

## **XI-031 – CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE NO SISTEMA COSTA NORTE EM FLORIANÓPOLIS/SC**

**Joana Andreazza Claudino dos Santos**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Analista de Operações na Águas de Bombinhas/SC.

**Andréia Senna Soares**<sup>(2)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela mesma universidade. Engenheira na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

**Sheila Karoline Kusterko**<sup>(3)</sup>

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Engenheira na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

**Ramon Lucas Dalsasso**<sup>(4)</sup>

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor em Engenharia Ambiental pela mesma universidade. Professor na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Prefeito Osmar Cunha, 525 - Centro - Florianópolis - SC - CEP: 88015-100 - Brasil - Tel: (48) 99133-1013 - e-mail: [joanaacsantos@gmail.com](mailto:joanaacsantos@gmail.com)

### **RESUMO**

A gestão das perdas de água é um grande desafio para os sistemas de abastecimento de água brasileiros. Quando as perdas de água são elevadas, representam desperdício de recursos naturais, operacionais e de faturamento para as companhias. Dessa maneira, programas de avaliação, controle e redução de perdas, contínuos e efetivos, são fundamentais. Na temporada de 2013/2014, em Florianópolis/SC, houve episódios de falta de água em diversos pontos do Sistema Costa Norte. Diante disso, identificou-se a necessidade de melhorias operacionais com a finalidade de minimizar os transtornos na alta demanda e preservar os mananciais. Dentre as melhorias, o controle de perdas se destaca como uma ação cíclica que busca um equilíbrio econômico no sistema de abastecimento, preservar o manancial e diminuir os episódios de falta de água. O projeto de controle de perdas no Sistema Costa Norte conta com busca de vazamentos ocultos, manutenção e melhorias na rede de abastecimento, busca por fraudes, monitoramento diário do sistema e priorização de ações. A gestão das perdas de água no Sistema Costa Norte teve início com a setorização e instalação de macromedidores em oito distritos de medição e controle (DMC). Foram acompanhados os indicadores de desempenho de quatro distritos (Ratones, Daniela, Praia Brava e Vargem Pequena) em 2017, primeiro ano do controle de perdas de água do sistema. O DMC Vargem Pequena apresentou necessidade de priorizar melhorias na infraestrutura, estas realizadas em 2017 e 2018. Esse estudo propõe apresentar e avaliar as melhorias no DMC Vargem Pequena, com enfoque no controle de perdas. Diante das ações e melhorias efetuadas nesse DMC pode-se perceber uma diminuição na vazão mínima noturna e no volume de vazamentos, o que possibilitou o desligamento de um booster, economia de recursos naturais e energia. A utilização de metodologias para o controle de perdas melhorou a operação do sistema de abastecimento da Vargem Pequena e possibilitou atendimento eficaz à população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de Perdas de Água, Indicadores de Desempenho, Balanço Hídrico, Controle Ativo.

### **INTRODUÇÃO**

A água é reconhecida como recurso limitado, escasso e vulnerável. A exploração dos recursos hídricos tem sido uma questão recorrente e central na agenda internacional nas últimas décadas. O acesso à água, em quantidade e qualidade, é uma necessidade básica do ser humano e deve ser tratado sob diversos pontos de vista (técnico, econômico e social).

As perdas de água geram baixas performances nos sistemas de abastecimento e se tornaram um problema mundial. Porém, com planejamento, conhecimento, recursos e gestão, é possível atingir e manter baixos níveis de perdas (TARDELLI FILHO, 2015). O combate efetivo das perdas de água é um dos problemas mais desafiadores da operação e manutenção de sistemas de abastecimento (BEZERRA, 2013).

O controle de perdas por meio da criação de distritos de medição e controle (DMC) requer investimentos e esforços significativos, tanto a curto prazo, para o planejamento e implementação das ações, como a longo prazo, monitorar e controlar o sistema em termos de funcionamento, análise de dados e agilidade na localização e conserto de vazamentos (SOARES et al, 2017). Diante disso, a gestão de perdas em sistemas de abastecimento se mostra relevante a todos os serviços de água (KUSTERKO et al, 2017). Soares, Dalsasso e Trennepohl (2015) ressaltam em seu trabalho a importância da utilização dos ID na comparação entre setores e outras empresas no diagnóstico da gestão de uma empresa de saneamento ao longo do tempo.

No Sistema Costa Norte, em Florianópolis, foi dado início ao controle de perdas devido ao aumento da demanda de água na alta temporada. O controle de perdas nessa localidade foi dividido em etapas, sendo que na primeira etapa foi realizada a setorização e instalação de macromedidores em oito distritos de medição e controle (DMC). O presente estudo teve como objetivo avaliar o DMC Vargem Pequena e apresentar, os resultados obtidos com as melhorias feitas entre janeiro de 2017 e junho de 2018, com enfoque no controle de perdas de água.

## METODOLOGIA

### Apresentação da Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Florianópolis/SC, na parte norte da ilha de Santa Catarina (Figura 1). A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) é responsável pelo abastecimento de água na região denominada Sistema de Abastecimento de Água Costa Norte (SCN). O SCN é operado pela SRM/GOPS - Superintendência Regional da Região Metropolitana de Florianópolis/Gerência Operacional. O abastecimento da região é proveniente, principalmente, de poços subterrâneos, sendo a água tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) Ingleses.



**Figura 1: Localização e área abastecida pelo Sistema Costa Norte. Fonte: CASAN**

Na temporada de verão 2013/2014, o Sistema Costa Norte apresentou diversos problemas de desabastecimento, salientando a necessidade de entender melhor a distribuição de vazões, pressões e combater as perdas. O estudo de setorização iniciou em 2014 com a atualização do cadastro técnico de adutoras, redes de água, registros, bombeamentos e delimitação dos distritos de medição e controle (DMC).

Em 2016, foram instalados os medidores de vazão em 8 DMCs e após a instalação e calibração dos macromedidores, iniciou-se o acompanhamento das vazões mínimas noturnas, cálculo dos indicadores de

desempenho e cálculo das perdas no sistema. No DMC Vargem Pequena, além do acompanhamento da vazão e avaliação das vazões mínimas noturnas, foram realizadas também melhorias operacionais no sistema.

## **BANCO DE DADOS**

O estudo foi elaborado em conjunto com a CASAN, com início em fevereiro de 2017, período de estágio não obrigatório. Todas as informações operacionais foram obtidas com a SRM/GOPS com autorização do Gerente Operacional e do Diretor de Operação e Meio Ambiente. Os dados utilizados foram obtidos pelos sistemas DOMO, Hidrolupa e supervisão ScadaBR da CASAN.

## **PERDAS DE ÁGUA**

O conceito de perdas de água é definido como a diferença entre o volume produzido nas ETA – Estação de Tratamento de Água ou entregue nos reservatórios setoriais e os consumos autorizados na adução ou distribuição (medidos/faturados e os usos legítimos não faturados). Representa a soma da Perda Real com a Perda Aparente (ABES, 2015). Bezerra (2013) afirma que as perdas em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos fatores infraestruturais e operacionais. Como, por exemplo, características da rede hidráulica, material, fatores relacionados às práticas de operação e nível de tecnologia do sistema. Para diminuir o volume de perdas é necessário entender e separar as ações em duas grandes categorias: controle de perdas reais e controle de perdas aparentes.

## **CONTROLE DE PERDAS REAIS**

### **Vazão Mínima Noturna**

O método da vazão mínima noturna tem como princípio a variação do consumo no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. A interpretação do valor da vazão mínima noturna é baseada na suposição de que o consumo autorizado é baixo durante a noite (UN-Habitat, 2012). Esse método é utilizado para estimar o volume diário de vazamentos e com o monitoramento por telemetria permite um controle eficiente de novos vazamentos. Se a vazão de entrada em um DMC puder ser medida continuamente, então, o perfil das vazões dará a primeira indicação se os vazamentos não visíveis são elevados ou se aumentou desde as medições anteriores (LAMBERT, 2010). Monitorar as vazões diárias nos setores, identificar e agir na ocorrência de um evento é essencial no combate às perdas de água.

### **Controle Ativo de Vazamentos**

Tão importante quanto a velocidade no reparo de vazamentos visíveis, é o controle e busca dos vazamentos não visíveis. O controle ativo de vazamentos é uma ação estratégica da empresa na redução de perdas reais (BEZERRA; CHEUNG, 2013). Esta estratégia envolve ações programadas de investigação em campo para detecção e localização de vazamentos não-visíveis, por métodos acústicos e de pesquisa, e a execução dos reparos necessários. O desenvolvimento de instrumentos acústicos melhorou significativamente esta situação, permitindo a localização de vazamentos não visíveis.

O geofone eletrônico é um instrumento acústico onde o ruído é captado pelo sensor, passa pelo amplificador e, com o auxílio de filtros, o geofonista escuta os sons (vibração do tubo, fricção com as paredes da tubulação, impacto da água no solo e fluxo da água pelo orifício) e identifica o local do vazamento. Com a utilização do geofone eletrônico é possível localizar o ponto onde ocorre o vazamento e marcar o local para posterior reparo.

### **Controle de Pressão na Rede**

Segundo Bezerra e Cheung (2013) o controle de pressão é uma das alternativas mais eficazes para a diminuição do volume de água perdido em vazamentos nos sistemas de distribuição de água. Não existe uma solução única relacionada à gestão de pressão na rede de abastecimento, cada sistema deve ser estudado individualmente considerando os aspectos técnicos, financeiros, ambientais e sociais.

Os benefícios do controle de pressão englobam redução de vazamento, aumento de faturamento, redução dos custos de manutenção devido à redução de reparos de vazamentos, adiamento de aplicação de recursos para novos reservatórios, estações de tratamento e adutoras.

### **Gestão na Infraestrutura**

O Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA (IWA Water Loss Task Force) afirma que a gestão da infraestrutura é uma das principais ações em um programa de combate a perdas de água. Durante a vida útil dos sistemas de abastecimento surgem situações como ampliações da rede, demandas em áreas não previstas, mudança do tipo de edificação, deterioração física dos componentes das instalações, envelhecimento das tubulações, ineficiência na operação relacionada com vazamentos, rompimentos de tubulações, falta de otimização operacional eletromecânica dos conjuntos motobomba, dentre outros (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

### **CONTROLE DE PERDAS NO SCN**

Após a setorização no início de 2017, iniciou-se o acompanhamento das vazões, cálculo dos indicadores de desempenho e cálculo das perdas nos distritos de medição e controle do SCN. O acompanhamento da vazão instantânea permite identificar quando ocorre aumento da vazão mínima noturna causada por um vazamento. Nesses episódios é efetuado o fechamento de registros, o conserto do vazamento e então ocorre a normalização da vazão mínima noturna. Esse acompanhamento foi realizado diariamente na empresa em todos os DMCs monitorados. Quando eram identificados possíveis vazamentos não visíveis com base nas vazões a gerência operacional mobilizava a equipe em busca do vazamento e conserto.

Constatou-se, com o acompanhamento das vazões que, em alguns DMCs, a vazão mínima noturna era maior do que a suposta inicialmente, contudo, não havia vazamentos visíveis que explicassem o aumento ou a manutenção da vazão mínima noturna elevada. Dessa forma, verificou-se a necessidade de busca por vazamentos ocultos.

Na CASAN os procedimentos de busca por vazamentos ocultos com geofone eletrônico estão em processo de padronização a partir de manuais e procedimentos operacionais padrão. As planilhas de apoio em campo e de acompanhamento dos consertos são testadas e aprimoradas em conjunto com os operadores, geofonistas e engenheiros.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

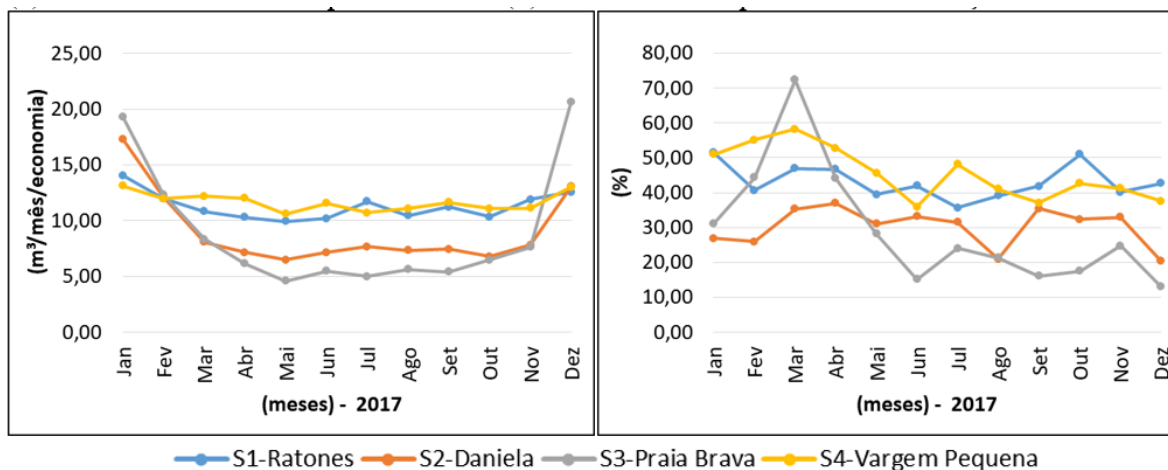
#### **Distritos de Medição e Controle do SCN**

Os DMCs do Sistema Costa Norte apresentam características diferentes, como por exemplo, o DMC Ratoles e Vargem Pequena não tem população flutuante de veraneio, já a Praia Brava e a Daniela apresentam uma variação anual de população e consumo maior (Tabela 1). Além disso, a Praia Brava apontou 13,9 economias por ligação, muito superior aos outros DMCs onde há predomínio de residências unifamiliares. Em relação ao consumo médio anual, os DMCs Daniela e Praia Brava retrataram os menores consumos médios de água por economia, dado que grande parte das economias estão ocupadas apenas nos meses de verão. Na Figura 2a é possível perceber a variação no consumo médio de água por economia (IN053) ao longo do ano de 2017 nos DMCs pesquisados. É esperado nos meses de verão um leve aumento no consumo, mesmo nos DMCs Vargem Pequena e Ratoles que não apresentam variação de população. Os DMCs Daniela e Praia Brava mostram uma variação entre os consumos de verão e inverno elevado, devido à população flutuante. Outro ponto importante a ser destacado é a densidade de ligações, o DMC Praia Brava apresentou baixa densidade de ligações (17,88 lig/km), não sendo recomendado o cálculo do IN051. Os maiores indicadores de perdas (IN049 e IN051) foram apresentados pelo DMC Vargem Pequena. A Figura 2b apresenta o índice de perdas na distribuição ao longo de 2017, onde todos os DMCs apresentaram uma leve queda devido ao controle de perdas.

**Tabela 1: Informações dos DMCs.**

Descrição	Ratones	Daniela	Praia Brava	Vargem Pequena	Unidade
População total atendida com abastecimento de água <sup>1</sup>	2803	4008	5424	2253	habitantes
População total atendida com abastecimento de água <sup>2</sup>	2803	2421	3414	2253	habitantes
Quantidade de ligações ativas de água	781	856	100	540	ligações
Quantidade de economias ativas de água	893	995	1388	756	economias
Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	778	854	96,5	539	ligações
Extensão de rede de água	22,70	15,44	5,60	13,84	km
Volume de água produzido	14062,0	0,0	0,0	0,0	m³
Volume de água micromedido	120722,0	107695,0	145791,0	105541,0	m³
Volume de água consumido	120962,0	108031,0	147751,0	105591,0	m³
Volume de água faturado	156797,0	158497,0	207286,0	1314480,0	m³
Quantidade de economias ativas de água micromedidas	890	992	1372	752	economias
Volume de água importado	200475,4	153501,0	2277335,0	198000,0	m³
Densidade de ligações	34,4	55,6	17,9	39,0	lig/km
Densidade de economias	1,1	1,2	13,9	1,4	econ/lig
IN <sub>009</sub> Índice hidrometração	99,64	99,70	96,34	99,86	%
IN <sub>049</sub> Índice de perdas na distribuição	43,62	29,62	35,12	46,67	%
IN <sub>051</sub> Índice de perdas por ligação	328,47	145,52	-	468,77	L/lig.dia
IN <sub>053</sub> Consumo médio de água por economia	10,95	9,05	8,89	11,68	m³/mês.eco

<sup>1</sup>Média dos meses de veraneio. <sup>2</sup>Média dos meses sem população flutuante.

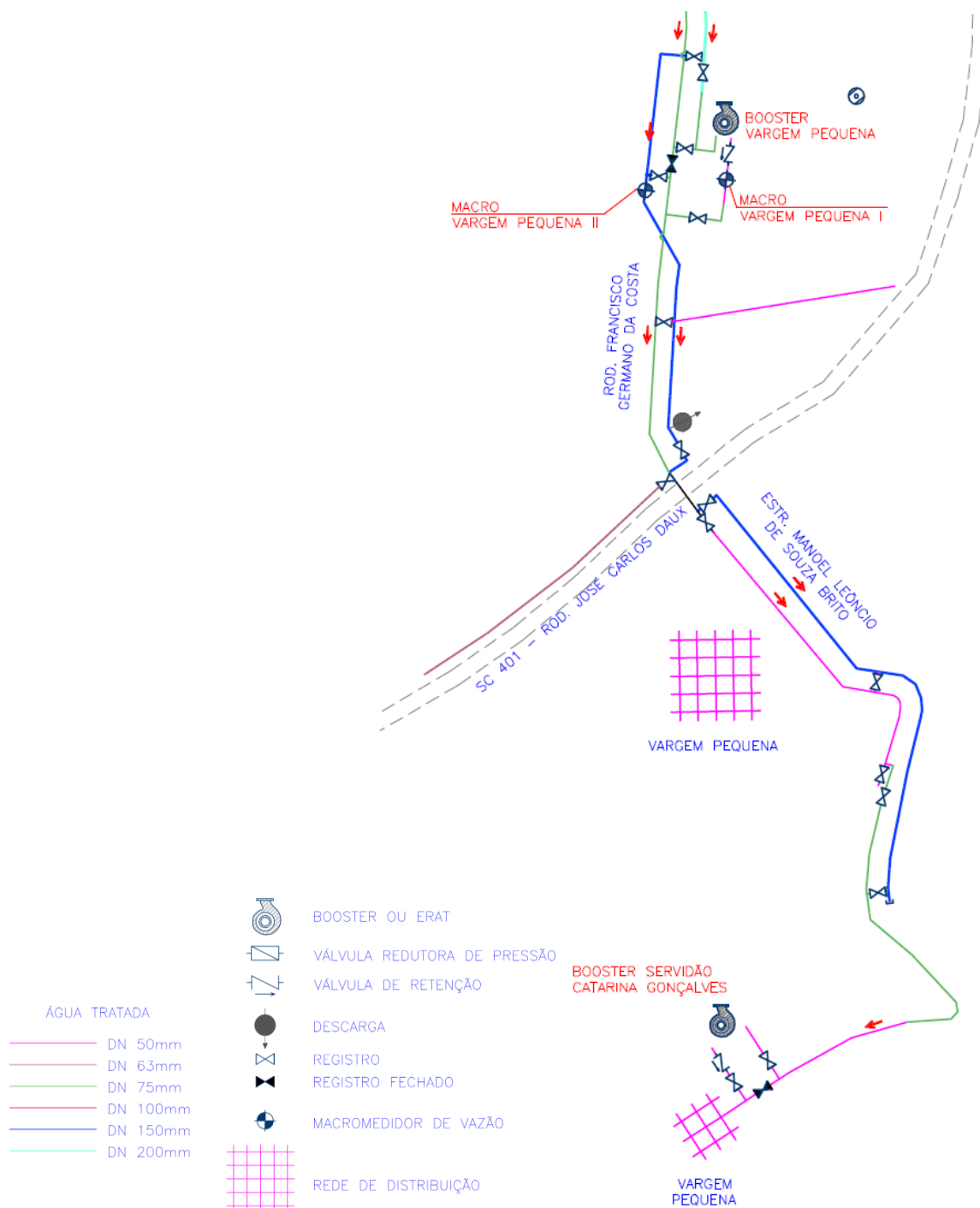


**Figura 2 – Indicadores de perdas dos distritos de medição e controle**  
 (a) IN053 Consumo médio por economia (b) IN049 Índice de perdas na distribuição



### DMC Vargem Pequena

A rede de abastecimento do DMC Vargem Pequena é do tipo ramificada, conforme representado na Figura 3. A água proveniente da ETA Ingleses passa por uma adutora em Canasvieiras e chega na Rodovia Francisco Germano da Costa onde está o macromedidor. O macromedidor está próximo ao *booster* Vargem Pequena, para a utilização das instalações elétricas existentes. Durante o ano de 2017, a rede principal após o *booster* era de diâmetro (DN) 75mm, com uma elevada perda de carga.



**Figura 3 – Representação da rede de abastecimento do DMC Vargem Pequena Fonte: CASAN**

O DMC Vargem Pequena possui uma região com cota elevada a partir da Servidão Catarina Gonçalves. Em 2017, o *booster* apresentava pressão de sucção 60 mca e de recalque de 110mca, a pressão alta era necessária devido a grande perda de carga na rede principal. Para garantir o abastecimento da região da Servidão Catarina Gonçalves é necessário um outro *booster*, denominado Catarina, com pressão de sucção de 20mca e de recalque de 60 mca.

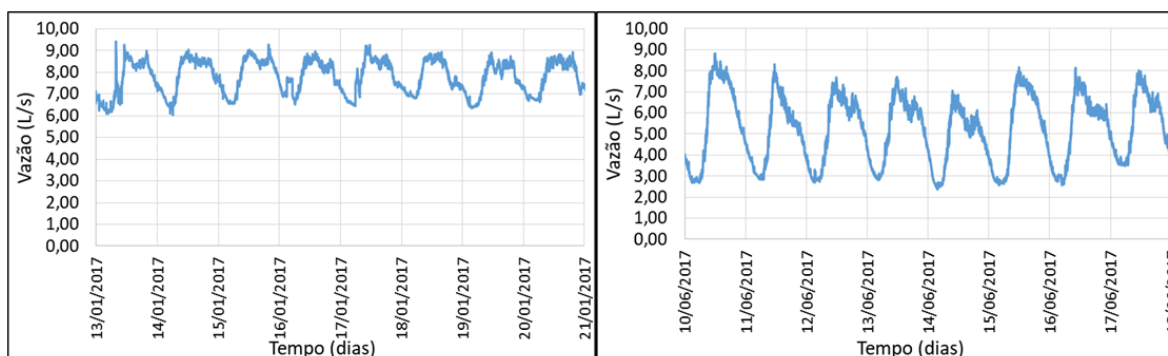
Em janeiro de 2017, teve início o acompanhamento das vazões de abastecimento dessa localidade. O perfil das vazões no mês de janeiro é apresentado na Figura 4a, a vazão máxima foi de 9,1 L/s, a vazão mínima noturna de 6,8 L/s e a vazão média de 7,9 L/s. A vazão mínima noturna estava, nesses meses, muito superior ao consumo mínimo calculado (0,3L/s), um indício de que o setor apresentava um alto índice de perdas. O perfil das vazões indicou a possível existência de vazamentos não visíveis, pois, mostrou uma razão de vazão noturna e a vazão média com grandes proporções: 85,9%. Moradores de algumas regiões do DMC reclamavam de falta de água, entretanto, a vazão de distribuição era suficiente para o abastecimento do bairro.

Diante dessa situação, em março de 2017, formou-se uma equipe para pesquisa de vazamentos ocultos com geofone. A primeira etapa de pesquisa de vazamentos durou 15 dias e localizou-se 7 vazamentos não visíveis. O conserto desses vazamentos não resultou significativamente na redução da vazão mínima noturna ou aumento na pressão de sucção do *booster* Catarina. Foram realizados, então, testes por regiões específicas, isolando áreas durante a noite para monitoramento do comportamento das vazões e pressões.

Nas manobras de rede, foi identificada uma região com maior vazão noturna. Durante o dia foi localizada uma rede em PEAD DN 63mm e extensão de aproximadamente 1.600 metros, assentada entre terrenos particulares e áreas de banhado. O acesso a esta tubulação estava comprometido, não foi possível realizar a busca por vazamentos ocultos com geofone, identificar vazamentos aparentes ou realizar manutenções. Decidiu-se pela substituição do trecho em PEAD, assentando a nova rede junto ao passeio. Durante a execução da nova rede, foram encontradas diversas ligações clandestinas, cortadas durante o procedimento.

Após a substituição do trecho, foi realizada também a regularização das pressões no setor, através da instalação de inversor de frequência no *booster* Vargem Pequena, mantendo constante a pressão de recalque em 80 mca, suficiente para atender à necessidade de pressões na sucção do *booster* Catarina. A instalação do inversor de frequência no *booster* resultou na economia do consumo de energia elétrica em 15%.

A substituição da rede foi vantajosa para o setor e modificou o perfil de vazões. As vazões máximas diárias observadas ficaram em 7,7 L/s, as mínimas noturnas em 2,9 L/s e as vazões médias em 5,3L/s. Com as melhorias, houve uma redução de 15,4% na vazão máxima, 32,9% na vazão média e 57,3% na vazão mínima. A Figura 4b mostra o novo perfil de vazão do DMC Vargem Pequena. Essa diferença impactou o volume de perdas, em janeiro de IN049 (índice de perdas na distribuição) era de 51,0% e em junho de 35,9%, uma diferença de 5400 m³.



**Figura 4 – Perfil de Vazões no DMC Vagem Pequena.**

(a) **Janeiro/2017**

(b) **Junho/2017**

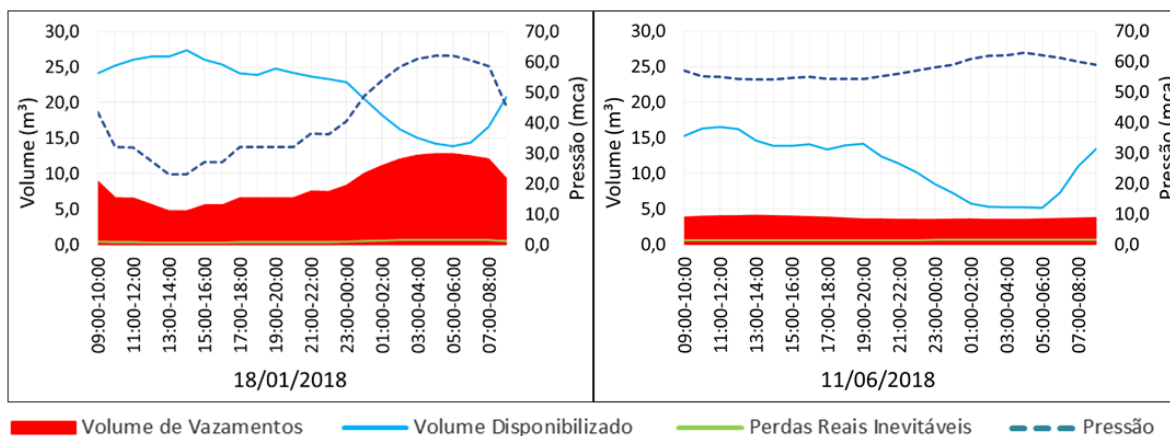
Para solucionar o problema da perda de carga e subdimensionamento da rede principal (DN 75 mm), foi realizada uma melhoria na rede existente. Em março de 2018, foi finalizado o assentamento da nova rede principal em PVC DEF<sup>®</sup> DN 150mm, com extensão de 1018 m, na Rod. Francisco Germano da Costa,

iniciando na interligação com a rede de DN 200 mm, antes da delimitação do DMC. O novo macromedidor DN 150 mm foi instalado no mês de junho de 2018, próximo ao *booster* Vargem Pequena.

Foi possível comparar a melhoria na rede principal a partir do método das vazões mínimas noturnas (Figura 5). Com as medições de pressão nos pontos médios do DMC Vargem Pequena foi calculado o volume de vazamentos multiplicando o FND pela Vazão mínima noturna. Em janeiro de 2018, antes do assentamento da nova rede com DN 150 mm, o volume de vazamentos foi de 204,2m³. Já em junho de 2018 foi de 113,9m³. A Tabela 2 apresenta a comparação dos valores obtidos em janeiro (a) e junho (b) de 2018. A melhoria na rede principal mudou as pressões do DMC, gerou um aumento no FND e, em contrapartida, a rede está dimensionada de forma adequada para vazão do DMC, sendo possível fazer o desligamento do *booster* Vargem Pequena.

**Tabela 2: Comparação janeiro e junho de 2018 DMC Vargem Pequena**

Descrição	Janeiro/2018	Junho/2018	Unidade
Vazão mínima noturna	3,8	1,3	L/s
Vazão média	6,0	3,0	L/s
Vazão máxima	7,8	5,7	L/s
Razão Qmin/Qmax	61,0	40,0	%
Pressão média	36,4	56,6	mca
FND	15,92	21,89	-
Volume de vazamentos	204,2	113,9	m³



**Figura 5 – Método das Vazões Mínimas Noturnas no DMC Vargem Pequena.**  
 (a) Janeiro/2018 (b) Junho/2018

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O acompanhamento e controle das perdas nos sistemas de abastecimento de água se mostra cada vez mais importante, visto que evita o desperdício de recursos naturais, operacionais e de faturamento. No DMC Vargem Pequena, o acompanhamento do perfil das vazões indicou informações importantes no diagnóstico, como a elevada perda de água por vazamentos. A partir do acompanhamento das vazões mínimas noturnas, foi possível avaliar a eficácia da troca de um trecho em PEAD, que resultou na diminuição da vazão mínima noturna em aproximadamente 4,0 L/s e, conseqüentemente, na redução das perdas de água.

O gerenciamento das perdas de água no DMC Vargem Pequena expôs deficiências no sistema e permitiu a realização de melhorias na infraestrutura que geraram economia de energia a partir do desligamento total do *booster* Vargem Pequena, além de regularizar o abastecimento de água na localidade. Ademais, o acompanhamento das vazões criou novos desafios, como, por exemplo, a mudança no comportamento das pressões.



Nesse sentido, a utilização de metodologias para o controle de perdas pode melhorar a operação de sistemas de abastecimento de água e também diminuir a necessidade de buscas por novas alternativas para captação e tratamento, além disso, prolonga a vida útil dos sistemas.

Para diminuir ainda mais as perdas no DMC Vargem Pequena, levando em consideração os resultados deste estudo, são propostas as seguintes ações: substituição de hidrômetros; realizar novas campanhas de geofonamento; estudar a possibilidade de controle de pressões; fazer o controle de usos não autorizados e fiscalização de irregularidades em ligações; estudar a viabilidade de melhorias na rede após o *booster* Catarina; cálculo do Balanço Hídrico para o ano de 2018.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Redução e Propostas de Medidas para o Efetivo Combate. 2013
2. ALEGRE, H; HIRNER, W; BAPTISTA, J.M; PARENA, R. Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água IWA. Tradução e adaptação de Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime M. Baptista. Lisboa, 2004.
3. BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. Perdas de água. Tecnologias de Controle. João Pessoa, 2013
4. BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília, 2017
5. KUSTERKO, S. K.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; CHAVES, L. C. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. Eng. Sanitária Ambiental. vol.22 no.3 Rio de Janeiro. 2017.
6. FARLEY, M; WYETH, G; GHAZALI, Z.B.M; INSTANDAR, A, SINGH, S. The manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Undertaking Water Losses. United States of America: Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International development (USAID), 2008.
7. FREITAS, V. V.; ORELLANA, A.; KUHL, J. G.; OLIVEIRA, C. R. O. Uma década de controle de pressão nas redes de distribuição da SABESP. Revista DAE edição 176, São Paulo, 2007.
8. LAMBERT, A.O. Water losses management and techniques. Internacional Water Association Congress, Berlim, 2001
9. LAMBERT, A.O; TAYLOR, R. Water Loss Guidelines. New Zealand, 2010
10. SOARES, A; DALSASSO, R.L; TRENNEPOHL, F.G. Fatores que influenciam no tempo de reparo dos vazamentos em um sistema de abastecimento de água (estudo de caso). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2015. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, RJ, 2015.
11. SOARES, A.; KUSTERKO, S. K., HENRIQUE, R., SANTOS, J. A. C.. Desafios na setorização do Sistema de Abastecimento de Água Costa Norte em Florianópolis/SC para controle e redução de perdas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. São Paulo. Anais. São Paulo, SP, 2017.
12. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M.T. Abastecimento de Água. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.
13. UN-Habitat United Nations Human Settlements Programme. Leakage Control Manual. Utility Management Series for Small Towns, volume 5. Kenia, 2012.
14. WINARNI, W. Infrastructure Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator. Civil Engineering Dimension, Jakarta, Indonesia, 2009.