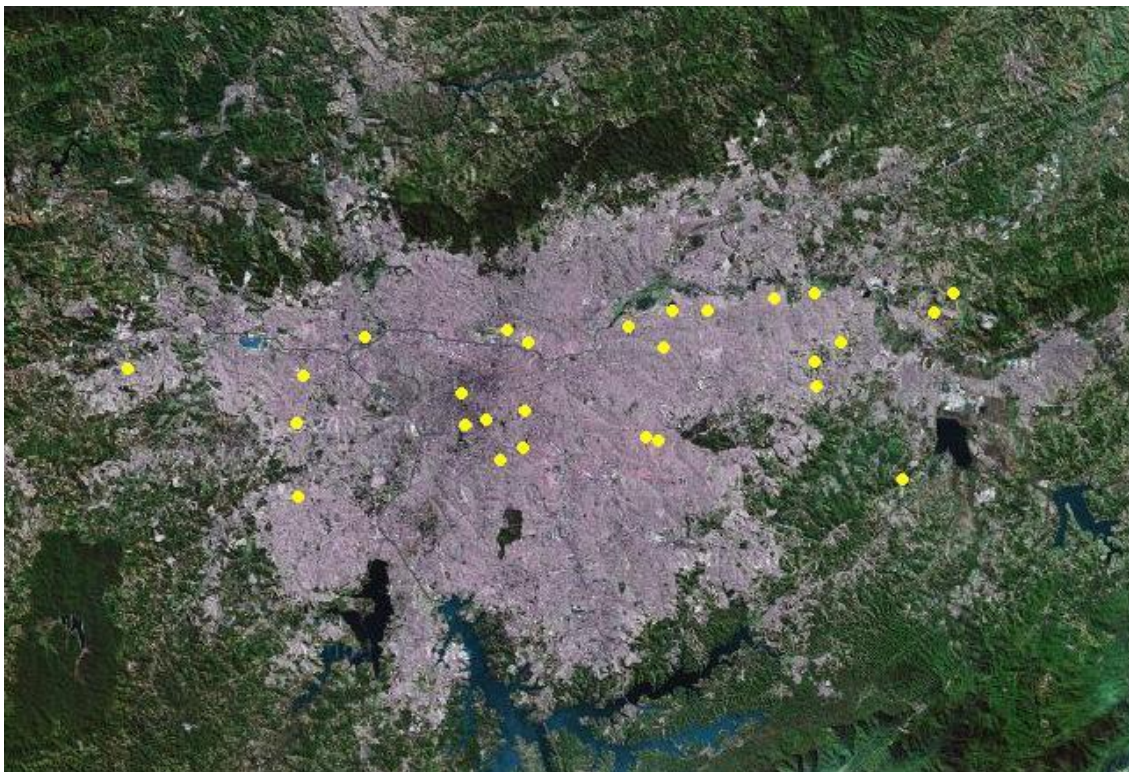
No Quadro 5, são apresentadas as principais características do abastecimento de água da RMSP, nos municípios com rede de distribuição de água operada diretamente pela Sabesp.

Quadro 5 - Características do abastecimento de água na RMSP

Rede de distribuição de água (km)	29.378
Adutoras (km)	1.085
Reservatórios (un.)	373
Capacidade de armazenamento (milhões de m ³)	1,8
Estações de Tratamento de Água (ETAs) (un.)	28
Vazão média produzida (m ³ /s)	67

FONTE: SABESP

Na Figura 6, é apresentada foto de satélite onde se vê a mancha urbana formada pela RMSP, com indicação dos pontos de localização aproximada das áreas controladas por VRP, selecionadas para a presente pesquisa.



FONTE: <http://www.google.com/maps> (Foto); Signos - Sabesp (georreferenciamento)

Figura 6 - Localização, na RMSP, das áreas de VRP em análise

(*) imagem sem escala; Norte na direção vertical, para cima

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Fazendo-se uma análise dos resultados das comparações estatísticas, realizadas através dos testes de hipóteses, são focados, inicialmente, os três grupos principais das áreas estudadas: a) conjunto formado por todas as *áreas de VRP e testemunhas*; b) conjunto formado pelas *áreas de VRP*; c) conjunto formado pelas *áreas testemunha*.

Pode-se observar:

- I. A média de consumo do conjunto formado pelas *áreas de VRP e áreas testemunha* apresentou redução, após as datas de entrada em operação das VRPs.
- II. A média de consumo do conjunto formado, apenas, pelas áreas de VRP, também apresentou redução.
- III. A média de consumo do conjunto formado, apenas, pelas áreas testemunha, não apresentou variação.

Como o conjunto de áreas descrito em I representa a soma dos conjuntos descritos em II e III, pode-se deduzir que a tendência de redução no consumo, observada em *áreas de VRP*, pode ter influenciado o resultado de I, uma vez que as *áreas testemunha* não apresentaram a mesma tendência.

Passando-se à análise dos resultados dos subconjuntos, desses três grupos principais de áreas, primeiramente, dos resultados do conjunto de *áreas de VRP com saída fixa de pressão*, observa-se que, quando se consideram somente as ligações que abastecem doze economias, ou menos, houve uma redução no consumo. No entanto, essa tendência não foi confirmada quando se analisaram todas as ligações no interior desse conjunto de áreas. Esse fato poderia indicar que o valor médio de consumo dos grandes consumidores localizados nessas áreas, não sofreu redução, influenciando o resultado geral do conjunto. Entretanto, essa análise não foi explorada neste trabalho.

Com mesmo teor da análise anterior, o conjunto formado por *áreas testemunha de áreas de VRP com saída fixa de pressão*, também, apresentou redução no consumo, não estando sob influência de redução de pressão no abastecimento.

Os testes de hipóteses utilizados na comparação da variação da diferença de consumo médio das *áreas de VRP com saída fixa, em contraposição às suas áreas testemunha*, mostraram que não foi verificada diferença significativa entre o comportamento do consumo, nas duas áreas.

Com esses resultados, não se pode afirmar que a redução no consumo, verificada nessas áreas, se deve à implantação de VRPs, existindo outros fatores que podem ter motivado tal redução, como fatores climáticos e fatores de ordem econômica, dentre outros, fatores cuja influência não foi explorada nessa pesquisa.

Quanto aos conjuntos formados pelas *áreas sob influência de VRP com controle automático de pressão e suas respectivas áreas testemunha*, os resultados dos testes mostraram que não ocorreu alteração significativa nos seus níveis de consumo médio.

Da mesma forma, quando comparados um contra o outro, também não foi observada diferença de comportamento de consumo entre áreas sob influência de VRP com controle automático de pressão e suas respectivas áreas testemunha.

Voltando o foco, agora, somente para os subconjuntos formados por *áreas controladas por VRP com controle automático de pressão e por áreas controladas por VRP com saída fixa de pressão, um contra o outro*, pode-se notar, nas configurações com doze economias por ligação, ou menos, que o consumo médio total de cada um desses subconjuntos teve comportamento diferente: as *áreas controladas por VRP com saída fixa de pressão* apresentaram uma redução no consumo, o que não ocorreu com as *áreas sob influência de VRP com controle automático de pressão*.

Uma vez que foi demonstrado que não se pode confirmar a influência da redução de pressão, no consumo, mais uma vez, outros fatores podem ter motivado esse comportamento, que não a instalação de VRPs.

CONCLUSÕES

Nas 48¹ áreas analisadas, em conjunto, o consumo médio total das ligações apresentou redução, após as datas de entrada em operação das VRPs. No entanto, esse efeito não pode ser creditado à instalação de VRPs, como demonstrado pelos resultados dos testes de hipóteses, devendo ser creditado a outros fatores que influenciam o consumo. Tais fatores podem estar relacionados, desde a um aumento tarifário, que tenha aumentado a participação do custo da água no orçamento dos consumidores, a variações climáticas nos períodos em que foram apropriados os consumos utilizados na pesquisa, até a uma mudança de comportamento dos consumidores, incorporando hábitos preconizados pelos programas de uso racional da água, como a adoção de equipamentos economizadores de água e mudanças de hábitos de consumo. No entanto, a análise da influência desses fatores não foi explorada nesta pesquisa.

Com base nos resultados dos testes de hipóteses, para comparação entre áreas controladas por VRP e áreas testemunha (sem influência da redução de pressão), pode-se concluir que, na configuração do sistema de distribuição de água da RMSP, a redução de pressão implementada pela instalação de VRPs, não provoca variação significativa no consumo médio das ligações de água. Esse fato se deve, muito provavelmente, às características de abastecimento indireto, generalizado nos consumidores da RMSP, que neutralizam uma possível redução de consumo, que ocorreria no caso de abastecimento direto, afirmação, quanto ao abastecimento direto, feita pela literatura especializada, mas que não foi explorada nesta pesquisa.

Desse resultado, pode-se concluir, ainda, que a utilização de VRPs, em programas de uso racional da água, com a finalidade de induzir a uma redução involuntária de consumo, não é efetiva, quando são considerados sistemas com abastecimento indireto, desde que respeitado o limite mínimo de pressão, estabelecido pela Norma Brasileira: pressão dinâmica mínima de 100 kPa (ABNT, 1994).

¹ Das 54 áreas iniciais, os valores das diferenças de média de consumo de seis foram considerados outliers e descartados das análises comparativas.

Quando se analisa o problema pelo enfoque da redução de faturamento das companhias de distribuição de água, fica evidente o efeito, aparentemente contraditório, provocado pelo abastecimento indireto (conjunto caixa d'água/torneira de bóia). Do ponto de vista das perdas de faturamento, devidas à submedição em hidrômetros de consumidores, o sistema caixa d'água/torneira de bóia funciona como indutor do aumento do volume submedido, uma vez que a torneira de bóia, que controla o fluxo de água, na entrada da caixa d'água, permite vazões abaixo da faixa de precisão dos hidrômetros. Do ponto de vista da instalação de válvulas redutoras de pressão, a existência da caixa d'água, característica do abastecimento indireto, evita uma redução no consumo e, conseqüentemente, uma redução no faturamento das companhias.

A metodologia desenvolvida nesta pesquisa se mostrou adequada, para avaliar os dados disponíveis, com confiança e robustez. Pode ser total ou parcialmente utilizada em outros sistemas de distribuição de água, com características diversas daquele que foi explorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FARLEY, M.; TROW, T. *Losses in Water Distribution Networks: a practitioner's guide to assessment, monitoring and control*, 1st ed. London: IWA Publishing, 2003.
2. THORNTON, J. *Water loss control manual*. 1st ed. Hightstown: McGraw-Hill Professional, 2002.
3. ABNT. *NBR 14534 - Torneira de bóia para reservatórios prediais de água potável: requisitos e métodos de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. São Paulo, 2000.
4. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Determinação e caracterização da submedição no rol comum em cada unidade de negócio da Sabesp - RMSP*. São Paulo: IPT, 2007.
5. RIZZO, A.; CILIA, J. Quantifying Meter Under-Registration Caused by the Ball Valves of Roof Tanks (for Indirect Plumbing Systems). Leakage 2005 Specialized Conference - Conference Proceedings. Halifax: IWA, 2005.
6. RECH, A. L. *Água, Micromedição e Perdas*. 1^a ed. Porto Alegre: Scortecci, 1992.
7. TSUTIYA, M. T. (Org.) et al. *Abastecimento de Água*. 1^a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
8. GOMES, H. P. *Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico*. João Pessoa: Editora Universitária - UFPB, 2004.
9. ABNT. *NBR 12218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público*. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Rio de Janeiro, 1994.
10. GALVÃO, J. R. B. *Avaliação da Relação Pressão x Consumo, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs)*. São Paulo: Dissertação de Mestrado ó Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-08012008-122840/pt-br.php>).