

CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SISTEMA COSTA NORTE EM FLORIANÓPOLIS/SC

Joana Andreazza Claudino dos Santos

Florianópolis, 2018



Joana Andreazza Claudino dos Santos

**CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE
MEDIÇÃO E CONTROLE NO SISTEMA COSTA NORTE EM
FLORIANÓPOLIS/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Departamento de
Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Engenheira
Sanitarista e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ramon Lucas
Dalsasso.

Coorientadora: Eng. Msc. Andréia
Senna Soares Trennepohl

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Santos, Joana Andreazza Claudino
CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE
MEDIÇÃO E CONTROLE NO SISTEMA COSTA NORTE EM
FLORIANÓPOLIS/SC / Joana Andreazza Claudino Santos
; orientador, Ramon Lucas Dalsasso, coorientadora,
Andréia Senna Soares Trennepohl, 2018.
120 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Controle
de Perdas de Água. 3. Indicadores de Desempenho. 4.
Balanço Hídrico. 5. Controle Ativo. I. Dalsasso,
Ramon Lucas. II. Trennepohl, Andréia Senna Soares .
III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV.
Titulo.

Joana Andreazza Claudino dos Santos

**CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE
MEDIÇÃO E CONTROLE NO SISTEMA COSTA NORTE EM
FLORIANÓPOLIS/SC**

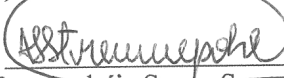
Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para a
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental –
TCC II.

Florianópolis, 27 de junho de 2018.



Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Orientador, Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Msc. Andréia Senna Soares Trênnepohl

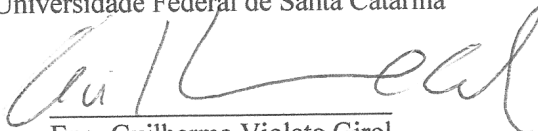
Coorientadora, CASAN–Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

Banca Examinadora:



Prof.ª Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr.ª

Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Guilherme Violato Girol

SANOVA – Soluções para Gestão de Água

Este trabalho é dedicado à minha família, amigos e aqueles que de alguma forma me apoiaram. Dedico principalmente à minha mãe e meus cachorros (Achilles e Peleu) pela paciência e capacidade de me trazer paz na correria de cada semestre.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e namorado, pelo amor, incentivo e apoio incondicional;

À Eng. Msc. Sheila K. Kusterko por todo o apoio durante o TCC, coleta de dados e saídas de campo;

À Eng. Msc. Andréia S. S. Trennepohl pela coorientação;

À Eng. Msc. Andréia e Eng. Msc. Sheila que com muita paciência e dedicação me ensinaram, deram a oportunidade de estágio na CASAN, de apresentar e acompanhá-las em congressos.

Ao Prof. Dr. Ramon L. Dalssasso pela oportunidade e apoio nos projetos de pesquisa;

À CASAN que autorizou o TCC e aos colegas da SRM/GOPS que me apoiaram e fizeram parte do projeto;

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado e que mesmo longe me fazem companhia;

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

As perdas de água representam uma das principais problemáticas em sistemas de abastecimento de água. 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 objetivou a 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). Neste estudo, foram acompanhados os indicadores de desempenho de quatro distritos (Ratones, Daniela, Praia Brava e Vargem Pequena) em 2017, o 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 no DMC Vargem Pequena 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.

Palavras-chave: Controle de Perdas de Água. Indicadores de Desempenho. Balanço Hídrico. Controle Ativo.

ABSTRACT

Water loss is one of the biggest problems of water supply systems. When water loss are high, they represent waste of natural, operational and billing resources for companies. In this way, continuous and effective water loss program of evaluation, control and reduction are fundamental. In the summer season of 2013/2014, in Florianópolis/SC, there were episodes of lack of water in several points of the Costa Norte system. Therefore, the need of operational improvements was identified in order to minimize disturb in high demand and to preserve water sources. Among the improvements, the water loss control highlighted. Loss control is a cyclical action that seeks an economic balance in the water supply system, preserve the water source and reduce the episodes of lack of water. The loss control Project in the Costa Norte system has a search for hidden leaks, maintenance and improvements in the supply system, search for fraud, daily flow monitoring and prioritization of actions. The management of water losses in the Costa Norte system began with the zoning and installation of flow meter in eight district metered area (DMA). Were studied the performance indicators of four district (Ratones, Daniela, Praia Brava e Vargem Pequena) in 2017, first year of the system water loss control. The DMA of Vargem Pequena presented a need to prioritize improvements in infrastructure, which were held in 2017 and 2018. This study proposes to present and evaluate the improvements of DMA Vargem Pequena, with a focus on loss control. With the actions and improvements made in DMA Vargem Pequena it was noticeable the decrease in the minimum night flow and in the volume of leaks. This allowed shut down a booster, saving natural resouces and energy. The use of methodologies for loss control improved the operation of the supply system of Vargem Pequena.

Keywords: Water Loss Control. Performance Indicators. Water Balance. Active Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de vazamentos e ações de combate.	22
Figura 2 – Métodos básicos de gerenciamento de perdas reais.	23
Figura 3 – Componentes de perdas aparentes e ações de combate.....	25
Figura 4 – Métodos básicos de gerenciamento de perdas aparentes.	26
Figura 5 – Componentes do Balanço Hídrico.	27
Figura 6 – Método das vazões mínimas noturnas.	29
Figura 7 – Perfil diário de Vazão.	31
Figura 8 – Gráfico sequencial de vazões mínimas noturnas.	32
Figura 9 – Comparação no setor Freguesia antes e depois da instalação de válvulas redutoras de pressão.	35
Figura 10 – Distribuição de pressão nos horários de menor e maior consumo e pontos de maior probabilidade de haver vazamentos.	37
Figura 11 – Localização e área abastecida pelo Sistema Costa Norte...	45
Figura 12 – Sistema Costa Norte.....	46
Figura 13 – Primeira etapa de setorização do Sistema Costa Norte.	46
Figura 14 – DMC Vargem Pequena.	47
Figura 15 – Relação de idade dos hidrômetros com erro de leitura.	53
Figura 16 – Componentes do Balanço Hídrico Simplificado.....	54
Figura 17 – Instalação de abrigos com anéis de ferro fundido e caixas de PEAD.	56
Figura 18 – Instalação de abrigos em alvenaria de blocos de concreto.	56
Figura 19 – Acompanhamento das vazões instantâneas.....	57
Figura 20 – DMC Ratonés.	60
Figura 21 – DMC Daniela.	63
Figura 22 – DMC Praia Brava.....	66
Figura 23 – DMC Vargem Pequena.	69
Figura 24 – IN ₀₂₂ Consumo médio per capita de água.	72
Figura 25 – IN ₀₅₃ Consumo médio de água por economia.	72
Figura 26 – IN ₀₂₅ Volume de água disponibilizado por economia.	73
Figura 27 – IN ₀₄₉ Índice de perdas na distribuição.....	74
Figura 28 – Rede de abastecimento DMC Vargem Pequena após melhorias.	75
Figura 29 – Instalação do Macromedidor próximo ao <i>Booster</i> Vargem Pequena.	76
Figura 30 – Padrão típico de vazões em Janeiro de 2017 - dia 15/01/2017.	77
Figura 31 – Perfil de vazões Janeiro/2017.	78
Figura 32 – Substituição do trecho de PEAD.....	79
Figura 33 – Ligações clandestinas.....	79

Figura 34 – Mudança do perfil e de vazões mínimas após melhoria. ...	80
Figura 35 – Perfil de vazões Junho/2017.	81
Figura 36 – Padrão típico de vazões em Junho de 2017 - dia 10/06/2017.	81
Figura 37 – Vazões mínimas em Janeiro e Junho de 2017	82
Figura 38 – Acompanhamento das vazões mínimas de julho de 2017.	83
Figura 39 – Balanço Hídrico – DMC Vargem Pequena – 2017.....	88
Figura 40 – Registrador de pressão ponto 1.....	91
Figura 41 – Registrador de pressão ponto 2.....	91
Figura 42 – Vazões no período de monitoramento das pressões – 18/01/2018.	93
Figura 43 – Método das vazões mínimas noturnas – 18/01/2018.	95
Figura 44 – Vazões no período de monitoramento das pressões – 11/06/2018	98
Figura 45 – Método das vazões mínimas noturnas – 11/06/2018.	100
Figura 46 – Fluxograma para o controle de perdas.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores de desempenho relacionados à perdas.	40
Quadro 2 – Categorias de desempenho técnico do Banco Mundial	44
Quadro 3 – Categorias de desempenho técnico e sugestões do Banco Mundial.	44
Quadro 4 – Informações 2017 DMC Ratonos.	59
Quadro 5 – Indicadores 2017 DMC Ratonos.	60
Quadro 6 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Ratonos.	61
Quadro 7 – Informações 2017 DMC Daniela.	62
Quadro 8 – Indicadores 2017 DMC Daniela.	63
Quadro 9 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Daniela.	64
Quadro 10 – Informações 2017 DMC Praia Brava.	65
Quadro 11 – Indicadores 2017 DMC Praia Brava.	66
Quadro 12 – Indicadores Praia Brava.	67
Quadro 13 – Informações 2017 DMC Vargem Pequena.	68
Quadro 14 – Indicadores 2017 DMC Vargem Pequena.	70
Quadro 15 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Vargem Pequena.	70
Quadro 16 – Acompanhamento da vazão mínima noturna.	84
Quadro 17 – Hidrômetros do DMC Vargem Pequena em dezembro 2017.	86
Quadro 18 – Acompanhamento da categoria de desempenho técnico. .	89
Quadro 19 – Quantidade de ligações por intervalo de cota.	90
Quadro 20 - Pressão média e Fator noite e dia.	92
Quadro 21 – Método da Vazão Mínima Noturna – 18/01/2018.	94
Quadro 22 – Pressão média e Fator noite e dia – 11/05/2018.	97
Quadro 23 – Método da Vazão Mínima Noturna – 11/06/2018.	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SAA – Sistema de Abastecimento de Água
ETA – Estação de Tratamento de Água
IWA – International Water Association
DMC – Distrito de Medição e Controle
WLSG – Water Loss Specialist Group
PEAD – Polietileno de alta densidade
ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ID – Indicadores de Desempenho
PRA – Perdas Reais Anuais
PRI – Perdas Reais Inevitáveis
SCN – Sistema de Abastecimento de água Costa Norte
SRM/GOPS – Superintendência Regional Metropolitana/ Gerência Operacional
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
AS – Autorização de Serviço
IVI – Índice de Vazamento na Infraestrutura
GCOS – Gerência Comercial da Superintendência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	Objetivo geral	20
1.1.2	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	PERDAS DE ÁGUA	21
2.2	PERDAS REAIS	22
2.3	PERDAS APARENTES	24
2.4	BALANÇO HÍDRICO	26
2.5	CONTROLE DE PERDAS	28
2.5.1	Vazão mínima noturna	28
2.5.2	Setorização	32
2.5.3	Controle ativo de vazamentos	33
2.5.4	Controle de pressão na rede	34
2.5.5	Gestão da infraestrutura	36
2.5.6	Redução dos erros de medição	37
2.5.7	Combate à fraude e usos não autorizados.....	38
2.6	INDICADORES DE DESEMPENHO.....	39
2.6.1	Perdas em porcentagem do volume de entrada	41
2.6.2	Perdas por ligação	41
2.6.3	Índice de vazamento na infraestrutura	42
2.6.4	Matriz de avaliação do Banco Mundial.....	43
3	METODOLOGIA	45
3.1	APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	45
3.2	BANCO DE DADOS.....	47
3.3	PADRONIZAÇÃO DO CONTROLE ATIVO	48
3.4	CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	49
3.5	CÁLCULO DAS PERDAS REAIS INEVITÁVEIS E IVI ..	51

3.6	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	51
3.7	MEDIÇÃO DA PRESSÃO MÉDIA DO SISTEMA.....	52
3.8	CATEGORIA DE DESEMPENHO TÉCNICO	52
3.9	CÁLCULO DAS PERDAS APARENTES	52
3.10	BALANÇO HÍDRICO	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	CONTROLE DE PERDAS NO SCN	55
4.1.1	Instalação dos macromedidores.....	55
4.1.2	Controle de perdas reais.....	57
4.2	DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SCN	59
4.2.1	DMC 1 – Ratonos	59
4.2.2	DMC 2 – Daniela.....	61
4.2.3	DMC 3 – Praia Brava	64
4.2.4	DMC 4 – Vargem Pequena.....	68
4.3	ANÁLISE DOS INDICADORES	71
4.3.1	Indicadores de volume.....	71
4.3.1	Indicador de perdas na distribuição	73
4.4	DMC VARGEM PEQUENA	74
4.4.1	Rede de Abastecimento	74
4.4.2	Controle de Perdas.....	76
4.4.3	Controle Ativo de Perdas Reais	76
4.4.4	Controle de Perdas Aparentes	86
4.4.5	Balanço Hídrico – 2017.....	87
4.4.6	Acompanhamento da Matriz do Banco Mundial.....	88
4.4.7	IVI – Índice de Vazamento na Infraestrutura.....	89
4.4.8	Método das Vazões Mínimas Noturnas - Janeiro 2018....	90
4.4.9	Método das Vazões Mínimas Noturnas – Maio/Junho	96
4.5	FLUXOGRAMA DE AÇÕES.....	101
4.5.1	Plano de Ações DMC Vargem Pequena.....	103

4.5.1.1	Substituição de hidrômetros.....	103
4.5.1.2	Geofonamento.....	103
4.5.1.3	Controle de pressões.....	104
4.5.1.4	Controle de usos não autorizados.....	104
4.5.1.5	Melhoria na rede.....	104
4.5.1.6	Balanco Hídrico.....	105
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	106
	REFERÊNCIAS.....	108
	APÊNDICE A – POP BUSCA POR VAZAMENTOS OCULTOS.....	111
	APÊNDICE B – POP – GEOFONE ELETRÔNICO	113
	APÊNDICE C – PLANILHAS DE APOIO EM CAMPO.....	115
	APÊNDICE D – PLANILHAS CONTROLE GEOFONAMENTO.....	116
	APÊNDICE E – IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS	117
	APÊNDICE F – MEDIÇÃO DA PRESSÃO 18/01/2018.....	118
	APÊNDICE G – MEDIÇÃO DA PRESSÃO 11/05/2018.....	119
	ANEXO A – ALTIMETRIA.....	120

1 INTRODUÇÃO

A água é reconhecida como um 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). Nos últimos anos, o Brasil apresentou elevados investimentos do governo federal no setor do saneamento, entretanto, a grande maioria das ações se concentraram no aumento da oferta, não na melhoria de eficiência operacional e na diminuição das perdas de água (BEZERRA, 2013).

As perdas de água geram baixas performances e se tornaram um problema mundial, porém, com planejamento, conhecimento, recursos e gestão, é possível atingir e manter baixos níveis de perdas nos sistemas de abastecimento de água (TARDELLI FILHO, 2015).

No Brasil, a perda de água é uma questão importante e problemática. A média brasileira de perdas de água é, de aproximadamente, 38,1%, mas em algumas empresas de saneamento as perdas superam 60% (SNIS, 2017). O elevado índice de perdas de água reduz o faturamento das empresas e gera danos ao meio ambiente na medida em que implica na busca de novos mananciais para suprir as demandas (ABES, 2013).

No Sistema Costa Norte, em Florianópolis, foi dado início ao controle de perdas de água devido ao aumento da demanda na alta temporada. O controle de perdas no Sistema Costa Norte foi dividido em etapas, na primeira etapa foi realizada a setorização e instalação de macromedidores em oito distritos de medição e controle. O presente estudo teve como foco os distritos de medição e controle que tiveram acompanhamento durante o ano de 2017: Ratones, Daniela, Praia Brava e Vargem Pequena.

No presente estudo, o DMC Vargem Pequena foi avaliado em detalhes e apresenta a evolução do sistema, os resultados obtidos com as melhorias feitas entre janeiro de 2017 e junho de 2018, com enfoque no controle de perdas de água.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo geral**

Avaliar a metodologia de redução de perdas de água em um distrito de medição e controle do sistema de abastecimento Costa Norte em Florianópolis/SC de modo que possibilite a aplicação da metodologia em outros distritos de medição e controle.

1.1.2 **Objetivos específicos**

- Expor as alternativas para diagnóstico e controle de perdas no Sistema Costa Norte;
- Descrever a metodologia de controle ativo de perdas do Sistema Costa Norte;
- Comparar as características dos distritos de medição e controle do Sistema Costa Corte;
- Avaliar as melhorias e os indicadores de perdas de água no DMC Vargem Pequena;
- Elaborar um plano de ação para melhorias no controle de perdas de água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento da demanda de água e a crise hídrica mostram a necessidade de melhorias e ampliações nos serviços de abastecimento de água. Dessa forma, é essencial que o abastecimento seja realizado de maneira eficaz.

As perdas de água, em contrapartida, podem acarretar em redução da disponibilidade hídrica, falta de água, aumento dos custos operacionais, dentre outros; prejudicando a eficiência do sistema e a viabilidade financeira dos serviços públicos de água.

O combate efetivo das perdas de água é um dos problemas mais desafiadores da operação e manutenção de sistemas de abastecimento (BEZERRA, 2013).

2.1 PERDAS DE ÁGUA

O conceito de perdas de água é definido como a diferença entre o volume produzido nas ETAs – Estação de Tratamento de Água e os consumos autorizados na adução ou distribuição. Representa a soma da Perda Real com a Perda Aparente (ABES, 2015). As perdas podem ser consideradas para todo o sistema ou calculadas em relação à sub-sistemas como: adução de água bruta, sistema de adução, sistema de distribuição de água tratada, inclusive em setores de distribuição. Em cada caso, as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação (ALEGRE et al., 2000).

Bezerra (2013) afirma que as perdas em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos fatores infra estruturais 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. Entender as deficiências do sistema existente é crucial para definição de ações e em qual categoria de perdas elas são necessárias. Por conseguinte, o diagnóstico do sistema é fundamental.

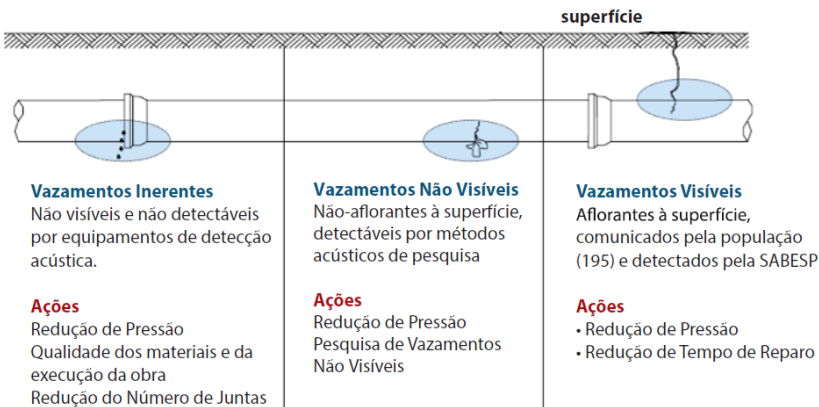
2.2 PERDAS REAIS

As perdas reais, também conhecidas como perdas físicas, representam os vazamentos em adutoras, redes de distribuição, cavaletes, estações de tratamento de água e extravasamento de reservatórios (BEZERRA, 2013). Bezerra (2013) destaca que é nas redes de distribuição e ramais prediais que ocorrem o maior número de vazamentos e o maior volume de perdido no SAA.

As principais causas apontadas para ocorrências de vazamentos são: pressões elevadas; variações bruscas de pressão; transientes hidráulicos (decorrentes de manobras de rede); má qualidade na execução das obras, nos materiais e conexões empregadas; reaterro executado sem a troca de solo ou compactação ineficiente; deficiências ou erros de projeto; mão de obra sem qualificação; utilização de equipamentos inadequados; falhas de operação e manutenção do sistema; corrosividade do solo e lençol freático; mudança no tipo de tráfico existente; intervenção de terceiros (ligações clandestinas), entre outros (COSTA, 2009). Apesar do volume consumido pelas ligações clandestinas representarem perdas aparentes, nas conexões utilizadas nas fraudes apresentam vazamentos elevados.

Segundo a IWA - *International Water Association*, os vazamentos de água são classificados em três tipos na rede de distribuição de água. A Figura 1 apresenta os tipos de vazamento e as ações para melhoria do sistema.

Figura 1 – Tipos de vazamentos e ações de combate.



Fonte: FUNASA (2014).

- Vazamentos Visíveis: possuem altas vazões e aflorantes à superfície, são vistos e comunicados pela população à operadora de saneamento para o reparo.

- Vazamentos Não Visíveis (Ocultos) e Não Detectáveis (Inerentes): não afloram à superfície do terreno e não são passíveis de serem identificados pelos equipamentos atuais de detecção acústica. Possuem baixas vazões e longa duração.

- Vazamentos Não Visíveis (Ocultos) e Detectáveis: não afloram à superfície, mas são passíveis de identificação pelos equipamentos atuais de detecção acústica, cuja duração e respectivo volume perdido estão diretamente associados ao intervalo entre duas varreduras de pesquisa de vazamentos.

Lambert (2001) propõe 4 ações para a redução do volume de perdas reais de água em um sistema de abastecimento (Figura 2):

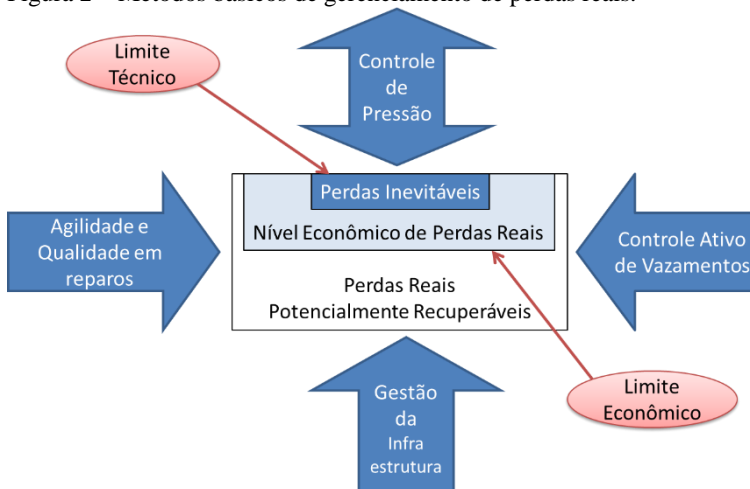
- Controle da pressão do sistema: aumento ou diminuição da pressão.

- Controle ativo de vazamentos não visíveis: ações de investigação para detecção e localização de vazamentos.

- Velocidade e qualidade nos reparos: ações de manutenção na rede e reparo dos vazamentos.

- Gestão da infraestrutura: controle da idade das tubulações e melhorias na rede.

Figura 2 – Métodos básicos de gerenciamento de perdas reais.



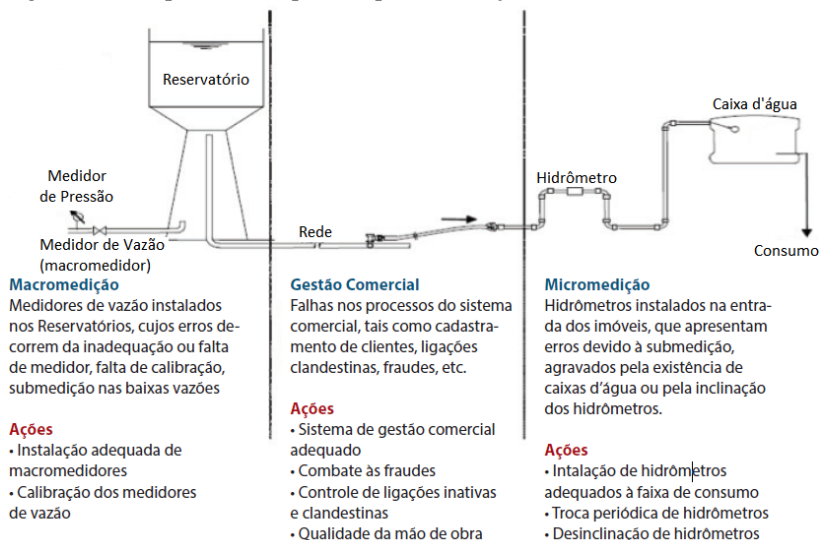
Fonte: Adaptado LAMBERT (2001).

2.3 PERDAS APARENTES

As perdas aparentes, também conhecidas como perdas não físicas ou comerciais, representam as fraudes, ligações clandestinas, erros de medição e falhas no cadastro técnico e comercial. (BEZERRA, 2013). Existem diversos tipos de fraudes aplicadas nos sistemas de distribuição de água, os mais comuns são: ligação clandestina, inclinação do medidor, furo no visor do hidrômetro, inversão do hidrômetro e inserção de objeto na engrenagem do hidrômetro. Para combater as fraudes a gestão comercial faz a atualização do cadastro comercial, fiscalização de fraudes e uso ilegal, essas tarefas incluem o monitoramento da fatura de água e de indícios de uso ilegal da rede.

Erros de medição ocorrem pela diversidade de tipos de medidores, submedição em baixas vazões, falta de manutenção e calibração dos hidrômetros e, principalmente, à idade e ao estado de conservação, dimensionamento dos hidrômetros, erros de leitura e estimativas de consumos (BEZERRA, 2013). Os erros de medição ocorrem na macromedição (entrada e saída de DMC, saída de ETA) e também na micromedição (hidrômetros). A Figura 3 apresenta os componentes das perdas aparentes e as ações de combate.

Figura 3 – Componentes de perdas aparentes e ações de combate.



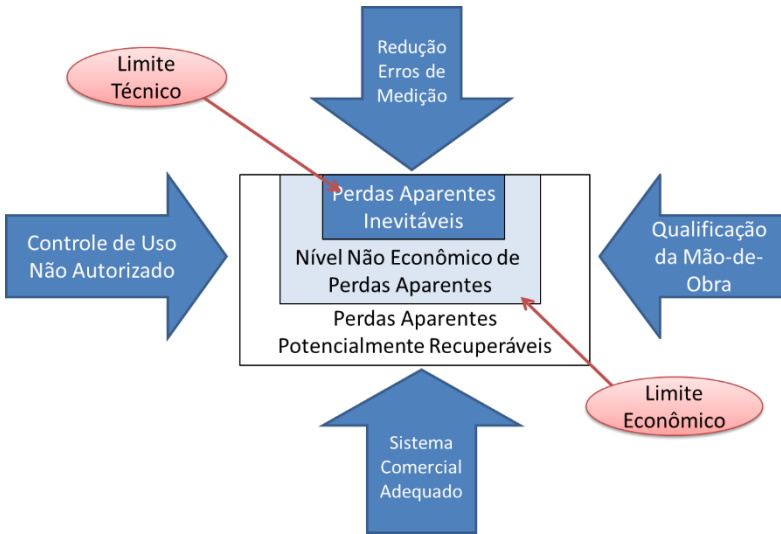
Fonte: FUNASA (2014).

Pinto (2012) aponta ações para combater as perdas de água aparentes como: treinamento dos leituristas, certificação da qualidade dos hidrômetros, utilização de hidrômetros mais precisos ou com faixas de utilização otimizada, acompanhamento da idade média do parque de hidrômetros, acompanhamento do nível de utilização dos hidrômetros por volume, utilização de medidas e acessórios que dificultem a propagação de fraudes como cápsulas internas de corte, cavaletes com travas, selos, lacres e blindagem, entre outros.

Assim como proposto em perdas reais, são propostas 4 ações para a redução do volume de perdas aparentes de água em um sistema de abastecimento (Figura 4):

- Redução dos erros de medição.
- Qualificação da mão-de-obra.
- Controle de uso não autorizado.
- Sistema comercial adequado.

Figura 4 – Métodos básicos de gerenciamento de perdas aparentes.



Fonte: Adaptado TARDELLI (2013).

2.4 BALANÇO HÍDRICO

A falta de um padrão significativo e de nomenclatura única para os componentes das perdas de água, tornava praticamente impossível realizar comparações confiáveis de desempenho entre sistemas de abastecimento (BEZERRA, 2013; WINARNI, 2009).

Estando ciente dos problemas da grande diversidade de métodos de balanço hídrico e com base nas melhores práticas de muitos países a IWA constituiu um grupo-tarefa (WLSG - *Water Loss Specialist Group*) para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e estrutura do balanço hídrico (Figura 5).

Figura 5 – Componentes do Balanço Hídrico.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios	
Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)				

Fonte: FARLEY (2008).

O balanço hídrico permite conhecer o quanto de água é perdida no sistema de abastecimento (FARLEY, 2008), que é o primeiro passo para o controle de perdas. Segundo IWA, as componentes do balanço hídrico são:

- Volume de entrada no sistema (*System Input Volume*): volume de água anual de entrada no sistema.

- Consumo autorizado (*Authorised Consumption*): volume anual de água medido e não medido, consumido e inclui itens como combate a incêndios, descarga de rede, limpeza de reservatórios, etc.

- Água não faturada (*Non-Revenue Water NRW*): diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado faturado.

- Perdas de água (*Water losses*): diferença entre volume de entrada no sistema e consumo autorizado. Compreende perdas reais e aparentes.

- Perdas aparentes (*Apparent losses*): aquelas associadas a todos os tipos de imprecisões às medições de água produzida e consumida e também ao consumo não autorizado ocasionado por fraudes, ligações clandestinas e/ou irregularidades, erros de hidrômetros, de leitura ou falhas no cadastro comercial (ALEGRE, et al., 2004). A água é

consumida, porém não é faturada pela empresa de saneamento. São perdas não físicas (FUNASA, 2014).

•Perdas reais (*Real losses*): toda água que vaza no sistema, não chegando até às instalações do cliente, também conhecida como perdas físicas de água. Estas são ocasionadas por vazamentos ou rompimentos em adutoras, redes, ramais e conexões, trincas e fissuras nas paredes dos reservatórios e extravasamentos do mesmo (ALEGRE, et al., 2004). Este tipo de perda impacta a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e os custos de produção de água tratada (FUNASA, 2014).

2.5 CONTROLE DE PERDAS

2.5.1 Vazão mínima noturna

O método *bottom-up*, mais utilizado no mundo, na determinação e controle de perdas reais, consiste na avaliação da vazão mínima noturna. Esse método aplica dados de pesquisas, testes e inspeções de campo para quantificar o volume de perdas reais dentro dos setores de sistemas de distribuição (BEZERRA, 2012). A vazão mínima noturna é a vazão medida em qualquer rede de distribuição ou DMC durante o período de mínima demanda à noite (FARLEY, 2001).

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).

Em sistemas de abastecimento sem intermitências e com pressurização normal, os consumos são mínimos entre às 02:00h e às 04:00h (AESBE, 2015). Nos países europeus e norte-americanos, cerca de 6% da população dos sistemas urbanos está ativa durante o período de vazão mínima noturna e faltam estudos específicos para condições brasileiras (BEZERRA, 2012). Na ausência de dados específicos, a SABESP utiliza a soma das equações 1 e 2 para estimar o consumo mínimo (ABES, 2015)

$$ConsLeg = 0,34 \times Hab \quad (1)$$

$$V_{int} = 0,5 \times ram \quad (2)$$

Onde:

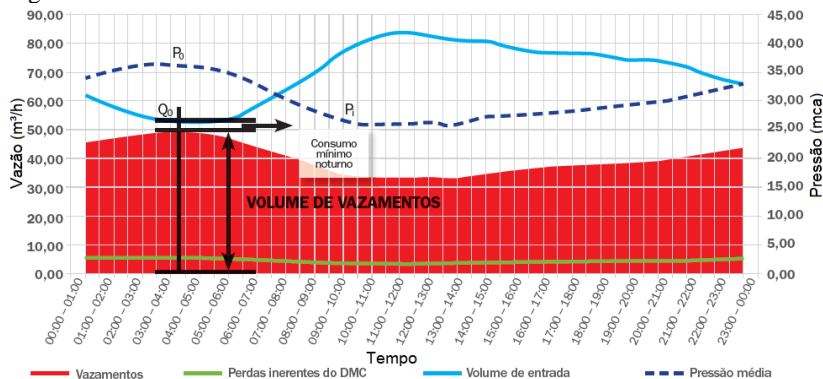
$ConsLeg$ é o consumo legítimo total do DMC (L);

V_{int} é o volume de vazamentos internos, que são medidos pelo hidrômetro (L);

Hab é o número de habitantes;
 Ram é o número de ramais pressurizados.

A Figura 6 apresenta o método das vazões mínimas noturnas. Destaca-se que os vazamentos são sensíveis à pressão (BEZERRA, 2012).

Figura 6 – Método das vazões mínimas noturnas.



Fonte: AESBE (2015).

Esse método é utilizado para estimar o volume diário de vazamentos e com o monitoramento por telemetria permite um controle eficiente de novos vazamentos. Não é possível multiplicar o volume de vazamentos na hora de menor consumo por 24, seria uma superestimação do volume diário de vazamentos (AESB, 2015). A alternativa apresentada no método é a criação do F_{ND} “Fator Noite-Dia” apresentado na equação 3, um número que multiplicado pelo volume de vazamentos na hora da Vazão Mínima Noturna, resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos.

$$F_{ND} = \sum \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{N1} \quad (3)$$

Onde:

P_i é a pressão média da rede em um horário qualquer do dia;

P_0 é a pressão média na hora em que ocorre a vazão mínima noturna;

$N1$ é o fator de escala na relação pressão-vazamento e obtido a partir do fechamento do registro (manobra) de entrada do setor.

Segundo Bezerra (2013), é possível avaliar o volume de vazamentos em um DMC de um modo prático. Geralmente obtém-se valores próximos aos reais ao assumir a linearidade entre pressão e vazão, ou seja com $N1=1$. Quando possível, o coeficiente deve ser determinado in loco. A equação 4 é utilizada para o volume de perdas reais no dia.

$$\text{Perdas Reais} = F_{ND} \times (Q_{MIN} - C_{min}) \quad (4)$$

Onde:

Q_{MIN} é a vazão mínima noturna (L/h);

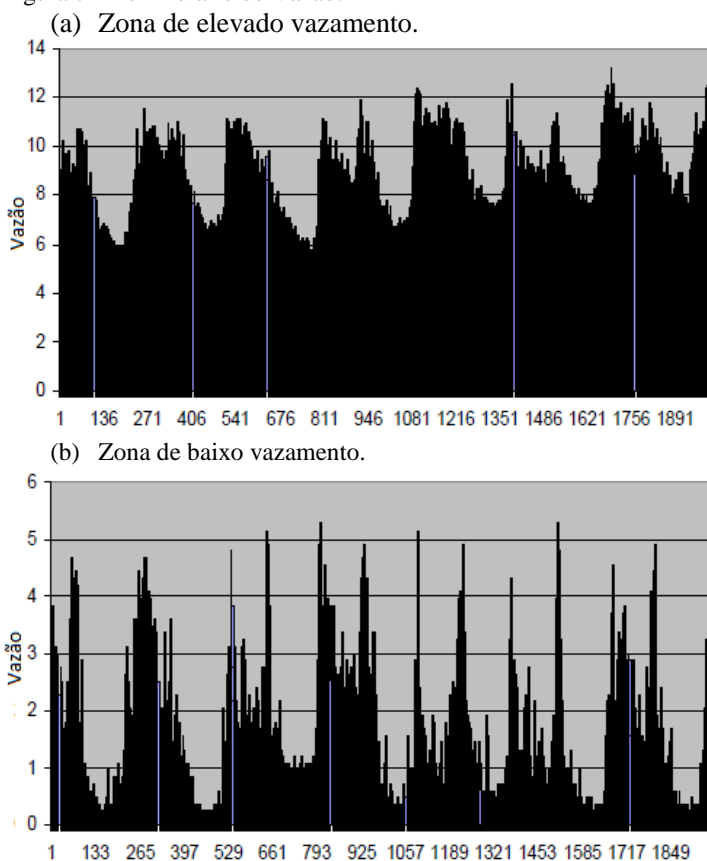
F_{ND} é o fator noite-dia;

C_{MIN} é o consumo mínimo (L/h)

Se a vazão de entrada no DMC, ou setor, 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). A Figura 7 (a) apresenta uma vazão noturna com grande proporção em relação à vazão média, nesses casos, é provável que haja uma perda elevada por vazamentos. De forma contrária, se a vazão noturna é apenas uma pequena proporção da média diária, como apresentado na Figura 7 (b), a probabilidade de perdas por vazamentos não visíveis é pequena.

Monitorar as vazões diárias nos setores de abastecimento é essencial, pois grandes variações de vazão podem estar ligadas a um evento de perdas. Identificar quando ocorrem e agir para combater esse evento, torna-se importante para o suprimir as perdas.

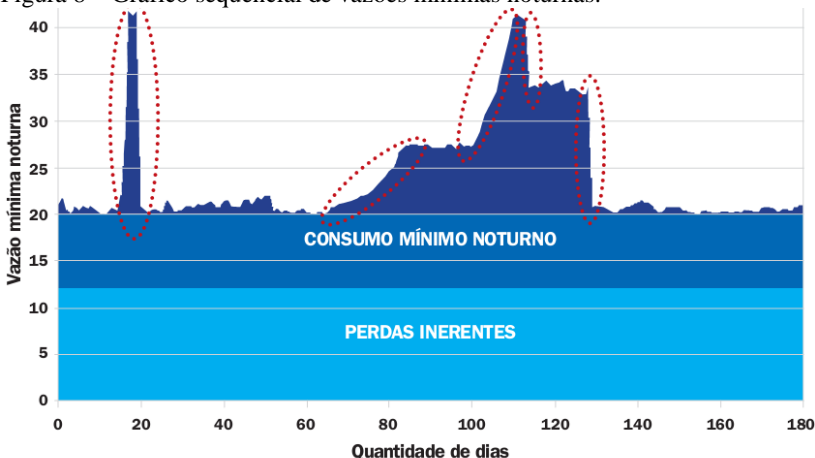
Figura 7 – Perfil diário de Vazão.



Fonte: LAMBERT (2010)

Com o monitoramento contínuo, deve-se fazer o controle das vazões mínimas noturnas, como na Figura 8, que apresenta um gráfico de uma sequência de 180 dias de vazões mínimas noturnas em um DMC com controle de vazamentos já estabilizado e levado ao limite (AESBE, 2015). Os picos que aparecem no gráfico equivalem aos vazamentos. No primeiro pico (à esquerda) representa um vazamento visível, que foi reparado em três dias. O segundo e o terceiro destaques representam dois vazamentos não visíveis, após a pesquisa ativa de vazamentos com detecção acústica, os vazamentos foram reparados (quarto e quinto destaques), refletindo na queda da vazão mínima noturna (AESBE, 2015).

Figura 8 – Gráfico sequencial de vazões mínimas noturnas.



Fonte: AESBE (2015).

Lambert (2010) destaca que em países como a Nova Zelândia, as vazões noturnas podem variar sazonalmente de forma significativa devidos usos excepcionais como à rega de jardim, feriados, atividades noturnas de temporada, etc. Assim, qualquer tentativa de estimar as perdas reais pela vazão mínima noturna, durante períodos de consumo excepcional, será invalidada, pela quantidade elevada e desconhecida de consumo noturno. Nestes casos, é indicado medir e interpretar as vazões mínimas noturnas em épocas do ano com consumo excepcional mínimo, tipicamente de abril a outubro na Nova Zelândia.

2.5.2 Setorização

Uma gestão ativa para controle de perdas de água só é possível utilizando a setorização, onde o sistema como um todo é dividido em diversos subsistemas em que as perdas de água podem ser calculadas individualmente. Estes subsistemas, denominados de distritos de medição e controle (DMC), devem ser hidráulicamente isolados de modo que seja possível calcular o volume de água não faturado dentro dos mesmos. Utilizar a setorização permite aos operadores de rede gerenciar o sistema de forma mais eficaz em termos de controle de pressão, qualidade da água e quantificar a água não faturada (FARLEY, 2008).

Os DMC devem ser hidráulicamente delimitados por meio de fechamentos de registros, naturalmente por limites geográficos ou

avenidas. A concessionária deve limitar o número de entradas, o que também ajuda a reduzir o custo da instalação dos medidores de vazão. Para sua realização, é necessário fechar permanentemente um ou mais registros, garantindo a representação, com precisão, da vazão total de entrada no DMC (FARLEY, 2008).

O conceito de setorização por DMC favorece a análise dos dados de medição e delimita a procura por vazamentos, sendo estes encontrados de forma mais rápida, conseqüentemente, diminui o volume total de água perdida (FARLEY, 2008).

Não há um consenso sobre o tamanho máximo dos DMC, variando entre 3.000 a 8.000 ligações. É importante ressaltar que é comum a divisão da rede em grandes setores, que não necessariamente são DMC (BEZERRA, 2013).

O estudo de setorização e zoneamento de pressão é o ponto de partida para desenvolver projetos com base no crescimento populacional, caracterização dos tipos de consumidores e da capacidade do sistema existente para atender às demandas futuras, além de manter e aprimorar a eficiência operacional dos setores de abastecimento buscando redução de perdas e redução do consumo de energia elétrica (SILVA, 2017).

A introdução do controle de perdas utilizando os DMC, geralmente, requer financiamentos significativos a curto e longo prazo, para eficácia do sistema. A curto prazo, faz-se necessário compreender a configuração da rede atual, planejar e implementar as medidas requeridas para a gestão dos DMC. Já a longo prazo, deve-se manter o sistema em termos de funcionamento, análises de dados e localização e conserto de vazamentos (MORRISON, 2007). A criação de distritos de medição e controle faz-se indispensável, otimizando o tempo e investimentos, priorizando as ações nos DMCs com maior necessidade.

2.5.3 Controle ativo de vazamentos

Tão importante quanto a velocidade no reparo de vazamentos visíveis, é o controle e busca dos vazamentos não visíveis (BEZERRA, 2013). A abordagem tradicional de controle de vazamentos é passiva, ou seja, os vazamentos são reparados apenas quando se tornam visíveis. Os vazamentos não visíveis, pelo fato de demorarem mais tempo a serem detectados, acabam por impactar os sistemas de abastecimento nos volumes de água perdidos, aumentando consideravelmente o percentual de perdas da empresa.

O controle ativo de vazamentos é uma ação estratégica da empresa no controle e redução de perdas reais (BEZERRA, 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 controle ativo de vazamentos passa pelas seguintes etapas:

- Detecção do vazamento:** nesta etapa são encontrados os pontos nos quais existem possíveis vazamentos nas proximidades, ou seja, é determinado se existem ou não vazamentos, mas não determina o local exato onde eles se encontram. Realiza-se a pesquisa com haste de escuta em todos os pontos disponíveis do sistema (cavaletes, hidrantes de coluna, registros de rede, etc.). Todos os pontos em que forem captados sons de vazamentos são anotados para pesquisa posterior.

- Haste de escuta** é um equipamento mecânico para detecção de vazamentos, que os indica nas proximidades, sem apontar o local preciso. Dessa forma, serve para indicar a existência ou não de vazamentos não visíveis, em pontos acessíveis da tubulação como hidrantes, cavaletes e registros. Sem indícios de vazamentos em um determinado ponto, não é necessário o geofonamento nas proximidades.

- Localização do vazamento:** nesta etapa são pesquisados com geofone os locais que foram destacados na etapa anterior e locais onde não há pontos de contato nas proximidades. A localização é encontrar o ponto onde ocorre o vazamento e marcar o local para posterior reparo.

Geofone eletrônico é um equipamento 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.

- Reparo do vazamento:** após a localização do vazamento, a equipe de reparo é acionada. É executada a escavação do local e conserto da rede, ramal ou cavalete.

2.5.4 **Controle de pressão na rede**

Segundo Bezerra (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 a gestão de pressão na rede de abastecimento, cada sistema deve ser estudado individualmente considerando os aspectos

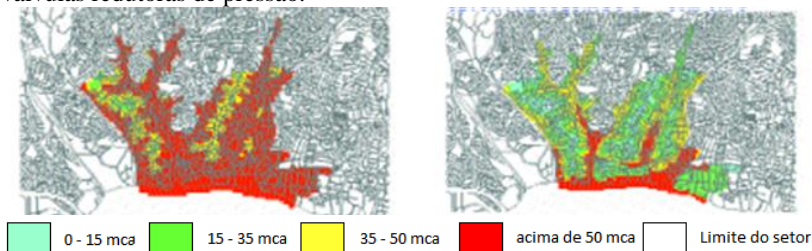
técnicos, financeiros, ambientais e sociais, no entanto, a gestão de pressão é recomendada.

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. Com o controle de pressão, diminui-se o volume perdido, aumentando a oferta de água para áreas submetidas a intermitências, melhorando a performance do abastecimento e impactando positivamente na imagem da empresa (FREITAS, 2007).

Perdas reais são dependentes da pressão média do sistema, ao contrário dos consumos e das perdas aparentes, que são independentes da pressão em uma larga medida. (AESBE, 2015). Evidenciando a necessidade do estudo, monitoramento e controle de pressão nas redes de abastecimento.

Freitas (2007) comparou o setor Freguesia em São Paulo antes e depois do controle de pressão. Nesse estudo foi realizada a setorização por zonas de pressão e instalação de válvulas redutoras de pressão. A Figura 9 apresenta a pressão do setor Freguesia mapeada em quatro intervalos: 0 a 15 mca, 15 a 35 mca, 35 a 50 mca e acima de 50 mca. Após o controle de pressão, a vazão mínima noturna diminuiu 80 L/s, cerca de 20%. Nos horários críticos, de maior consumo, a diminuição de vazão ficou abaixo de 10%. Freitas concluiu que os volumes reduzidos não proporcionaram desabastecimento e os ganhos foram a redução da vazão dos vazamentos e a diminuição da ocorrência de rompimentos, além de resultar na melhoria dos indicadores operacionais. O estudo destaca que o aumento no volume produzido foi pequeno, se comparado com o crescimento vegetativo observado nos 10 anos estudados, impactando claramente, na redução de perdas de água.

Figura 9 – Comparação no setor Freguesia antes e depois da instalação de válvulas redutoras de pressão.



Fonte: FREITAS (2007).

2.5.5 Gestão da infraestrutura

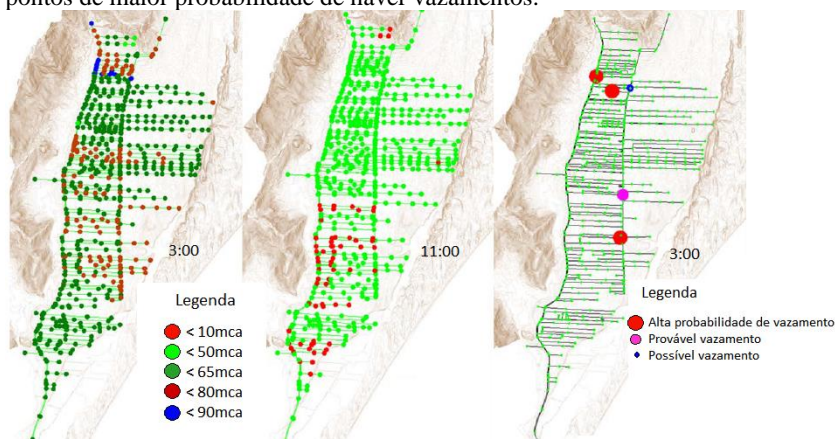
O Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA (*IWA Water Loss Task Force*) afirma que a gestão da infraestrutura é uma das principais ações em um programa de combate a perdas de água. Durante a vida útil dos sistemas de abastecimento surgem situações como ampliações da rede, demandas em áreas não 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, 2013).

Por meio do uso integrado de indicadores de desempenho, balanço hídrico e modelagem hidráulica, é possível traçar estratégias de combate as perdas de água e apresentar modificações físicas e operacionais que devem ser efetuadas com a finalidade de garantir o abastecimento de água (MARCHI, 2017).

A substituição de redes antigas por materiais mais novos e resistentes como por exemplo PEAD contribuem significativamente para a redução de perdas de água na distribuição. Em redes com a utilização de juntas soldáveis, os materiais em contato formam um conjunto único, evitando, assim, os vazamentos. Com o PEAD é possível fazer a implantação de uma rede única, com tubulação contínua, já que o material é fornecido em bobinas de até 100 metros de comprimento, o que reduz a utilização de conexões (COPASA, 2011). A COPASA até 2011 implantou, em Minas Gerais, redes em PEAD nas cidades de Campanha, Curvelo e Montes Claros, em substituição às redes antigas, obtendo resultados positivos na redução de perdas.

Estudos de modelagem hidráulica para a gestão da infraestrutura são utilizados evitando gastos com substituição de redes que ainda estão em condições de operação. Marchi (2017) aplicou o estudo de modelagem hidráulica (*WaterGems*) na região do Rio Vermelho, em Florianópolis/SC. O autor elaborou um plano de atualização de rede de água e modificações operacionais para um horizonte de 20 anos com foco na redução das perdas de água. Além disso, mapeou as regiões críticas do sistema que necessitavam de ações imediatas para redução das perdas (Figura 10).

Figura 10 – Distribuição de pressão nos horários de menor e maior consumo e pontos de maior probabilidade de haver vazamentos.



Fonte: MARCHI (2017).

2.5.6 Redução dos erros de medição

Para redução dos erros de medição é necessária a gestão eficiente do parque de hidrômetros, as perdas provocadas por esses erros podem ser controladas por meio da promoção de campanhas de substituição e manutenção periódicas, dimensionamento adequado e compra de hidrômetros certificados pelo Inmetro. A hidrometração é indispensável no levantamento das perdas, pois permite definir o nível de perdas aparentes e de faturamento, além disso possibilita o cálculo das perdas reais (BEZERRA, 2013).

A falta de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes, contudo é negligenciada por alguns operadores, como por exemplo nos estados do Pará, Amapá e Maranhão, nos quais os índices de hidrometração foram inferiores a 33,0% em 2016 (SNIS, 2017). Ademais, a falta de manutenção e substituição dos hidrômetros em Maceió também geraram perdas elevadas. Estudos realizados no sistema de abastecimento de Maceió mostraram que nos hidrômetros com mais de 10 anos de uso as perdas ficaram próximas a 50% (BEZERRA, 2013).

Para a ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, o combate aos erros de medição deve ser feito a partir do gerenciamento da hidrometria. O gerenciamento da hidrometria busca acompanhar os hidrômetros instalados, priorizar a substituição daqueles sujeitos a maiores submedições devido ao envelhecimento ou à

inadequação da sua capacidade nominal ao perfil de consumo do cliente e a substituição dos hidrômetros quebrados (TARDELLI FILHO, 2015).

A experiência internacional e de algumas cidades brasileiras leva a concluir que o consumo em áreas com ligações não medidas fica limitado à capacidade de suprimento do sistema, pois o usuário não tem motivos para economizar água ou evitar desperdícios de vazamentos em tubulações (SÁ, 2007).

De um modo geral, os fabricantes de hidrômetros recomendam a troca do hidrômetro a cada cinco anos, a partir deste prazo, o equipamento pode apresentar sinais de submedição. Para Coelho (2009) o hidrômetro deve ser trocado quando as perdas da receita ocasionadas pela submedição forem iguais ou maiores que os custos da substituição do hidrômetro.

Sá (2007) acompanhou o projeto de hidrometração da cidade de Joinville/SC, que após a substituição/instalação de 38.392 hidrômetros apresentou um aumento de 57,0% no faturamento e 32,0% no consumo mensal. Além disso, Sá destaca que o projeto obteve um *payback* de 7 meses e que a vida útil de um hidrômetro é no mínimo de 60 meses, trazendo ganhos reais para a companhia de saneamento.

2.5.7 Combate à fraude e usos não autorizados

Para a ABES o combate às fraudes e irregularidades representam o monitoramento das variações de consumo dos clientes, com a identificação de potenciais irregularidades (ligações clandestinas ou reativações de ligações consideradas inativas), inspeção em campo, acatamento de denúncias e posterior regularização dos problemas constatados (TARDELLI FILHO, 2015).

O combate às fraudes deve ser uma atividade rotineira nas companhias de saneamento, pois, se houver a percepção de fragilidade, os potenciais fraudadores se encorajarão ao delito (TSUTIYA, 2013).

Bezerra (2013) apresenta que na região Metropolitana de São Paulo foram detectadas 23.572 fraudes em 218 mil vistorias, apresentando um desvio total de 4,4 milhões de m³ de água e esgoto. Esse volume é equivalente ao consumo de 34.000 pessoas. Bezerra, assim como Tsutiya, afirma que as campanhas de combate às fraudes devem ser de caráter contínuo e em uma linguagem acessível às comunidades alvo.

2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicadores de desempenho (ID) são instrumentos de apoio para o monitoramento da eficiência e são utilizados para tomadas de decisão. Visando a qualidade dos serviços, deve-se buscar a melhoria contínua, assim, os indicadores de desempenho são ferramentas de apoio. Ademais, são utilizados como referência para comparação entre sistemas e comparação temporal do mesmo sistema. O SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) e a IWA têm uma série de IDs e de operação que auxiliam na avaliação do serviço, planejamento, formulação de novas metas e ações.

Os indicadores devem oferecer bases seguras para o planejamento das ações e a avaliação de resultados; possibilitar a análise de desempenho; permitir a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços; bem como contribuir na definição de políticas públicas para o setor de saneamento, nas três esferas de governo - Federal, Estadual e Municipal (MIRANDA, 2002). Para a IWA, os indicadores são classificados em 3 níveis:

- Nível básico: composto por indicadores derivados de informações técnicas mínimas, exigíveis de todos os sistemas indistintamente. Fornece uma síntese da eficiência e da eficácia do operador.

- Nível intermediário: composto por indicadores derivados de informações técnicas específicas mais refinadas do que as utilizadas nos indicadores do nível básico. Permite um conhecimento mais pormenorizado que os indicadores do nível básico, possibilitando uma análise mais profunda.

- Nível avançado: composto por indicadores derivados de informações técnicas que, adicionalmente aos atributos das anteriores (níveis básico e intermediário) envolvem um grande esforço de monitoramento e controle operacional, utilizando técnicas e equipamentos mais sofisticados. São indicadores com maior detalhe específico, relevantes para a gestão do operador.

São indicadores do nível básico: o índice de perdas de faturamento (%) – IN₀₁₃ e índice de perdas na distribuição (%) - IN₀₄₉. Alguns indicadores de nível intermediário são índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km) - IN₀₅₀ e índice de perdas lineares (litros/ligação/dia) - IN₀₅₁. O índice de vazamento na infraestrutura é um exemplo de indicador de nível avançado.

É publicado anualmente, desde 1995, pelo Ministério das Cidades, o “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, o qual divulga a base de dados do SNIS, abrangendo uma série de indicadores, inclusive de perdas. No Quadro 1 são apresentados os indicadores relacionados a perdas de água.

Quadro 1 – Indicadores de desempenho relacionados à perdas.

Nº1	Código	Indicador (unidade)	Entidade
1	IN ₀₀₉	Índice de hidrometração (%)	SNIS
2	IN ₀₁₀	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%)	SNIS
3	IN ₀₁₁	Índice de macromedição	SNIS
4	IN ₀₁₃	Índice de perdas faturamento (%)	SNIS
5	IN ₀₁₄	Consumo micromedido por economia (m ³ /mês/economia)	SNIS
6	IN ₀₁₇	Consumo de água faturado por economia	SNIS
7	IN ₀₂₂	Consumo médio per capita de água (litros/hab.dia)	SNIS
8	IN ₀₂₅	Volume de água disponibilizado por economia	SNIS
9	IN ₀₂₈	Índice de faturamento de água	SNIS
10	IN ₀₄₉	Índice de perdas na distribuição (%)	SNIS
11	IN ₀₅₀	Índice bruto de perdas lineares (m ³ /dia/km)	SNIS
12	IN ₀₅₁	Índice de perdas por ligação (litros/ligação/dia)	SNIS
13	IN ₀₅₂	Índice de consumo de água	SNIS
14	IN ₀₅₃	Consumo médio de água por economia	SNIS
15	FI46	Água não faturada em porcentagem de volume (%)	IWA
16	Op8	Substituições de hidrômetros (nº/ano)	IWA
17	Op23	Perdas de água por ramal (m ³ /ligação/ano)	IWA
18	Op24	Perdas de água por comprimento de rede (m ³ /ligação/ano)	IWA
19	Op25	Perdas aparentes por ramal (%)	IWA
20	Op26	Perdas aparentes por volume de entrada (%)	IWA
21	Op27	Perdas reais por ligação (L/ligação/ dia com sistema pressurizado)	IWA
22	Op27	Perdas reais por comprimento de rede (L/km/ dia com sistema pressurizado)	IWA
23	Op29	Índice de vazamento na infraestrutura (IVI)	IWA
24	Op31	Avarias em redes de água (nº/100 km/ano)	IWA

Fonte: Elaborado pela autora.

Os indicadores mais utilizados atualmente são: perdas em porcentagem do volume de entrada, perdas por ligação e índice de vazamentos na infraestrutura (IVI). Estes indicadores seguem a ordem de nível básico, intermediário e avançado, e são apresentados em sequência.

2.6.1 Perdas em porcentagem do volume de entrada

As perdas de água em porcentagem do volume de entrada no sistema representam um indicador tradicional e facilmente calculado. É o indicador mais comum citado por não especialistas, como políticos e a mídia. Entretanto, é um indicador básico e não é recomendado para fins operacionais ou avaliar a eficiência da gestão do sistema de abastecimento, visto que é fortemente influenciado pelo consumo, variação de consumo e alta pressão (WINARNI, 2009; BEZERRA, 2013).

Esse índice é de difícil interpretação em situações de fornecimento intermitente e, além disso, não se distinguem perdas reais de perdas aparentes, dessa forma, as ações contra perdas podem não surtir o efeito esperado. Segundo Bezerra (2013) apesar das deficiências, é importante o cálculo sistemático deste indicador, pois, mostrará as tendências e a evolução das perdas nos sistemas e companhias, apresentando-se como ferramenta de controle e acompanhamento do nível de perdas.

No SNIS, este indicador é apresentado como IN_{049} (Índice de perdas na distribuição).

2.6.2 Perdas por ligação

A frequência de vazamentos e o volume anual de perdas são maiores nas ligações e ramais prediais do que na rede de distribuição, pois há grande quantidade de conexões e acessórios (WINARNI, 2009). Dessa maneira evidenciando a necessidade do cálculo das perdas por ligação (m^3 /ligação/ano).

Esse indicador é de nível intermediário e pode ser utilizado como indicador operacional dos DMCs e sistemas (BEZERRA, 2013). É um indicador volumétrico e incorpora perdas reais e aparentes. Uma das desvantagens são problemas na sua adoção em locais que uma ligação abastece várias economias e densidade de ligações baixa. Em sistemas que a densidade de ligações é menor que 20 ligações por quilômetro, esse indicador se torna inadequado e a IWA utiliza como alternativa o indicador de perdas por quilômetro (m^3 /km de comprimento de rede/ano). Nos casos de sistemas de abastecimento intermitentes, o indicador é

expresso em litros/ligação/dias em que o sistema é pressurizado. Outra desvantagem desse indicador é não levar em consideração a pressão operacional e a diferenciação entre densidades de ligações.

No SNIS esses indicadores são apresentados como IN_{050} - Índice bruto de perdas lineares ($m^3/dia/km$) e IN_{051} - Índice de perdas lineares (litros/ligação/dia). Na IWA, estes indicadores são apresentados como Op23 ($m^3/ligação/ano$), Op24 ($m^3/km/dia$), Op27 (litros/ligação/dias com sistema pressurizado) e Op28 (litros/km/dias com sistema pressurizado).

2.6.3 Índice de vazamento na infraestrutura

Lambert (2000) percebeu a necessidade de um indicador de desempenho de perdas reais, que permitisse comparações entre sistemas, com características muito diferentes de fornecimento (intermitente ou não), baixa e alta pressão, padrão de consumo e etc. A IWA recomenda o cálculo do índice de vazamentos na infraestrutura (IVI) como indicador operacional (Op29). Esse indicador é categorizado como nível avançado, indicadores que fornecem a maior quantidade de detalhes específicos e são relevantes a nível de gerenciamento.

O IVI já é amplamente aceito e usado em todo o mundo, como melhor descreve a eficiência do gerenciamento de perdas reais de água. É uma medida de quão bem uma rede de distribuição é gerenciada em relação ao controle de perdas reais, à pressão operacional atual. O IVI é a razão entre PRA - Perdas Reais Anuais e PRI - Perdas Reais Inevitáveis, Equação 5.

$$IVI = \frac{(PRA)}{(PRI)} \quad (5)$$

Onde:

IVI: Índice de vazamento na infraestrutura;

PRA: Perdas reais anuais;

PRI: Perdas reais inevitáveis.

A diferença entre perdas reais e perdas reais inevitáveis é o potencial de recuperação de perdas reais. A IWA desenvolveu a Equação 6 que depende da pressão média do sistema para prever os valores PRI para diversos sistemas de distribuição.

$$PRI(\text{litros}/\text{dia}) = (18 \times L_{\text{rede}} + 0,8 \times NL + 25 \times L_{\text{ramal}}) \times P \quad (6)$$

Onde:

L_{rede} é o comprimento da rede em km;

NL é o número de ligações;

L_{ramal} é o comprimento total do ramal em km;

P é a pressão média do sistema em metros.

As perdas reais sempre existirão, mesmo nos melhores sistemas de distribuição. O volume de perdas reais inevitáveis (PRI) é a menor perda real tecnicamente possível para um sistema bem mantido e bem gerenciado.

O IVI é uma medida de quão bem estão sendo realizadas as três funções de gerenciamento de infraestrutura (agilidade e qualidade dos reparos, gerenciamento e manutenção de materiais, controle de vazamento ativo). Embora um sistema bem gerenciado possa ter uma IVI de 1,0 ($PRA = PRI$), isso não precisa necessariamente ser o alvo, pois o IVI é um indicador de desempenho puramente técnico e não considera questões econômicas (WINARNI, 2009).

Para qualquer sistema de distribuição de água, existe um nível de vazamento do qual não é econômico fazer mais investimentos ou usar recursos adicionais para reduzir o vazamento, ou seja, o valor da água economizada é menor que o custo adicional para tal redução.

2.6.4 Matriz de avaliação do Banco Mundial

O Banco Mundial desenvolveu um sistema de classificação dos sistemas de abastecimento em categorias de desempenho técnico. Este sistema possui uma matriz de avaliação de perdas (Quadro 2) que relaciona o IVI, o índice de perdas por ligação e a pressão média no sistema, além de diferenciar, para sua avaliação, países desenvolvidos e países não desenvolvidos (AESBE, 2016).

O resultado desta avaliação são quatro categorias de desempenho técnico e sugestões para cada categoria, conforme apresentado no Quadro 3 para países em desenvolvimento, no qual o Brasil se enquadra.

Quadro 2 – Categorias de desempenho técnico do Banco Mundial

Categorias de Desempenho Técnico		IVI	Litros/ramal/dia				
			10m	20m	30	40	50
Países em Desenvolvimento	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Fonte: Banco Mundial, AESBE (2015).

Quadro 3 – Categorias de desempenho técnico e sugestões do Banco Mundial.

Categorias de Desempenho Técnico	A	Redução de perda pode não ser econômica, a menos que haja insuficiência de abastecimento; São necessárias análise mais criteriosas para identificar o custo efetivo da melhoria.
	B	Potencial para melhorias significativas; Considerar o gerenciamento de pressão; Práticas melhores de controle ativo de vazamentos e uma melhora manutenção da rede.
	C	Registro deficiente de vazamentos; Tolerável somente se a água é abundante e barata; Mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos.
	D	Uso muito ineficiente dos recursos; Programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário.

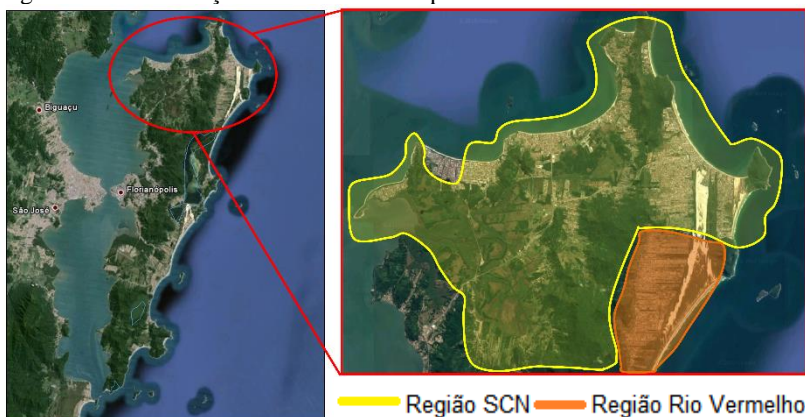
Fonte: Banco Mundial (AESBE, 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada em Florianópolis/SC, na parte norte da ilha de Santa Catarina (Figura 11). 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), Figura 12. O SCN é operado pela SRM/GOPS - Superintendência Regional Metropolitana/Gerência Operacional.

Figura 11 – Localização e área abastecida pelo Sistema Costa Norte.

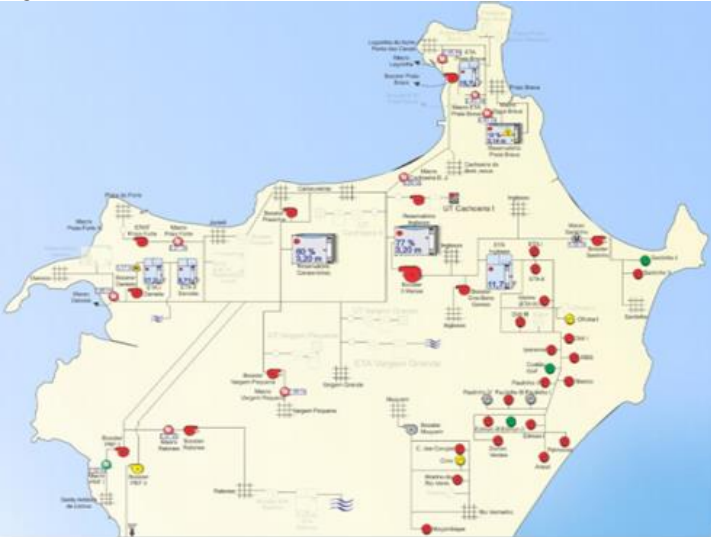


Fonte: CASAN.

A água para o abastecimento da região é fornecida principalmente por captação subterrânea do aquífero Ingleses através de 22 poços artesianos. A vazão média na baixa temporada é de 321 L/s já na alta temporada (verão - 2016/2017) é de 600 L/s. Para o abastecimento completo na alta temporada, pequenos sistemas de captação incrementam a vazão da região.

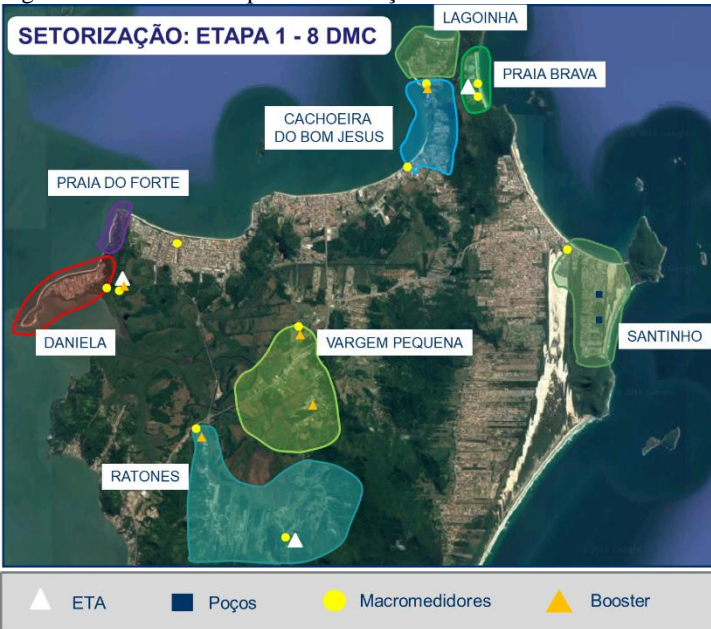
Para possibilitar o controle de perdas, 13 setores foram criados no SCN. O projeto de setorização foi dividido em etapas. Na primeira etapa para o controle de perdas foram criados oito setores: Vargem Pequena, Ratoles, Daniela, Praia do Forte, Cachoeira do Bom Jesus, Lagoinha, Praia Brava e Santinho. Os primeiros setores implantados foram em Vargem Pequena, Ratoles, Lagoinha e Praia Brava (Figura 13), os demais até o momento do desenvolvimento deste trabalho estão em processo de setorização e não serão objeto de estudo.

Figura 12 – Sistema Costa Norte.



Fonte: CASAN.

Figura 13 – Primeira etapa de setorização do Sistema Costa Norte.

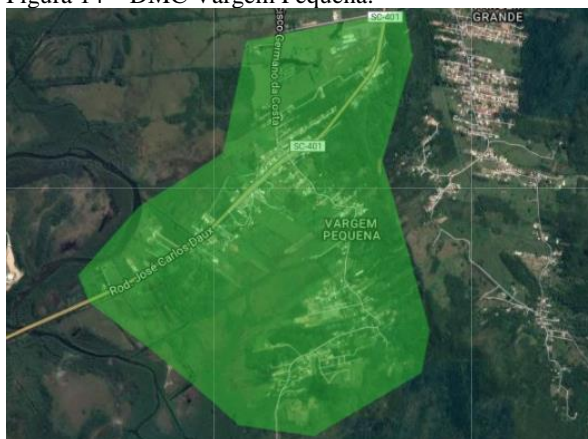


Fonte: CASAN.

No presente trabalho os DMCs estudados foram Vargem Pequena (Figura 14), Ratoles, Lagoinha e Praia Brava. As alternativas para o controle de perdas aplicadas em 2017 e os indicadores de desempenho dos quatro DMCs foram acompanhados em conjunto com a CASAN. O acompanhamento do controle de perdas possibilitou expor as alternativas utilizadas para diagnósticos e controle de perdas nesses setores.

Os indicadores de desempenho foram calculados mensalmente para acompanhamento e comparação a variação entre os meses de alta e baixa temporada em 2017. Além disso foram calculados também na sua fórmula original, anualmente, para o ano de 2017. Os DMCs escolhidos apresentam características distintas que foram comparadas a partir do acompanhamento da vazão e dos indicadores de desempenho.

Figura 14 – DMC Vargem Pequena.



Fonte: GIS CASAN.

3.2 BANCO DE DADOS

O estudo foi elaborado em conjunto com a CASAN e a Superintendência Regional Metropolitana - Gerência Operacional (SRM-GOPS), 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 pelo sistema DOMO, Hidrolupa e supervisor ScadaBR da CASAN.

No sistema DOMO os dados obtidos para cada ligação são: matrícula, agência, distrito, código do cliente, grupo de faturamento, setor, quadra, número do hidrômetro, categoria (residencial, comercial,

pública ou industrial), logradouro, tipo do atendimento (água, água e esgoto), situação (ativa, cancelada, cortada), latitude, longitude, bairro, volume medido, volume faturado, volume médio (6 meses) e número de economias. Com esses dados foi possível calcular as economias ativas, ligações ativas, ligações totais, economias ativas de água micromedidas, ligações ativas de água micromedidas e volume estimado (para economias não micromedidas).

Do sistema supervisorio ScadaBR são adquiridos os dados dos macromedidores (vazão e volume), manômetros (pressão) e *boosters* (ligado ou desligado).

Do Hidrolupa foram obtidos os dados por faixa de consumo (quantidade de hidrômetros, número de ligações e idade média), por ligação (ano de instalação, classe, diâmetro da instalação, diâmetro do hidrômetro, capacidade, marca, ano de fabricação, idade) e por tipo do hidrômetro (situação, média do consumo, categoria, número de economias, critério de troca do hidrômetro, avaliação do critério de troca, dimensionamento do hidrômetro e critério de fiscalização).

O cadastro da rede de abastecimento de Vargem Pequena foi disponibilizado em AutoCAD, antes e após as melhorias, em conjunto com a topografia do DMC.

Para validação dos dados obtidos foi realizada uma análise minuciosa das falhas nos macromedidores, dos períodos sem abastecimento e quaisquer anomalias encontradas. Foram analisados, também, os gráficos no supervisorio e excluídos os dados com erros e falhas de medição. As dúvidas, falhas, anomalias eram reportadas à gerência operacional que, com o conhecimento do sistema, auxiliou a explicar e analisar os dados. As alterações no padrão diário eram reportadas à gerência operacional e conferidas pela equipe técnica, que informava os períodos com falhas e solucionava o problema.

No caso da micromedição, os volumes contestados pelos clientes (erro de medição e falta de medição) foram considerados os volumes médios dos últimos 6 meses. Nos casos de economias sem micromedição, foram avaliados se eram economias novas, no primeiro mês de instalação dos hidrômetros ou economias já existentes. Para economias novas, o volume estimado foi zero (no primeiro mês) e em economias existentes, considerou-se o volume estimado igual ao volume faturado.

3.3 PADRONIZAÇÃO DO CONTROLE ATIVO

O DMC Vargem Pequena foi o primeiro a receber grandes mudanças e o primeiro a ser aplicado o controle ativo de perdas. A

metodologia utilizada foi replicada nos demais DMCs e melhorada em conjunto com a operação do sistema. Para descrever a metodologia de controle ativo foi necessário acompanhar o processo de geofonamento, participar de um curso sobre controle ativo na CASAN com os operadores e auxiliar na padronização utilizada na companhia.

A padronização foi fundamental no controle ativo de perdas do SCN. Para possibilitar a padronização do controle ativo de perdas, foi desenvolvido um manual e dois procedimentos operacionais padrões em conjunto com a CASAN. Durante o processo de padronização foram consultados engenheiros sanitaristas, técnicos de segurança do trabalho, técnicos de saneamento, operadores de rede, geofonista, estagiários e fabricante de geofones.

3.4 CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Para o cálculo dos indicadores de desempenho e comparação entre os sistemas foram utilizadas as equações do SNIS (BRASIL,2016b e BRASIL,2016c) e da IWA (ALEGRE, 2004) apresentadas nas equações abaixo.

Equações:

$$IN009 = \frac{AG004^*}{AG002^*} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

IN009: Índice de hidrometração (%);

AG002¹: Quantidade de ligações ativas de água (ligações);

AG004: Quantidade de ligações ativas de água micromedidas (ligações);

$$IN013 = \frac{AG006+AG018-AG011-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

IN013: Índice de perdas faturamento (%);

AG006: Volume de água produzido (1000m³/ano);

AG011: Volume de água faturado (1000m³/ano);

AG018: Volume de água tratada importado (1000m³/ano);

AG024: Volume de serviço (1000m³/ano).

¹ AG002 e AG004: utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.

$$IN014 = \frac{AG008}{AG014^*} \times \frac{1\ 000}{12} \quad (9)$$

Onde:

IN014: Consumo micromedido por economia (m³/mês/economia);

AG008: Volume de água micromedido (1000m³/ano);

AG014²: Quantidade de economias ativas de água micromedidas (economias).

$$IN022 = \frac{AG010-AG019}{AG001^*} \times \frac{1\ 000\ 000}{365} \quad (10)$$

Onde:

IN022: Consumo médio per capita de água (litros/hab.dia);

AG001²: População total atendida com abastecimento de água (habitantes);

AG010: Volume de água consumido (1000m³/ano);

AG019: Volume de água tratada exportado (1000m³/ano);

$$IN049 = \frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (11)$$

Onde:

IN049: Índice de perdas na distribuição (%).

$$IN050 = \frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG005^*} \times \frac{100}{365} \quad (12)$$

Onde:

IN050: Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km);

AG005²: Extensão da rede de água (km);

$$IN051 = \frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG002^*} \times \frac{100\ 000}{365} \quad (13)$$

Onde:

IN051: Índice de perdas por ligação (litros/ligação/dia).

² AG001: utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.

$$Op5 = \frac{\left(\frac{D10 \times 365}{H1}\right)}{(C8 \times 100)} \times 100 \quad (14)$$

Onde:

OP5: Reparações por controle ativo de vazamentos (nº/100km/ano);

C8: Extensão da rede de água (km);

D10: Vazamentos reparados devido ao controle ativo de vazamentos (nº);

H1: Duração do período de referência (dia).

$$Op8 = \frac{\left(\frac{D45 \times 365}{H1}\right)}{(E6)} \times 100 \quad (15)$$

Onde:

OP8: Substituições de hidrômetros (nº/ano);

D45: Hidrômetros substituídos (nº);

E6: Hidrômetros totais de ligações (nº).

3.5 CÁLCULO DAS PERDAS REAIS INEVITÁVEIS E IVI

No DMC Vargem Pequena foram calculadas as perdas reais inevitáveis no mês de janeiro e junho de 2018, conforme a Equação 4. Este valor foi comparado e utilizado para o cálculo do índice de vazamento na infraestrutura (Equação 5).

3.6 VAZÃO MÍNIMA NOTURNA

Durante o ano de 2017, a vazão mínima noturna foi acompanhada diariamente para todos os quatro DMCs. Os dados foram armazenados em planilhas Excel para avaliação e comparação. Na Vargem Pequena foram analisadas as vazões mínimas noturnas de em 2017 e, além, do monitoramento das vazões diárias foi utilizado o método das vazões mínimas noturnas para determinar as perdas reais no DMC em janeiro e junho de 2018.

No método da vazão mínima noturna são necessárias as informações da vazão diária, pressão na rede e consumo mínimo noturno. O consumo mínimo noturno foi estimado com as equações 1 e 2 utilizada pela SABESP. Foi medida a pressão média no DMC Vargem Pequena, com um registrador de pressão e a vazão diária foi obtida pelo sistema supervisório a partir de macromedidores com registros a cada minuto.

3.7 MEDIÇÃO DA PRESSÃO MÉDIA DO SISTEMA

A pressão média do DMC Vargem Pequena foi medida em dois momentos: antes e após a melhoria na rede existente. Para calcular a pressão média na rede, foi utilizada a metodologia recomendada por Lambert (AESBE, 2015), chamada “Método das Cotas Médias Ponderadas”. Para cada zona ou DMC individual, calcula-se a cota média ponderada com o número de economias existentes. No interior da zona de pressão, identifica-se um ponto conveniente para monitoramento que tenha cota igual à cota média ponderada, este será o ponto médio do DMC. Monitora-se, então, a pressão no ponto médio, a média das pressões de 24 horas será a pressão média do sistema.

No DMC Vargem Pequena foi utilizado o sistema DOMO para obter o número de economias, conforme as curvas de nível nas faixas de cotas escolhidas. Após obtida a cota média, escolheu-se, em campo, os pontos de possível medição, pois, para o equipamento utilizado, é necessária uma torneira de jardim sem a interferência da caixa d’água. O registrador de pressão compila, em uma folha circular, a pressão do sistema. Ponderados os pontos medidos para obtenção da pressão média do sistema, foi possível calcular as perdas reais inevitáveis, índice de vazamentos na infraestrutura e perdas reais.

3.8 CATEGORIA DE DESEMPENHO TÉCNICO

No DMC Vargem Pequena foram obtidas as categorias de desempenho técnico mensalmente de janeiro a dezembro de 2017, a partir da matriz de avaliação do Banco Mundial. Para encontrar a categoria de desempenho técnico na matriz foi utilizado o índice de perdas por ligação (litros/ligação/dia) e a pressão média do sistema, conforme o Quadro 2.

3.9 CÁLCULO DAS PERDAS APARENTES

Para estimar as perdas aparentes no DMC Vargem Pequena, foi necessário calcular os erros de leitura e assumir um valor para os usos não autorizados. Para a estimativa dos erros de leitura, foi utilizada a idade média do parque de hidrômetros, a qual influencia negativamente nas medições. Coelho (2009) apresenta uma relação de idade e erros de leitura em % para hidrômetros de 1, 4, 5 e 10 anos. Foi gerada uma linha de

tendência para os dados apresentados e estimadas as perdas aparentes por submedição de acordo com a Equação 16, retirada da Figura 15.

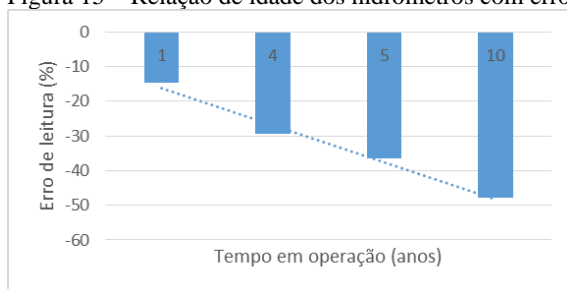
$$Em = -3,6 \times TO - 14,1 \quad (16)$$

Onde:

Em: Erro de medição (%);

TO: Tempo de operação (anos).

Figura 15 – Relação de idade dos hidrômetros com erro de leitura.



Fonte: adaptado COELHO (2009).

Os dados dos hidrômetros, disponibilizados pela CASAN, possibilitaram calcular a idade do parque de hidrômetros, obter a quantidade de hidrômetros por ano e analisar as economias de acordo com os volumes mensais.

3.10 BALANÇO HÍDRICO

A metodologia do balanço hídrico foi utilizada para encontrar as proporções de perdas reais e aparentes no DMC Vargem Pequena. Foi avaliado o balanço hídrico no ano de 2017. Neste estudo foi utilizado um balanço hídrico simplificado conforme a Figura 16. As equações 17 até 21 foram utilizadas no balanço hídrico.

$$P = Vo - Ca \quad (17)$$

Onde:

Vo: Volume de entrada no sistema;

Ca: Consumo Autorizado;

P: Perdas de água.

$$Pr = P - Pa \quad (18)$$

Onde:

Pa: Perdas aparentes;

Pr: Perdas reais.

$$Pa = Na + (Em \times Ca) \quad (19)$$

Onde:

Na: Uso não autorizado;

Em: Erros de medição.

$$Na = \left(\frac{nF}{nL}\right) \times Ca \quad (20)$$

Onde:

nF: Número de fraudes;

nL: Número de ligações.

$$Anf = Vo - Vf \quad (21)$$

Onde:

Anf: Água não faturada;

Vf: Volume faturado.

Figura 16 – Componentes do Balanço Hídrico Simplificado.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada	
			Consumo faturado não medido		
	Perdas de água	Perdas aparentes	Consumo autorizado não faturado		Água não faturada
			Uso não autorizado	Erros de medição	
Perdas reais					

Fonte: adaptado FARLEY (2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONTROLE DE PERDAS NO SCN

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 adutora, rede de água, registros, bombeamentos e delimitação dos distritos de medição e controle (DMC). Na sequência foram identificadas as interferências e definidos os pontos de controle, medição de pressão e vazão. Antes de iniciarem as ações os não haviam setores hidráulicamente delimitados, as perdas eram calculadas com base no volume distribuído pelas ETAs e poços, volume micromedido e volume faturado.

4.1.1 Instalação dos macromedidores

Em 2016, foram instalados os medidores de vazão dos DMCs Vargem Pequena, Ratoles, Lagoinha e Praia Brava, possibilitando o presente estudo em 2017. Para a instalação do macromedidor, é necessária a construção de um abrigo. Posto que o processo de setorização havia iniciado a pouco tempo na companhia, foram executados abrigos de diferentes materiais para teste e avaliação. Para a definição do tipo de abrigo foram considerados, principalmente, a posição da tubulação na via e o fluxo de veículos (agilidade na execução). Nas vias principais, com trânsito intenso, foram utilizadas alternativas que permitissem a execução total do serviço em um único dia, com lajes pré-fabricadas e anéis de ferro fundido em diâmetro 1200 mm ou caixas de polietileno de alta densidade (Figura 17). Nos demais pontos, foi possível executar caixa em alvenaria de blocos de concreto (Figura 18).

Figura 17 – Instalação de abrigos com anéis de ferro fundido e caixas de PEAD.



Fonte: CASAN, 2017.

Figura 18 – Instalação de abrigos em alvenaria de blocos de concreto.



Fonte: CASAN, 2016.

A instalação dos macromedidores com telemetria, utilizados pela CASAN, necessita de energia elétrica, sendo este um dos desafios encontrados pela empresa na setorização do SCN. A solução encontrada foi definir os pontos de instalação em locais que a empresa já possuísse fonte de energia, como *booster* e Estação de Tratamento de Água, evitando novas instalações e novas contas à concessionária elétrica. Outra dificuldade foi a necessidade de travessia em via pública da rede elétrica, quando a rede de água se encontrava no lado oposto da rua. Em relação às peças para instalações hidráulicas, optou-se por utilizar peças

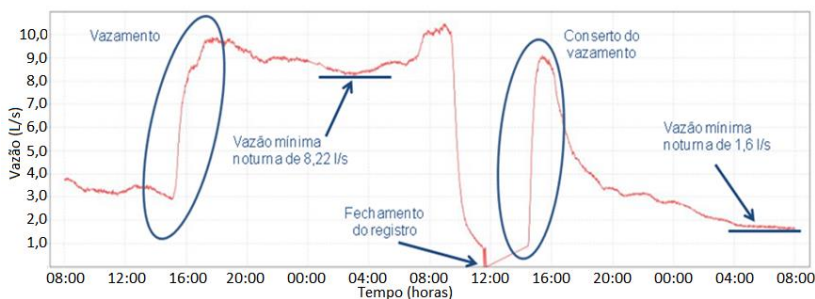
disponíveis no estoque da empresa, adequando-se o projeto conforme a disponibilidade existente.

Foi realizada a proteção IP-68 (proteção contra longos períodos de imersão em água e pressão) na instalação dos equipamentos, pois o nível freático se mostrou elevado, submergindo o equipamento em dias chuvosos.

4.1.2 Controle de perdas reais

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. A Figura 19 mostra o acompanhamento da vazão instantânea e o aumento da vazão mínima noturna causada por um vazamento. Foi efetuado o fechamento do registro, o conserto do vazamento e a normalização da vazão mínima noturna. Esse acompanhamento foi realizado diariamente na empresa em todos os DMCs. Quando eram identificados possíveis vazamentos com base nas vazões a gerência operacional mobilizava a equipe em busca do vazamento e concerto. Constatou-se que em alguns setores a vazão mínima noturna era maior do que a suposta inicialmente, contudo, não haviam 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.

Figura 19 – Acompanhamento das vazões instantâneas.



Fonte: SUPERVISÓRIO CASAN, 2017.

Foi desenvolvido, em conjunto com a CASAN, um manual de detecção e localização de vazamentos ocultos com os seguintes objetivos:

- Descrever os procedimentos referentes ao controle ativo de vazamentos não visíveis por métodos acústicos de pesquisa de vazamentos;
- Apresentar uma introdução sobre os conceitos de perdas de água e tipos e formas de controle de vazamentos;
- Apontar os equipamentos existentes para detecção e localização de vazamentos ocultos;
- Indicar os equipamentos de proteção individual (EPI) e coletivo (EPC) necessários para a realização do serviço;
- Apresentar os procedimentos operacionais padrões a serem seguidos para os trabalhos de detecção e localização de vazamentos ocultos com equipamentos acústicos;
- Expor as instruções para um melhor uso de um geofone eletrônico.

Com o manual, que está em processo de aprovação, os operadores têm uma visão mais completa sobre as perdas reais, podendo, então, padronizar a execução da atividade e aumentar a qualidade do serviço. Além do manual, foram desenvolvidos dois Procedimentos Operacionais Padrão (POP): ‘Busca por vazamentos ocultos’ e ‘Geofone Eletrônico’ (Apêndice A e B) para auxiliar no dia-a-dia dos operadores e geofonistas.

Para o controle dos procedimentos, os geofonistas entregam diariamente, após o trabalho de campo, as folhas da planilha de apoio (Apêndice C), com os dados das vias geofonadas e dos vazamentos preenchidos; as plantas cadastrais com as informações levantadas em campo (vazamentos detectados, alterações cadastrais e outras alterações para as desenhistas); o relatório veicular e informações a respeito do sistema de abastecimento de água, bem como possíveis interferências que possam estar causando vazamentos.

Durante o ano de 2017, foram desenvolvidas e testadas as planilhas de apoio, que sofreram alterações com base no *feedback* dos geofonistas e coordenadores. Além disso, quando as planilhas são entregues para a GOPS, é acompanhado o processo de conserto a partir de planilhas no EXCEL pelos coordenadores (Apêndice D).

O coordenador abre as AS com o código referente ao conserto gerado por geofonamento (5110 RA). A AS na CASAN é a forma utilizada para informar à equipe de conserto de vazamentos. Quando o vazamento é resolvido, a equipe informa na AS. Caso sejam identificados vazamentos visíveis, o geofonista deve informar no relatório e, assim, será aberta a AS com código referente ao tipo de vazamento (cavalete, ramal ou rede).

4.2 DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SCN

Os DMCs Ratones, Daniela, Praia Brava e Vargem Pequena foram estudados individualmente no ano de 2017, assim como o acompanhamento dos indicadores de desempenho e comparados posteriormente.

4.2.1 DMC 1 – Ratones

Ratones é um DMC predominantemente residencial, apresenta 3,14 habitantes por economia, sem diferenciação entre os meses de verão e inverno, não caracterizando, então, um setor com população flutuante. Possui 893 economias ativas, sendo 96,7% residenciais, 1,7% comerciais, 0,2% industriais e 1,3% públicas. O Quadro 4 contém as informações do DMC no ano de 2017. As informações de população, ligações e economias apresentadas são médias anuais e as informações de volume representam a soma anual total.

Quadro 4 – Informações 2017 DMC Ratones.

CÓDIGO O SNIS	Descrição	Resultado	Unidade
AG001	População total atendida com abastecimento de água	2803	habitantes
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	781	ligações
AG003	Quantidade de economias ativas de água	893	economias
AG004	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	778	ligações
AG005	Extensão de rede de água	22,70	km
AG006	Volume de água produzido	14062,00	m ³
AG008	Volume de água micromedido	120722,00	m ³
AG010	Volume de água consumido	120962,00	m ³
AG011	Volume de água faturado	156797,00	m ³
AG014	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	890	economias
AG018	Volume de água importado	200475,42	m ³
AG019	Volume de água tratada exportado	0,00	m ³
AG024	Volume de serviço	0,00	m ³

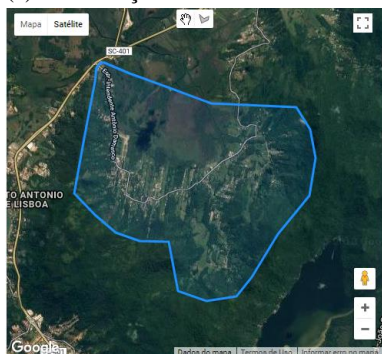
Fonte: Elaborado pela autora.

O abastecimento do DMC Ratones é a partir da ETA Ingleses. A adução passa pela SC-401 e a rede de distribuição passa pela Estrada Intendente Antônio Damasco onde se encontra o macromedidor que

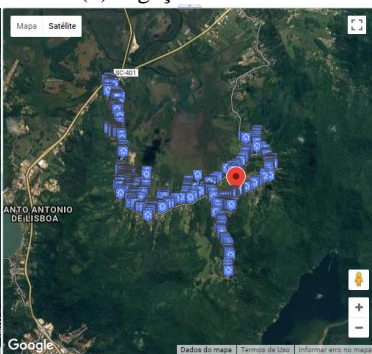
delimita o DMC. A Figura 20 (a) apresenta a delimitação do DMC e a Figura 20 (b) apresenta as ligações.

Figura 20 – DMC Ratonos.

(a) Delimitação



(b) Ligações



Fonte: DOMO CASAN, 2018.

No Quadro 5 são apresentados os indicadores anuais. O índice de hidrometração é elevado, superior à média nacional de 91,34% (SNIS, 2017). O índice de perdas de faturamento é de 26,91%, valor próximo à média estadual de 28,26%. Em contrapartida, o índice de perdas na distribuição é elevado e superior à média nacional. O DMC apresenta uma densidade de ligações de 34,38 lig/km, dessa forma, pode-se calcular o IN₀₅₁. Considerando as informações anuais, o DMC Ratonos apresenta potencial para melhorias quanto às perdas.

Quadro 5 – Indicadores 2017 DMC Ratonos.

Código	Descrição	Resultado	Unidade
IN ₀₀₉	Índice hidrometração	99,64	%
IN ₀₁₃	Índice de perdas de faturamento	26,91	%
IN ₀₂₂	Consumo médio per capita de água	118,23	L/hab.dia
IN ₀₂₅	Volume de água disponibilizado por economia	20,03	m ³
IN ₀₄₉	Índice de perdas na distribuição	43,62	%
IN ₀₅₀	Índice bruto de perdas lineares	11,29	m ³ /km.dia
IN ₀₅₁	Índice de perdas por ligação	328,47	L/lig.dia
IN ₀₅₃	Consumo médio de água por economia	10,95	m ³ /mês.eco

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o acompanhamento dos indicadores ao longo do ano de 2017, alguns indicadores foram calculados mensalmente e os resultados apresentados no Quadro 6. Verifica-se um consumo menor nos meses de

inverno, com base nos indicadores IN₀₂₂, IN₀₂₅ e IN₀₅₃. Com base no consumo médio de água por economia (IN₀₅₃), é possível afirmar que houve influência do consumo no índice de perdas de faturamento (IN₀₁₃), que apresentou um consumo menor do que o faturamento mínimo (10m³) em muitas economias, melhorando o faturamento dos meses de inverno.

O IN₀₄₉ (índice de perdas na distribuição) foi elevado durante todo o período de estudo, com média de 43,62% e o IN₀₅₁ (índice de perdas por ligação) médio de 328,47 litros/ligação.dia. Entretanto, observa-se uma tendência de queda ao longo dos meses que foram realizados geofonamento ativo na região (março a junho) e um aumento em outubro, evidenciando a necessidade do controle e monitoramento constantes das perdas.

Quadro 6 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Ratores.

Código	IN ₀₁₃	IN ₀₂₂	IN ₀₂₅	IN ₀₄₉	IN ₀₅₀	IN ₀₅₁	IN ₀₅₃
Mês	%	L/hab .dia	m ³ /mês .eco	%	m ³ /km .dia	L/lig .dia	m ³ /mês .eco
jan/17	41,58	144,49	29,00	51,50	18,74	549,58	14,06
fev/17	25,20	136,11	20,15	40,61	11,27	334,51	11,97
mar/17	30,18	111,09	20,40	46,99	12,11	353,57	10,81
abr/17	27,58	109,47	19,34	46,69	11,81	344,16	10,31
mai/17	17,80	102,04	16,39	39,41	8,19	238,20	9,933
jun/17	22,54	108,28	17,57	41,95	9,63	281,21	10,2
jul/17	16,76	120,51	18,25	35,72	8,31	240,39	11,73
ago/17	18,71	107,55	17,18	39,05	8,52	247,56	10,47
set/17	24,34	119,33	19,32	41,81	10,63	307,85	11,24
out/17	34,41	106,12	21,07	50,97	13,43	395,74	10,33
nov/17	23,60	126,20	19,86	40,14	10,46	304,11	11,89
dez/17	29,04	129,29	21,95	42,67	11,91	345,86	12,58

Fonte: Elaborado pela autora.

Com o monitoramento das vazões, observou-se que as mínimas noturnas ficam, usualmente, entorno de 2,0 a 4,0 L/s e oscilações nessa faixa de valor indicam presença de vazamentos, geralmente visíveis, devido à característica do solo no local.

4.2.2 DMC 2 – Daniela

A Daniela é um DMC predominantemente residencial com população flutuante de veraneio, apresenta 4,00 habitantes por economia no verão e 2,44 no inverno. Possui 995 economias ativas, 96,9%

residenciais, 2,6% comerciais, 0,1% industriais e 0,4% públicas. O Quadro 7 contém as informações do DMC no ano de 2017. As informações de ligações e economias apresentadas são médias anuais, as informações de volume representam a soma anual total.

Quadro 7 – Informações 2017 DMC Daniela.

CÓDIGO SNIS	Descrição	Resultado	Unidade
AG001 ¹	População total atendida com abastecimento de água	4008	habitantes
AG001 ²	População total atendida com abastecimento de água	2421	habitantes
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	856	ligações
AG003	Quantidade de economias ativas de água	995	economias
AG004	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	854	ligações
AG005	Extensão de rede de água	15,44	km
AG006	Volume de água produzido	0,00	m ³
AG008	Volume de água micromedido	107695,00	m ³
AG010	Volume de água consumido	108031,00	m ³
AG011	Volume de água faturado	158497,00	m ³
AG014	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	992	economias
AG018	Volume de água importado	153501,00	m ³
AG019	Volume de água tratada exportado	0,00	m ³
AG024	Volume de serviço	0,00	m ³

¹Média dos meses de veraneio

²Média dos meses sem população flutuante

Fonte: Elaborado pela autora.

O abastecimento neste DMC acontece pela SC-400, com uma adutora em PVC DEF^oF^o DN 200mm proveniente da ETA Ingleses. A adutora é entroncada em uma rede PVC DN 100 mm e, esta faz o abastecimento pelo bairro, interligando em outras redes existentes, sendo a maioria em PVC DN 50mm.

No verão, quando a demanda é maior, entra em funcionamento a ETA Daniela, que capta água de uma lagoa com uma vazão de projeto de 20 L/s. O setor é praticamente plano ao nível do mar, com um morro na cota 30 m, onde está localizado o reservatório Daniela com capacidade de 375 m³. Para setorização do bairro, foi instalado um macromedidor na adutora DN 200 mm na SC-400, logo após a ETA Daniela, medindo a vazão total importada para o bairro. O volume produzido na ETA Daniela

passa pelo macromedidor, como todo o volume importado para o DMC, por isso este volume não é considerado como produzido no DMC.

A Figura 21 (a) apresenta a delimitação do DMC e a Figura 21 (b) apresenta as ligações. O DMC apresenta uma densidade de ligações de 55,56 lig/km, assim, pode-se calcular o IN_{051} .

Figura 21 – DMC Daniela.

(a) Delimitação



(b) Ligações



Fonte: DOMO CASAN, 2018.

No Quadro 8 são apresentados os indicadores anuais. O índice de hidrometração é elevado, superior à média nacional de 91,34% (SNIS, 2017). No DMC Daniela, há predominância de uma economia por ligação. O consumo médio de água por economia (IN_{053}) do ano de 2017 foi de 9,05 m³/mês, menor do que o volume mínimo faturado nas residências (10m³). Por consequência da baixa população e baixo consumo, na maior parte do ano, o índice de perdas de faturamento foi negativo, com média de -3,25%, ou seja, não há perdas de faturamento.

Quadro 8 – Indicadores 2017 DMC Daniela.

Código	Descrição	Resultado	Unidade
IN ₀₀₉	Índice hidrometração	99,70	%
IN ₀₁₃	Índice de perdas de faturamento	-3,25	%
IN ₀₂₂	Consumo médio per capita de água	105,03	L/hab.dia
IN ₀₂₅	Volume de água disponibilizado por economia	12,86	m ³
IN ₀₄₉	Índice de perdas na distribuição	29,62	%
IN ₀₅₀	Índice bruto de perdas lineares	8,07	m ³ /km.dia
IN ₀₅₁	Índice de perdas por ligação	145,52	L/lig.dia
IN ₀₅₃	Consumo médio de água por economia	9,05	m ³ /mês.eco

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o acompanhamento ao longo do ano de 2017, alguns indicadores foram calculados mensalmente e os resultados são apresentados no Quadro 9. Verifica-se um consumo médio per capita de água (IN₀₂₂), com uma variação pequena, porém, menor nos meses de inverno. Com base nos indicadores IN₀₂₅ e IN₀₅₃, é perceptível que a demanda aumenta significativamente nos meses de verão, assim como a população, apresentada no Quadro 8.

O IN₀₄₉ (índice de perdas na distribuição) foi maior no mês de abril e atinge um valor baixo nos meses de agosto e dezembro.

Quadro 9 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Daniela.

Código	IN ₀₁₃	IN ₀₂₂	IN ₀₂₅	IN ₀₄₉	IN ₀₅₀	IN ₀₅₁	IN ₀₅₃
Mês	%	L/hab .dia	m ³ /mês .eco	%	m ³ /km .dia	L/lig .dia	m ³ /mês .eco
jan/17	19,98	139,65	23,69	26,89	13,33	239,38	17,32
fev/17	9,69	108,30	16,38	25,96	9,85	176,99	12,13
mar/17	-0,57	106,82	12,48	35,27	9,21	165,44	8,08
abr/17	-7,34	97,59	11,33	36,94	9,01	162,62	7,143
mai/17	-23,84	85,95	9,43	31,06	6,12	110,12	6,501
jun/17	-15,42	97,58	10,70	33,23	7,64	138,20	7,143
jul/17	-12,39	101,49	11,22	31,57	7,25	131,26	7,677
ago/17	-33,93	96,96	9,27	20,92	4,03	72,94	7,334
set/17	-4,20	101,81	11,54	35,41	8,78	158,86	7,453
out/17	-18,18	89,94	10,05	32,30	6,57	119,20	6,803
nov/17	-6,10	107,10	11,68	32,88	8,27	149,27	7,84
dez/17	5,61	105,11	16,36	20,31	6,94	124,88	13,03

Fonte: Elaborado pela autora.

Com monitoramento das vazões, observou-se que a vazão máxima horária média na alta temporada é de 14 L/s, chegando a picos de 21 L/s no mês de janeiro, a média diária é 8 L/s. Nos meses de baixa temporada, a vazão máxima horária é de 7 L/s e a média diária igual a 4 L/s. A vazão mínima noturna deste DMC é cerca de 2,3 L/s e as oscilações nesse valor indicam a presença de vazamentos, entretanto, não foram registradas muitas ocorrências de vazamentos.

4.2.3 DMC 3 – Praia Brava

A Praia Brava é um bairro de veraneio de alto padrão com população flutuante, apresenta 4 habitantes por economia no verão e 2,44 no inverno. Possui 1388 economias ativas, 95,2% residenciais, 4,6%

comerciais e 0,2% públicas. O Quadro 10 contém as informações do DMC no ano de 2017. As informações de ligações e economias apresentadas são médias anuais. As informações de volume representam a soma anual total. Dentre as informações, destaca-se a grande quantidade de economias por ligação (14 economias por ligação em média) e a baixa densidade de ligações (17,88 lig/km). Não sendo recomendado o cálculo do IN_{051} devido a estas características.

Quadro 10 – Informações 2017 DMC Praia Brava.

CÓDIG O SNIS	Descrição	Resultado	Unidade
AG001 ¹	População total atendida com abastecimento de água	5424	habitantes
AG001 ²	População total atendida com abastecimento de água	3414	habitantes
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	100	ligações
AG003	Quantidade de economias ativas de água	1388	economias
AG004	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	96,5	ligações
AG005	Extensão de rede de água	5,602	km
AG006	Volume de água produzido	0,00	m ³
AG008	Volume de água micromedido	145791,00	m ³
AG010	Volume de água consumido	147751,00	m ³
AG011	Volume de água faturado	207286,00	m ³
AG014	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	1372	economias
AG018	Volume de água importado	227735,00	m ³
AG019	Volume de água tratada exportado	0,00	m ³
AG024	Volume de serviço	0,00	m ³

¹Média dos meses de veraneio

²Média dos meses sem população flutuante

Fonte: Elaborado pela autora.

O abastecimento nesse DMC acontece na Avenida Tom Traugott Wildi, com uma adutora em PVC DEF^oF^o DN 200mm. Neste DMC, existe a ETA Praia Brava, com capacidade para 20 L/s e captação subterrânea no próprio bairro. A estação funciona apenas no verão, período em que a demanda é maior. Para setorizar o bairro e medir a vazão de água, foi instalado um macromedidor na adutora DN 200mm em frente à ETA, que segue para o reservatório e outro macromedidor na saída da ETA, para medir a vazão tratada. Durante o ano de 2017, não houve necessidade da ETA estar funcionando, portanto, não tem volume produzido no setor.

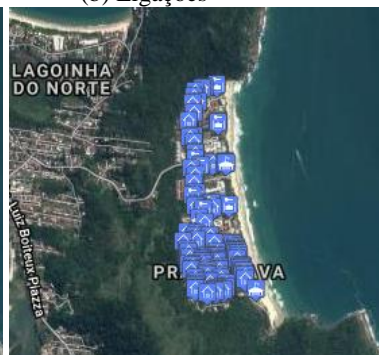
A Figura 22 (a) apresenta a delimitação do DMC e a Figura 22 (b) apresenta as ligações.

Figura 22 – DMC Praia Brava.

(a) Delimitação



(b) Ligações



Fonte: DOMO CASAN, 2018.

No Quadro 11 são apresentados os indicadores anuais. No DMC Praia Brava o IN_{013} é baixo, apontando pequenas perdas de faturamento, isto devido ao consumo médio por economia (IN_{053}), que é inferior ao 10 m^3 (faturamento mínimo por economia) e do IN_{049} que é considerado médio, com potencial de melhorias. O índice de hidrometração é elevado, como nos outros DMCs, superior à média nacional.

Quadro 11 – Indicadores 2017 DMC Praia Brava.

Código	Descrição	Resultado	Unidade
IN_{009}	Índice hidrometração	96,34	%
IN_{013}	Índice de perdas de faturamento	8,98	%
IN_{022}	Consumo médio per capita de água	103,35	L/hab.dia
IN_{025}	Volume de água disponibilizado por economia	13,67	m^3
IN_{049}	Índice de perdas na distribuição	35,12	%
IN_{050}	Índice bruto de perdas lineares	39,12	$\text{m}^3/\text{km.dia}$
IN_{053}	Consumo médio de água por economia	8,89	$\text{m}^3/\text{mês.eco}$

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 12 apresenta os indicadores do DMC 3 - Praia Brava para o ano de 2017. O índice de perdas na distribuição (IN_{049}) foi elevado nos meses de fevereiro, março e abril, devido a um grande vazamento, nos outros meses, teve uma redução. Percebe-se uma redução no IN_{049}

após o monitoramento diário das vazões e agilidade nos consertos de vazamentos.

Os indicadores IN₀₂₂ (consumo médio per capita de água) e IN₀₅₃ (consumo médio de água por economia) apresentaram grande diferença entre o período de alta temporada e baixa temporada. De maio a novembro as perdas de faturamento (IN₀₁₃) foram negativas, ou seja, houve um ganho de faturamento, devido ao baixo consumo médio (IN₀₅₃) e à diminuição das perdas na distribuição (IN₀₄₃).

Quadro 12 – Indicadores Praia Brava.

Código	IN ₀₁₃	IN ₀₂₂	IN ₀₂₅	IN ₀₄₉	IN ₀₅₀	IN ₀₅₃
Mês	%	L/hab .dia	m ³ /mês .eco	%	m ³ /km .dia	m ³ /mês .eco
jan/17	29,11	155,88	28,10	31,21	66,70	13,32
fev/17	36,22	110,18	22,18	44,37	82,88	12,34
mar/17	61,13	110,17	30,17	72,38	166,22	8,33
abr/17	5,96	84,21	11,04	44,14	40,73	6,16
mai/17	-58,99	61,00	6,42	28,16	14,62	4,61
jun/17	-59,87	74,66	6,45	15,13	8,15	5,47
jul/17	-54,45	66,16	6,59	24,03	12,81	5,00
ago/17	-45,16	74,28	7,14	21,29	12,29	5,62
set/17	-58,52	71,78	6,48	16,15	8,45	5,43
out/17	-36,68	85,89	8,87	17,49	11,26	6,50
nov/17	-4,77	104,39	10,15	24,75	21,31	7,64
dez/17	12,25	166,37	23,79	13,06	25,45	20,63

Fonte: Elaborado pela autora.

Com o monitoramento das vazões, observou-se que a vazão máxima de distribuição, no mês de janeiro, foi de aproximadamente 40,0 L/s. Já na baixa temporada a vazão máxima de distribuição foi cerca de 8,0 L/s. A vazão mínima noturna média deste DMC é aproximadamente de 2,40 L/s e oscilações neste valor indicam presença de vazamentos.

No mês de março, como evidenciado pelos indicadores, houve um aumento expressivo nas perdas de água, que foi explicado por vazamentos encontrados na rede de abastecimento. No dia 10 de março, a vazão mínima noturna foi 3,4 L/s e no dia 13 aumentou para 11,10 L/s. Foram realizadas vistorias, locais para identificação de vazamentos visíveis ou extravasamento do reservatório. Entretanto, não foram encontrados vazamentos ou extravasamentos.

A gerência operacional da CASAN levantou a hipótese de o problema estar no macromedidor, este então foi verificado e aferido pela

equipe de pitometria e as vazões mínimas noturnas continuaram elevadas. A partir da aferição do macromedidor as buscas por vazamento se intensificaram e, estes foram, finalmente, encontrados. Um próximo a um PV de esgoto e outro na rede de DN 75mm. As vazões mínimas noturnas normalizaram a partir de 29 de abril.

Caso não houvesse o monitoramento das vazões via supervisor, o tempo para detecção e localização do vazamento poderia ser sido muito superior. O DMC Praia Brava é movimentado apenas durante o verão e dificilmente seria possível identificar o vazamento, além disso, como a demanda no sistema, nos meses fora de temporada, é baixa, não houve falta da água ocasionada pelo vazamento.

4.2.4 DMC 4 – Vargem Pequena

A Vargem Pequena é um DMC predominantemente residencial, apresenta 2,99 habitantes por economia sem diferenciação entre os meses de verão e inverno, não caracterizando um setor com população flutuante. Possui 756 economias ativas, 91,7% residenciais, 7,7% comerciais, 0,3% industriais e 0,3% públicas. O Quadro 13 contém as informações do DMC no ano de 2017. As informações de população, ligações e economias apresentadas são médias anuais e as informações de volume representam a soma anual total.

Quadro 13 – Informações 2017 DMC Vargem Pequena.

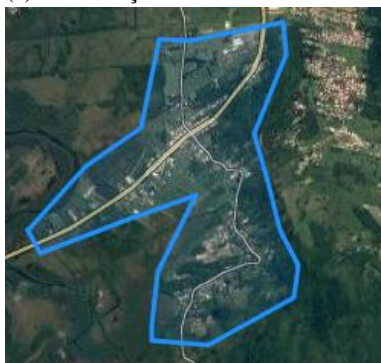
CÓDIG O SNIS	Descrição	Resultado	Unidade
AG001	População total atendida com abastecimento de água	2253	habitantes
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	540	ligações
AG003	Quantidade de economias ativas de água	756	economias
AG004	Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	539	ligações
AG005	Extensão de rede de água	13,84	km
AG006	Volume de água produzido	0,00	m ³
AG008	Volume de água micromedido	105541,00	m ³
AG010	Volume de água consumido	105591,00	m ³
AG011	Volume de água faturado	131480,00	m ³
AG014	Quantidade de economias ativas de água micromedidas	752	economias
AG018	Volume de água importado	198000,00	m ³
AG019	Volume de água tratada exportado	0,00	m ³
AG024	Volume de serviço	0,00	m ³

Fonte: Elaborado pela autora.

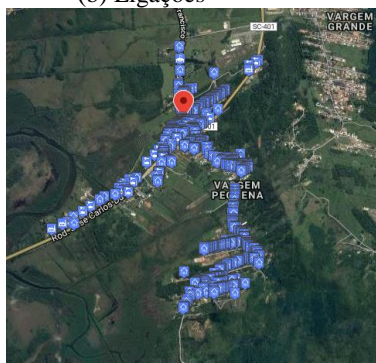
O abastecimento do DMC Vargem Pequena é a partir da ETA Ingleses, a começar por uma adutora que passa por Canasvieiras. Para o abastecimento desse DMC, são utilizados um bombeamento principal (*Booster Vargem Pequena*) e outro dentro do bairro (*Booster Catarina*). O macromedidor se encontra junto ao *Booster Vargem Pequena* na Rodovia Francisco Germano da Costa. Em 2017, a rede principal que abastecia o bairro estava subdimensionada – DN 75mm, apresentando uma elevada perda de carga durante sua extensão.

Figura 23 – DMC Vargem Pequena.

(a) Delimitação



(b) Ligações



Fonte: DOMO CASAN, 2018.

No Quadro 14 são apresentados os indicadores anuais. O índice de hidrometração é o maior entre os setores estudados. No DMC Vargem Pequena há predominância de uma economia por ligação com o consumo médio por economia maior que o volume mínimo de faturamento (10m^3). O índice de perdas na distribuição (IN_{049}) é elevado e maior que a média nacional, afetando o IN_{013} (índice de perdas de faturamento) que também é elevado. O DMC apresenta uma densidade de ligações de $39,03 \text{ lig/km}$, desta forma, pode-se calcular o IN_{051} (índice de perdas por ligação), que se mostrou elevado em 2017.

Para o acompanhamento dos indicadores ao longo do ano de 2017, alguns indicadores foram calculados mensalmente e os resultados apresentados no Quadro 15. Verifica-se um consumo médio per capita de água (IN_{022}) com uma variação pequena, porém menor nos meses de inverno. Com base no consumo médio de água por economia (IN_{053}) é possível afirmar que o maior consumo ocorreu em janeiro/2017 com $13,14 \text{ m}^3/\text{economia}$. O índice de perdas de faturamento (IN_{013}) apresentou

uma queda nos meses logo após as melhorias do sistema, controle ativo e geofonamento, mostrando a importância do constante monitoramento e controle de perdas na região (reais e comerciais).

Quadro 14 – Indicadores 2017 DMC Vargem Pequena.

Código	Descrição	Resultado	Unidade
IN ₀₀₉	Índice hidrometração	99,86	%
IN ₀₁₃	Índice de perdas de faturamento	33,60	%
IN ₀₂₂	Consumo médio per capita de água	128,40	L/hab.dia
IN ₀₂₅	Volume de água disponibilizado por economia	21,90	m ³
IN ₀₄₉	Índice de perdas na distribuição	46,67	%
IN ₀₅₀	Índice bruto de perdas lineares	18,30	m ³ /km.dia
IN ₀₅₁	Índice de perdas por ligação	468,77	L/lig.dia
IN ₀₅₃	Consumo médio de água por economia	11,68	m ³ /mês.eco

Fonte: Elaborado pela autora.

O IN₀₄₉ (índice de perdas na distribuição) foi maior no mês de março, apresentou relevante redução nos meses seguintes após atividades de geofonamento e melhorias operacionais, sofreu um aumento em julho e permaneceu constante de agosto a dezembro. É possível notar a necessidade de monitoramento constante e ações contínuas. O DMC Vargem Pequena foi o setor que apresentou maiores índices de perdas na distribuição (IN₀₄₉) e índices de perdas por ligação (IN₀₅₁) nos meses de janeiro e fevereiro, dessa maneira, optou-se por iniciar os estudos e ações neste setor.

Quadro 15 – Acompanhamento mensal dos Indicadores - DMC Vargem Pequena.

Código	IN ₀₁₃	IN ₀₂₂	IN ₀₂₅	IN ₀₄₉	IN ₀₅₀	IN ₀₅₁	IN ₀₅₃
Mês	%	L/hab .dia	m ³ /mês .eco	%	m ³ /km .dia	L/lig .dia	m ³ /mês .eco
jan/17	42,29	141,71	26,81	51,01	24,04	617,27	13,14
fev/17	46,06	142,91	26,69	55,18	28,59	736,72	11,96
mar/17	49,27	131,46	29,18	58,24	29,98	765,49	12,18
abr/17	40,05	133,81	25,43	52,80	24,55	624,39	12,00
mai/17	28,69	114,54	19,53	45,80	15,80	402,63	10,62
jun/17	18,72	128,88	18,03	35,89	11,82	301,68	11,56
jul/17	32,99	115,67	20,67	48,14	17,47	447,66	10,72
ago/17	24,76	119,50	18,79	41,06	13,60	346,55	11,08
set/17	21,62	129,60	18,49	37,14	12,66	323,19	11,62
out/17	27,19	119,52	19,31	42,63	13,80	358,94	11,08
nov/17	25,34	123,95	18,91	41,19	14,09	363,03	11,12
dez/17	26,63	140,47	20,85	37,54	13,83	354,39	13,02

Fonte: Elaborado pela autora.

Com o monitoramento das vazões, observou-se que a vazão máxima de distribuição, no mês de março, foi de aproximadamente 9,30 L/s e a vazão mínima noturna média foi de 7,26 L/s, razão mínima e máxima bem elevadas para as características do DMC. Após algumas melhorias e o controle ativo, as vazões máximas diárias observadas ficaram abaixo de 8,0 L/s e a mínima noturna próxima a 2,00 L/s.

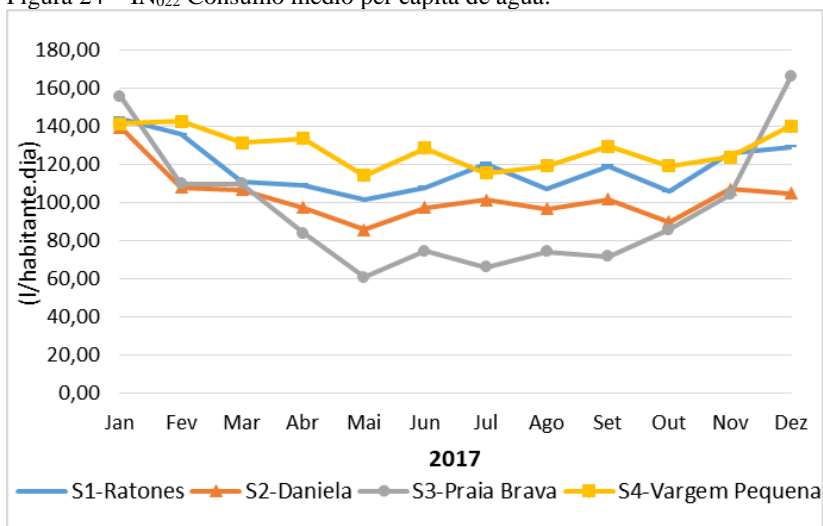
4.3 ANÁLISE DOS INDICADORES

A seguir será apresentada uma análise isolada de alguns indicadores para a comparação entre os distritos de medição e controle.

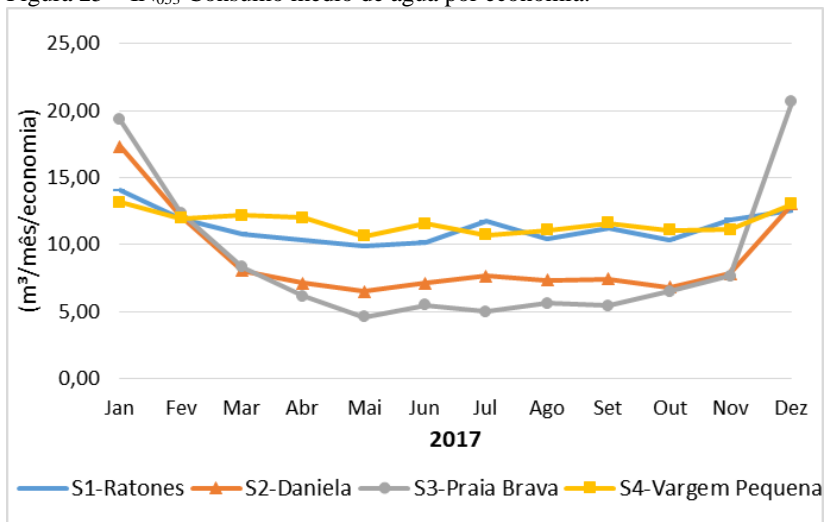
4.3.1 Indicadores de volume

A Figura 24 mostra que os DMCs com menor variação de consumo médio per capita de água (IN_{022}) inverno/verão são Ratonés e Vargem Pequena e com maior variação em Praia Brava e Daniela por serem bairros de veraneio. Percebe-se o mesmo analisando a Figura 25 com o consumo médio por economia (IN_{053}). Nos DMCs Praia Brava e Daniela, o consumo por economia nos meses fora da temporada é inferior ao volume mínimo faturado nas residências (10 m³). É válido ressaltar que o consumo médio per capita e o consumo médio por economia foram maiores nos meses de verão em todos os setores. Os setores de veraneio apresentaram a maior variação entre verão e inverno.

O volume de água disponibilizado por economia (IN_{025}) depende do volume micromedido e do volume de perdas no sistema. Na Figura 26 é evidente que no mês de março o IN_{025} , no DMC Praia Brava, foi superior aos outros meses, devido a um grande vazamento detectado pelo acompanhamento de vazões. No DMC Vargem Pequena, o IN_{025} teve uma queda ao longo do ano, essa queda foi devido às melhorias no sistema, controle de perdas aparentes e controle ativo de perdas reais, que diminuíram o volume perdido no DMC.

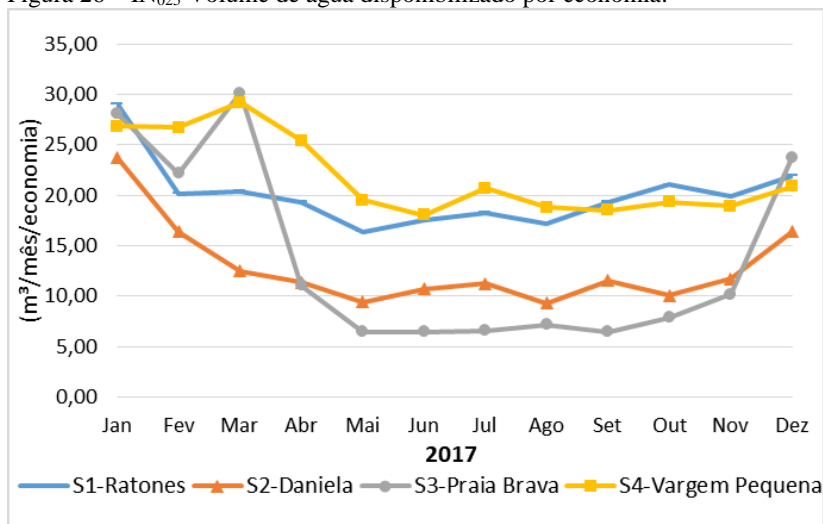
Figura 24 – IN₀₂₂ Consumo médio per capita de água.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 25 – IN₀₅₃ Consumo médio de água por economia.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26 – IN₀₂₅ Volume de água disponibilizado por economia.

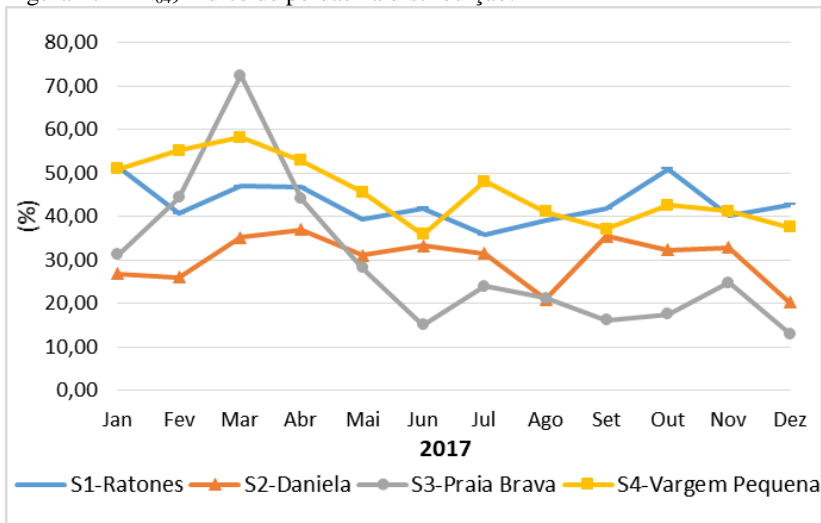


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.1 Indicador de perdas na distribuição

O IN₀₄₉ (índice de perdas na distribuição) é apresentado na Figura 27. Observa-se, nos DMCs Ratones, Daniela e Vargem Pequena, uma redução dos valores do IN₀₄₉ após os trabalhos de pesquisa por geofonamento e fiscalização comercial. É possível observar que houve aumento do indicador em alguns meses, o que pode acusar retorno de vazamentos ocultos ou problemas comerciais, dessa maneira, as ações de redução de perdas devem ser sempre ativas. Uma pequena variação nos indicadores que são acompanhados mensalmente é normal, devido à leitura dos hidrômetros que ocorre ao longo de alguns dias e ao número de dias de cada mês, entretanto, o acompanhamento mensal vem se apresentando importante nas tomadas de decisões e priorização de ações.

No DMC Praia Brava, após o conserto de vazamento encontrado através do monitoramento de vazões, também houve redução do índice de perdas, mostrando a importância da implementação destas ações. Após o conserto do vazamento, foi este DMC que apresentou o menor índice de perdas na distribuição.

Figura 27 – IN₀₄₉ Índice de perdas na distribuição.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4 DMC VARGEM PEQUENA

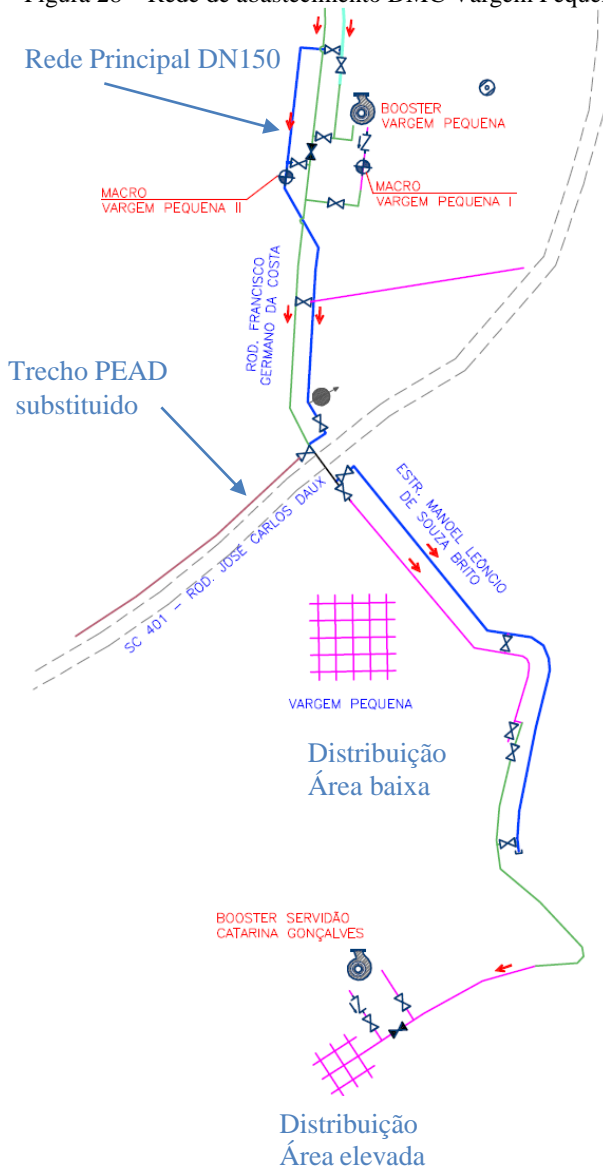
4.4.1 Rede de Abastecimento

A rede de abastecimento do DMC Vargem Pequena apresentada na Figura 28 é do tipo ramificada. A água proveniente da ETA Ingleses passa por uma adutora em Canasvieiras e chega na Rodovia Francisco Germano da Costa onde está o macromedidor. Para instalação do macromedidor foi construído um abrigo em alvenaria com blocos de concreto. O macromedidor está próximo ao *booster* Vargem Pequena (Figura 29), para a utilização das instalações elétricas existentes. O DMC Vargem Pequena apresenta uma área elevada a partir da Servidão Catarina Gonçalves, conforme o Anexo A.

Para o abastecimento da região elevada houve a necessidade da instalação do *booster* Catarina. Durante o ano de 2017, a rede principal junto ao *booster* Vargem Pequena apresentava DN 75mm, com uma elevada perda de carga. O *booster* Vargem Pequena era necessário para garantir a pressão de sucção no *booster* Catarina. Para solucionar o problema da elevada perda de carga e subdimensionamento da rede principal (DN 75), foi realizada uma melhoria na rede existente. Em

março de 2018, foi finalizado o assentamento da nova rede principal em PVC DEF^oF^o (DN 150) pela Rod. Francisco Germano da Costa.

Figura 28 – Rede de abastecimento DMC Vargem Pequena após melhorias.



Fonte: Adaptado CASAN, 2018.

Figura 29 – Instalação do Macromedidor próximo ao *Booster* Vargem Pequena.



Fonte: CASAN, 2016.

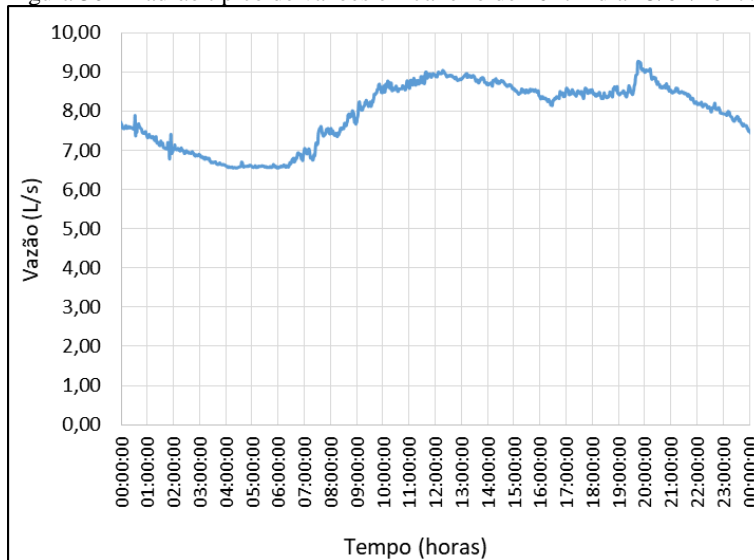
4.4.2 Controle de Perdas

O DMC Vargem Pequena apresentou os maiores indicadores de perdas no diagnóstico realizado nos meses de janeiro e fevereiro de 2017. A gerência operacional optou por priorizar os DMCs com maiores porcentagens de perdas nas ações de controle de perdas.

4.4.3 Controle Ativo de Perdas Reais

Em janeiro de 2017 começou o acompanhamento das vazões importadas pra Vargem Pequena. Era necessária uma pressão de 110 mca de recalque no *booster* Vargem Pequena para vencer a perda de carga na tubulação de 75 mm. O padrão de vazão típico nos meses de janeiro e fevereiro são apresentados na Figura 30, 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.

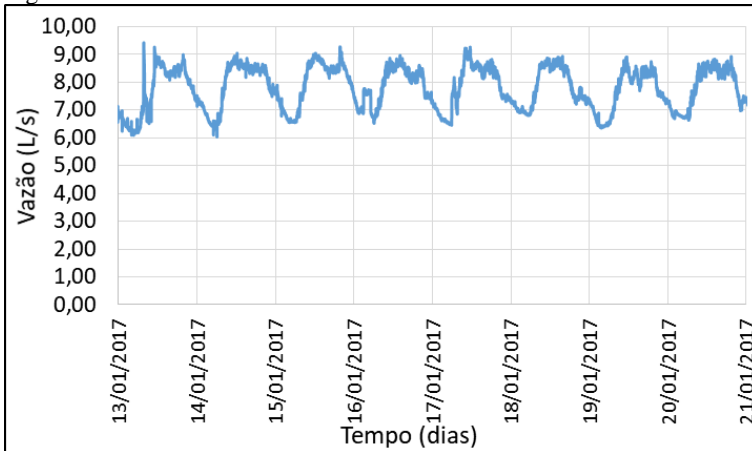
Figura 30 – Padrão típico de vazões em Janeiro de 2017 - dia 15/01/2017.



Fonte: Elaborado pela autora.

Como apresentado no Quadro 13, o DMC tem 2.253 habitantes e 540 ligações ativas. O consumo mínimo, calculado a partir das equações 1 e 2, foi de 0,3 L/s. A vazão mínima noturna estava, nesses meses, muito superior ao consumo mínimo calculado, um indício de que o setor apresentava perdas elevadas. A vazão de entrada no DMC foi medida continuamente e o perfil das vazões é apresentado na Figura 31. O perfil das vazões indica que os vazamentos não visíveis são elevados, pois, apresenta a razão de vazão noturna e a vazão média com grandes proporções: 85,9%. Moradores de algumas regiões do DMC Vargem Pequena apresentavam reclamações de falta de água, entretanto, a vazão de distribuição era suficiente para o abastecimento do bairro.

Figura 31 – Perfil de vazões Janeiro/2017



Fonte: Elaborado pela autora.

Diante dessa situação, a SRM/GOPS em março de 2017 formou uma equipe para pesquisa de vazamentos ocultos com geofone. O geofonista trabalha exclusivamente com serviços de pesquisa ativa com geofone, e iniciou os trabalhos pelo DMC Vargem Pequena. A primeira etapa de pesquisa de vazamentos durou 15 dias localizou 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, localizado dentro do DMC. 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 63 mm e extensão de aproximadamente 1.600 metros, assentada entre terrenos particulares e áreas de banhado. O acesso a esta tubulação estava comprometido e não foi possível realizar a busca por vazamentos ocultos com geofone, e não foi possível identificar vazamentos aparentes e realizar manutenções. A gerência operacional decidiu pela substituição do trecho em PEAD, assentando a nova rede junto ao passeio (Figura 32). Durante a execução da nova rede, foram encontradas diversas ligações clandestinas, cortadas durante o procedimento (Figura 33).

Figura 32 – Substituição do trecho de PEAD



Fonte: CASAN.

Figura 33 – Ligações clandestinas

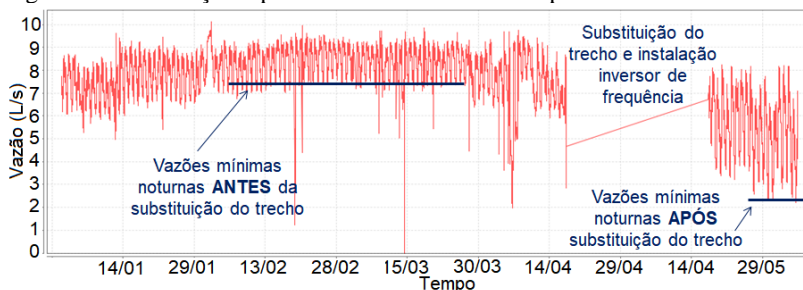


Fonte: CASAN.

Após a substituição do trecho em PEAD, 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 substituição da rede ocorreu em abril de 2017. Entre os dias 18 de abril e 17 de maio, houve problemas no macromedidor, que foram solucionados e o macromedidor foi calibrado. Em maio, foi possível realizar a comparação entre o perfil de vazão antes e após a substituição do trecho (Figura 34).

Figura 34 – Mudança do perfil e de vazões mínimas após melhoria.

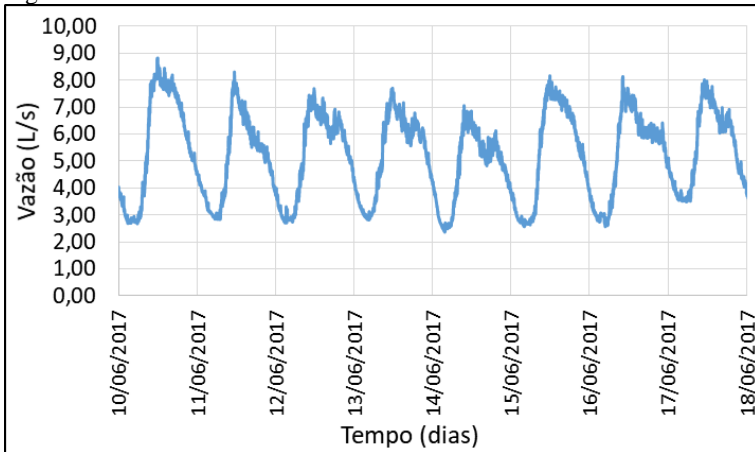


Fonte: Adaptado Supervisório CASAN, 2017.

A pressão do *booster* Vargem Pequena no mês de junho foi 60 mca na sucção e 80 mca no recalque. 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 (Figura 35). Depois da substituição da tubulação em PEAD, 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 36 mostra o novo padrão de vazão do DMC Vargem Pequena.

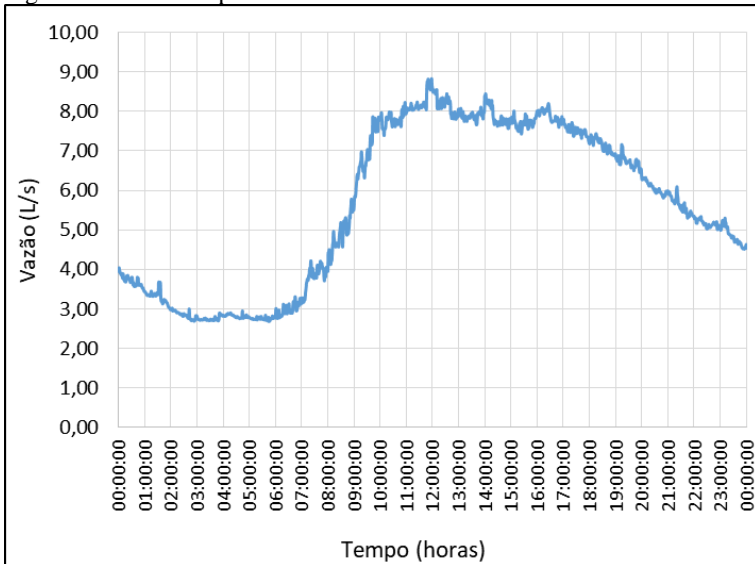
A Figura 37 apresenta as vazões mínimas noturnas de janeiro e junho no DMC. Essa diferença impactou o volume de perdas, em janeiro o IN_{049} (índice de perdas na distribuição) era de 51,0% e em junho de 35,9%, uma diferença de 5400 m³.

Figura 35 – Perfil de vazões Junho/2017.



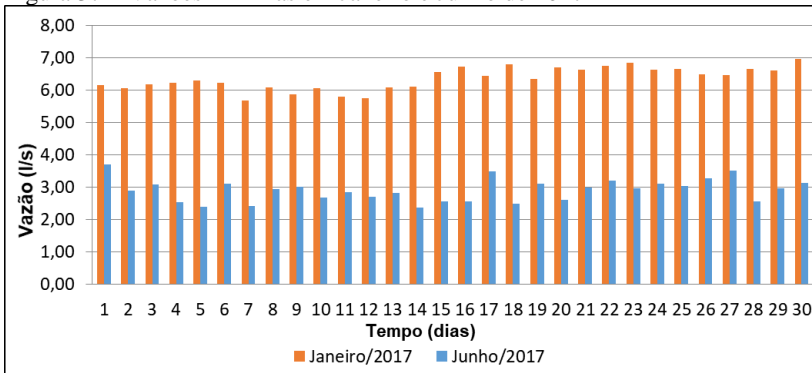
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 36 – Padrão típico de vazões em Junho de 2017 - dia 10/06/2017.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 37 – Vazões mínimas em Janeiro e Junho de 2017

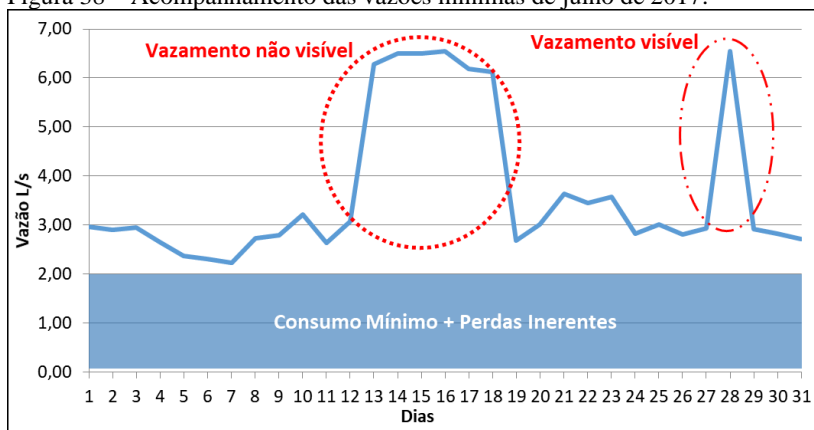


Fonte: Elaborado pela autora.

O geofonista passou a fazer o controle ativo de perdas reais em outros setores. Como a SRM-GOPS gerencia vários sistemas, o geofonista não pode voltar para mais uma ação em todo o DMC Vargem Pequena. Esta nova etapa de controle ativo, após os primeiros vazamentos não visíveis consertados é importante, pois na primeira campanha são encontrados os vazamentos mais “barulhentos”, com um orifício menor. Depois dos devidos reparos na rede, na segunda campanha de controle ativo, é possível ouvir, com o auxílio do geofone, o som dos vazamentos com orifício maior e nas tubulações de maior diâmetro.

No mês de julho, o acompanhamento das vazões mínimas (Figura 38) mostrou um aumento repentino no dia 12, neste dia não foram encontrados vazamentos visíveis. O geofonista foi até o setor e encontrou o vazamento não visível. Se não existisse o acompanhamento das vazões mínimas, o vazamento poderia persistir por muitos dias e impactar mais ainda o volume perdido no mês de julho. No dia 28 de julho foi identificado outro aumento na vazão mínima noturna, proveniente de um vazamento visível, consertado no mesmo dia. Em julho, o índice de perdas na distribuição (IN_{049}) foi de 48,1%, devido a esses vazamentos, em agosto abaixou para 41,0% e se manteve em, aproximadamente, 40% até o final do ano de 2017, sem apresentar grandes vazamentos como no mês de julho.

Figura 38 – Acompanhamento das vazões mínimas de julho de 2017.



Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 16 apresenta as vazões mínimas noturnas do DMC Vargem Pequena. No período de 18 de abril a 17 de maio/2017, não foram acompanhadas as vazões, devido à troca do trecho de PEAD e da instalação do inversor de frequência no *booster* Vargem Pequena. Pela média mensal das vazões mínimas, é possível perceber um pequeno aumento a partir de outubro de 2017, evidenciando a necessidade de uma nova campanha de geofonamento.

Quadro 16 – Acompanhamento da vazão mínima noturna.

Vazão Mínima Noturna (l/s)	Dia	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18
	1	6,10	9,40	7,40	6,80		3,70	2,90	2,60	3,00		3,00	3,00	4,73	3,54
	2	6,00	7,20	7,40	6,30		2,90	2,90	2,40	2,50	3,60	3,10	3,00	3,25	3,74
	3	6,10	7,00	7,40	6,60		3,00	2,90	2,50	4,60	2,80	3,50	3,10	3,93	3,74
	4	6,20	6,90	7,10	6,40		2,50	2,60	2,40	4,50	3,20	2,60	2,80	3,43	3,55
	5	6,30	7,00	7,20	6,60		2,40	2,30	2,70	3,00	2,90	3,00	3,50	3,06	3,21
	6	6,20	6,90	7,40	1,90		3,10	2,30	2,40	2,70	2,80	4,30	3,50	3,36	3,56
	7	5,60	6,80	7,50	4,90		2,40	2,20	2,30	3,00		3,10		3,81	3,69
	8	6,00	7,10	7,20	7,50		2,90	2,70	2,40	2,90		3,70	3,40	9,90	3,83
	9	5,80	7,10	7,50	7,50		3,00	2,70	4,10	2,50		2,40	4,00	3,51	5,16
	10	6,00	7,00	7,10	7,70		2,60	3,20	2,30	2,80		2,90	3,10	3,21	5,11
	11	5,70	7,20	7,10	6,20		2,80	2,60	2,50	2,20	2,30	3,20	3,20	3,28	4,88
	12	5,70	7,00	7,40	6,30		2,70	3,00	2,40	2,80	2,20	2,60	3,20	3,10	6,50
	13	6,00	7,10	7,40	6,90		2,80	6,20	2,50	2,70	2,30	2,40	5,10	3,85	6,83
	14	6,10	7,20	6,50	5,90		2,30	6,50	2,90	2,90	2,50	2,70	5,50	4,22	4,59
	15	6,50	7,30	7,30	6,40		2,50	6,50	2,10	2,90	2,10	2,90	5,80	3,68	5,01
16	6,70	7,40	7,40	6,10		2,50	6,50	2,30	3,10	2,40	3,10	3,60	3,56	3,11	

Continua

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 16 – Acompanhamento da vazão mínima noturna (Continuação).

Vazão Mínima Noturna (l/s)	Dia	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18
	17	6,40	7,00	7,30	6,00		3,40	6,10	3,20	2,70	3,00		3,70	3,13	3,06
	18	6,80	7,10	7,00		4,70	2,40	6,10	2,90	2,20	2,50	2,60	3,20	3,67	3,03
	19	6,30		7,30		3,60	3,10	2,60	2,90	2,20	2,50	2,90	3,20	3,77	3,03
	20	6,70	7,30	7,40		3,40	2,60	3,00	2,70	2,50	2,60	2,80	3,50	2,91	3,67
	21	6,60	7,40	7,30		3,70	2,90	3,60	2,30	2,60	2,70	2,90	3,50	3,91	3,45
	22	6,70	7,50	7,20		3,30	3,20	3,40	2,50	2,90	2,80	3,30	3,20	3,42	4,03
	23	6,80	7,40	7,30		3,20	2,90	3,50	2,90	3,10	2,90	3,30	3,90	3,31	4,88
	24	6,60	7,40	7,30		3,80	3,10	2,80	2,60	2,70	2,50	2,90	3,30	3,65	4,39
	25	6,60	7,40	7,30		3,80	3,00	3,00	3,30	2,80	2,60	3,70	3,60	3,57	4,33
	26	6,40	7,40	7,40		3,60	3,20	2,80	2,90	2,50	2,70	3,60	3,50	7,24	3,12
	27	6,40	7,60	7,30		2,50	3,50	2,90	3,00	2,50	2,60	3,30	3,40	3,45	3,16
	28	6,60	7,50	7,70		3,10	2,50	6,50	2,70	2,90	2,70	3,30	3,60	3,27	
	29	6,60		6,44		3,00	2,96	2,90	3,00	3,17	2,60	3,32	3,50	3,23	
	30	6,90		6,71		2,30	3,14	2,80	3,20	2,74	2,30	2,90	3,70	4,13	
	31	7,40		6,47		2,30		2,70	2,50		2,40		4,10	3,57	
Média	6,35	7,28	7,22	6,24	3,31	2,87	3,64	2,69	2,85	2,63	3,08	3,62	3,87	4,08	

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.4 Controle de Perdas Aparentes

Conforme apresentado no Quadro 14, o IN_{009} (Índice de Hidrometração) é elevado (99,86%), ou seja, a grande maioria das ligações possuem micromedicação. A idade média do parque de hidrômetros era de 4,35 anos, em dezembro de 2017. Na política da CASAN a idade para troca de hidrômetros é de 6,0 anos. O Quadro 17 apresenta a quantidade de hidrômetros no DMC Vargem Pequena. Pela Equação 16, o volume perdido por erros de medição no mês de dezembro de 2017 foi 30621 m³ (15,47% do volume disponibilizado).

Quadro 17 – Hidrômetros do DMC Vargem Pequena em dezembro 2017.

Ano	Idade	Quantidade
2001	16	6
2002	15	1
2003	14	0
2004	13	1
2005	12	23
2006	11	18
2007	10	5
2008	9	7
2009	8	13
2010	7	28
2011	6	31
2012	5	143
2013	4	30
2014	3	48
2015	2	43
2016	1	73
2017	0	67
Total		537
Idade média do parque de hidrômetros		4,35

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme o Apêndice E, foram identificados, no DOMO, trechos com edificações, porém sem ligações cadastradas. Esses trechos possuem, no total, 21 pontos com possíveis fraudes. Foi realizada a fiscalização comercial pela GCOS (Gerência Comercial da Superintendência), na qual foram observadas um número elevado de ligações clandestinas e não regularizadas. São comuns vazamentos na parte interna das ligações

clandestinas que não são consertados, visto que não há cobrança pela água. Entretanto, até o momento de desenvolvimento do presente trabalho, não foram tomadas ações em relação à fiscalização comercial. Visto que foi identificado, como possíveis fraudes, 4% do total de ligações ativas e que em ligações clandestinas os vazamentos são mais comuns, no balanço hídrico deste estudo será considerado 5% do volume consumido como perdas por fraudes. O DMCC apresentou 5279 m³ no mês de dezembro de usos não autorizados.

4.4.5 Balanço Hídrico – 2017

O balanço hídrico do ano de 2017 é apresentado na Figura 39. O DMC Vargem Pequena teve 92.409 m³ perdidos no ano de 2017, representando 46,67 % do volume disponibilizado. Nas perdas de água, 38,85 % foram perdas aparentes, destacando que a idade do parque de hidrômetros (4,35 anos) influenciou negativamente no volume de perdas. O consumo médio por economia (11,68 m³), foi maior que o faturamento mínimo (10 m³). Assim, a substituição de hidrômetros e a diminuição da idade do parque de hidrômetros poderá influenciar na redução das perdas aparentes e nas perdas de faturamento. A substituição de hidrômetros deve ocorrer com os mais antigos, maiores volumes lidos e com volume mensal próximo ou maior ao faturamento mínimo, dentre outros critérios já utilizados pela CASAN.

As perdas reais representaram 28,54% do volume total disponibilizado para o DMC, totalizando 56.508 m³. Volume este, possivelmente influenciado pelas fraudes, pois ficou evidente, durante o acompanhamento do DMC, que as ligações clandestinas possuem muitos vazamentos nas conexões com a rede. Entretanto, ainda existem vazamentos não visíveis, que podem ser identificados a partir de novas campanhas de controle ativo de perdas reais, por meio de haste de escuta e do geofone eletrônico.

Na busca por vazamentos não visíveis, inicialmente são identificados os vazamentos nas tubulações de menor diâmetro, como ligações, cavaletes e com o orifício menor, pois dissipam melhor o som. Após a segunda campanha, são identificados vazamentos maiores, estes, com maior dificuldade de localização. Assim, sempre que possível, deve ser realizado no período da noite. Essas novas campanhas de controle ativo de perdas reais, podem influenciar positivamente no volume de perdas em 2018.

Do consumo autorizado, 99,95% foi medido, confirmando que a maioria das ligações apresentam hidrômetro instalado, o que auxilia no

controle do sistema. No DMC Vargem Pequena não foram registrados volumes de consumo autorizado não faturado (combate a incêndios, descarga de rede, limpeza de reservatórios) no ano de 2017.

Figura 39 – Balanço Hídrico – DMC Vargem Pequena – 2017.

Volume de entrada no sistema (198000 m ³) 100 %	Consumo autorizado (105591 m ³) 53,33 %	Consumo autorizado faturado (105591 m ³) 53,33 %	Consumo faturado medido (105541 m ³) 53,30 %	Água faturada (131480 m ³) 66,40 %
			Consumo faturado não medido (50 m ³) 0,03%	
		Consumo autorizado não faturado 0 %		Água não faturada (66520 m ³) 33,60 %
	Perda de água (92409 m ³) 46,67 %	Perdas aparentes (35900 m ³) 18,13 %	Uso não autorizado (5279 m ³) 2,67 %	
			Erros de medição (30621 m ³) 15,47 %	
	Perdas reais (56508 m ³) 28,54 %			

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.6 Acompanhamento da Matriz do Banco Mundial

O acompanhamento da Matriz do Banco Mundial auxiliou a GOPS nas tomadas de decisão e a dar prioridade aos sistemas com maior necessidade. Para o DMC Vargem Pequena, de janeiro a maio de 2017, os resultados da Matriz do Banco Mundial (Quadro 18) evidenciaram que o DMC Vargem Pequena precisava de melhorias, pois se enquadrava na categoria C de desempenho, onde esforços para redução de vazamentos são necessários, segundo o Banco Mundial. A CASAN começou o

controle ativo de perdas reais e fez melhorias no DMC (substituição do trecho em PEAD), que passou a se enquadrar na categoria de desempenho B, onde existe, ainda, potencial para melhorias significativas e, indica-se considerar o gerenciamento de pressões e intensificar o controle ativo de vazamentos. Na média anual de 2017, o DMC ainda está enquadrado na categoria C e permanece com potencial para melhorias.

Quadro 18 – Acompanhamento da categoria de desempenho técnico 2017.

Mês	IN ₀₅₁	Pressão Média	Categoria de Desempenho Banco Mundial
	L/lig .dia	mca	
janeiro	617,27	50	C
fevereiro	736,72	50	C
março	765,49	50	C
abril	624,39	50	C
maio	402,63	40	C
junho	301,68	40	B
julho	447,66	40	C
agosto	346,55	40	B
setembro	323,19	40	B
outubro	358,94	40	B
novembro	363,03	40	B
dezembro	354,39	40	B

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.7 IVI – Índice de Vazamento na Infraestrutura

O Índice de Vazamento na Infraestrutura foi desenvolvido para o cálculo anual, sendo que o acompanhamento mensal no DMC foi realizado pelos indicadores de desempenho do SNIS. O IVI, para o ano de 2017, foi de 13,5. Esse resultado significa que as perdas reais no DMC são 13,5 vezes superiores às perdas reais inevitáveis. Para uma análise mais completa do DMC Vargem Pequena, o IVI deve ser acompanhado nos próximos anos e deve ser estudado o limite econômico de vazamentos para as condições da rede, disponibilidade hídrica e demanda do DMC.

A Matriz do Banco Mundial também relaciona o IVI com a categoria de desempenho técnico. Pelo resultado do IVI, o DMC Vargem Pequena também se encontra na categoria C.

4.4.8 Método das Vazões Mínimas Noturnas - Janeiro 2018

Com o Método das Vazões Mínimas Noturnas, é possível compreender a situação do sistema. Neste método, as pressões médias nos sistemas são medidas no ponto de cota média. No DMC Vargem Pequena no cálculo da cota média foi utilizada a base de dados de prefeitura de Florianópolis e do DOMO da CASAN. As cotas do DMC Vargem Pequena são apresentadas no Anexo A. O Quadro 19 apresenta o número de ligações totais por intervalo de cota e a cota média ponderada para as duas áreas do DMC, antes do *booster* Cartarina e após o *booster* Catarina. Foram identificados pelo DOMO três pontos ideais para medição: antes do *booster* Catarina e dois pontos após o *booster*.

Para a medição a pressão, é necessária uma torneira de jardim alimentada diretamente pela rede, sem a interferência da caixa d'água. Em campo, foram escolhidos os pontos ideais para medição, o primeiro na Estrada Manuel Leoncio de Souza Brito nº484 (antes do *booster*) e Servidão Luciano Luft Farias nº125 (após o *booster*). Foi realizada a medição da pressão média nos dois pontos de cota média do DMC após a substituição do trecho de PEAD, entre os dias 16/01/2018 e 18/01/2018.

Quadro 19 – Quantidade de ligações por intervalo de cota.

Cota	Antes do <i>Booster</i> Catarina	Depois do <i>Booster</i> Catarina
Metros	Ligações	Ligações
0-5	124	2
5-10	508	25
10-15	40	16
15-20	25	9
20-25	0	11
25-30	0	3
30-35	0	6
35-40	0	3
45-50	0	4
50-55	0	8
55-60	0	1
60-65	0	6
85-90	0	1
Total (Ligações)	697	95
Cota Média Ponderada (metros)	7,3	24,4

Fonte: Elaborado pela autora.

No primeiro dia, foi instalado o registrador no ponto antes do *booster*, contudo as pressões ficaram maiores que 50 mca e foi preciso trocar de registrador. No segundo dia, foi colocado no ponto após o *booster*, porém o registrador apresentou falha e não mediu corretamente os horários. No terceiro dia, foram instalados dois registradores e ambos mediram corretamente. As Figuras 40 e 41 apresentam o registrador instalado no ponto antes do *booster* Catarina e depois, respectivamente.

Figura 40 – Registrador de pressão ponto 1



Fonte: Autora.

Figura 41 – Registrador de pressão ponto 2



Fonte: Autora.

No dia 18/01/2018 o *booster* Vargem Pequena estava ligado e a pressão média de sucção, no período de medição, foi de 45,95 mca e de recalque de 79,95 mca. A amplitude, nas 24 horas analisadas, da pressão de sucção foi de 24 mca e da pressão de recalque foi de 10 mca, concluiu-se que a instalação do inversor de frequência auxiliou na estabilização das pressões de entrada do DMC Vargem Pequena. As medições de pressão no horário da vazão mínima noturna foram 55,35 mca (sucção) e 80 mca (recalque). A pressões dos registradores de pressão estão no Apêndice F

e o cálculo da pressão média do sistema no Quadro 20. A pressão média neste dia foi de 36,4 mca. Para o cálculo do Fator noite e dia foi utilizada a Equação 3, o F_{ND} da Vargem Pequena foi 15,92.

Quadro 20 - Pressão média e Fator noite e dia.

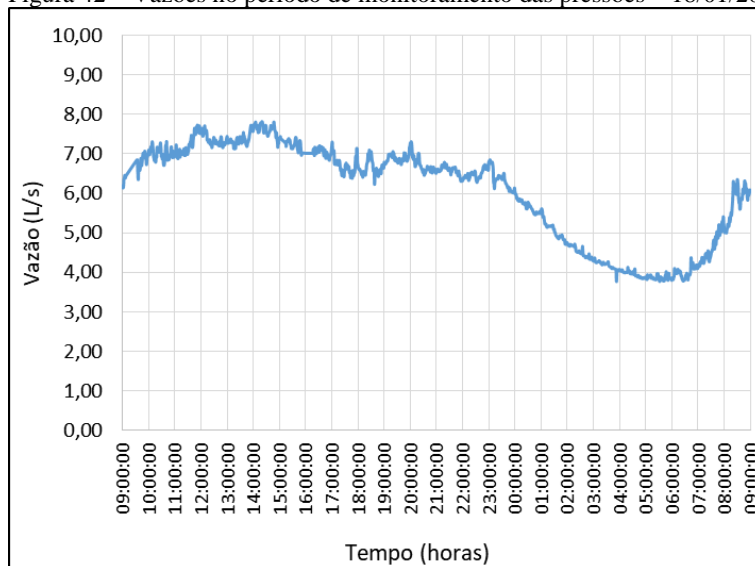
Intervalo de tempo	Antes do <i>Booster</i> Catarina	Depois do <i>Booster</i> Catarina	Pressão Ponderada	$\frac{P_i}{P_0}$
(horas)	Pressão (mca)			-
00:00-01:00	47	49	48,8	0,79
01:00-02:00	47	55	54,0	0,87
02:00-03:00	47	60	58,4	0,94
03:00-04:00	47	63	61,1	0,98
04:00-05:00	48	64	62,1	1,00
05:00-06:00	48	64	62,1	1,00
06:00-07:00	50	62	60,6	0,98
07:00-08:00	48	60	58,6	0,94
08:00-09:00	47	45	45,2	0,73
09:00-10:00	47	43	43,5	0,70
10:00-11:00	47	30	32,0	0,52
11:00-12:00	46	30	31,9	0,51
12:00-13:00	47	25	27,6	0,45
13:00-14:00	47	20	23,2	0,37
14:00-15:00	46	20	23,1	0,37
15:00-16:00	43	25	27,2	0,44
16:00-17:00	43	25	27,2	0,44
17:00-18:00	47	30	32,0	0,52
18:00-19:00	47	30	32,0	0,52
19:00-20:00	47	30	32,0	0,52
20:00-21:00	47	30	32,0	0,52
21:00-22:00	48	35	36,6	0,59
22:00-23:00	46	35	36,3	0,59
23:00-00:00	45	40	40,6	0,65
Pressão Média (mca)	47	35	36,4	-
Cota Média Ponderada (metros)	24,40	7,30	F_{ND} Fator noite e dia	15,92
Total (Ligações)	95	697		

Fonte: Elaborado pela autora.

No dia da medição, a vazão mínima noturna foi de 3,77 L/s, conforme apresentado na Figura 42. A vazão mínima ocorreu entre as 05:00 e as 06:00, nesse período o volume disponibilizado foi de 13.908 litros e o consumo noturno de 1.080 litros (7,8% do volume disponibilizado). Assim, pela equação 4, foi calculado o volume de perdas reais entre as 09h do dia 18/01 até as 08:59h do dia 19/01, resultando em 204,2 m³ perdidos em 24 horas. A razão entre a vazão mínima noturna e a vazão média foi de 61%.

A Figura 43 apresenta o resultado do método das vazões mínimas noturnas. As perdas reais inevitáveis foram calculadas conforme a Equação 5. O DMC apresenta ainda um grande volume de perdas reais conforme o Quadro 21. A Figura 43 aponta que a variação de pressão na rede aumenta significativamente as perdas por vazamento no período da noite. O controle de pressões pode ser uma alternativa para diminuir o volume de perdas reais.

Figura 42 – Vazões no período de monitoramento das pressões – 18/01/2018.



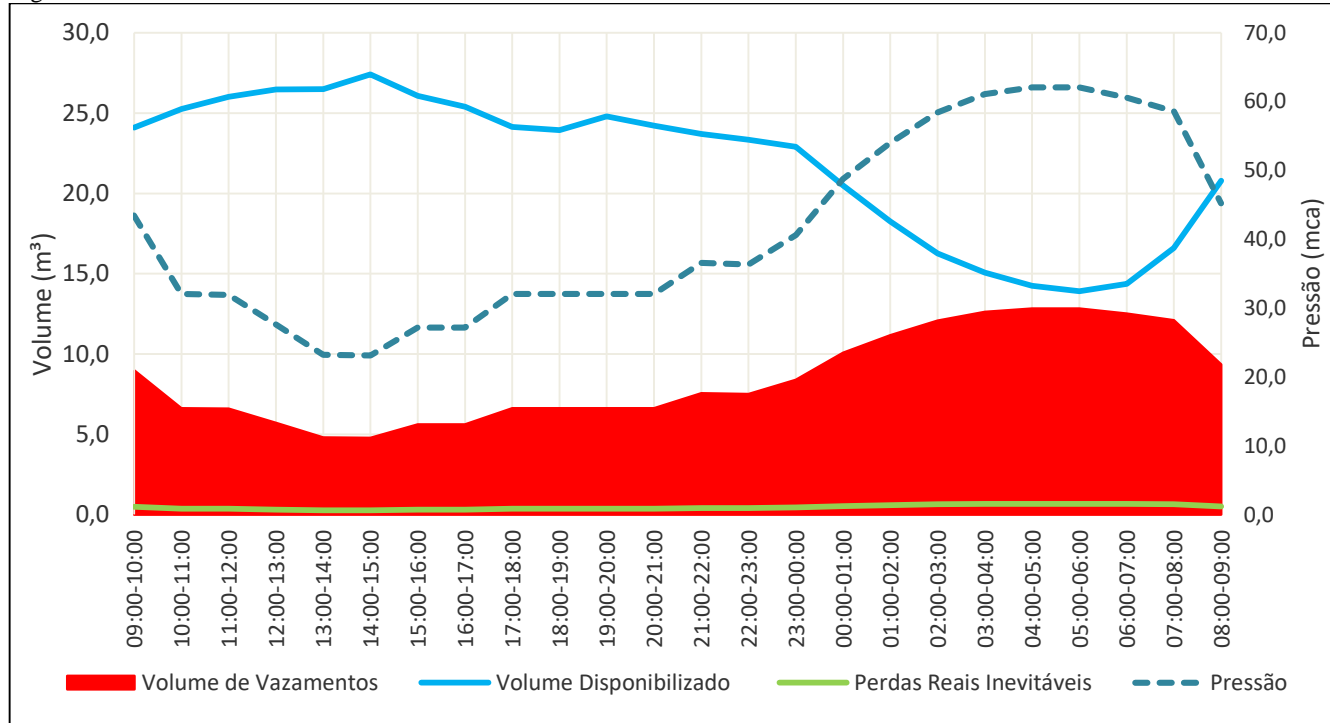
Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 21 – Método da Vazão Mínima Noturna – 18/01/2018.

Intervalo de Horário	Pressão	Volume Disponibilizado	Volume de Vazamentos	Consumo autorizado + Perdas aparentes	Perdas Reais Inevitáveis
	mca	m ³	m ³	m ³	m ³
09:00-10:00	43,5	24,10	8,98	14,36	0,48
10:00-11:00	32,0	25,25	6,62	18,07	0,36
11:00-12:00	31,9	26,02	6,60	18,87	0,36
12:00-13:00	27,6	26,48	5,71	20,28	0,32
13:00-14:00	23,2	26,50	4,80	21,30	0,27
14:00-15:00	23,1	27,41	4,78	22,23	0,27
15:00-16:00	27,2	26,07	5,61	19,98	0,31
16:00-17:00	27,2	25,39	5,61	19,30	0,31
17:00-18:00	32,0	24,13	6,62	16,95	0,36
18:00-19:00	32,0	23,94	6,62	16,76	0,36
19:00-20:00	32,0	24,79	6,62	17,62	0,36
20:00-21:00	32,0	24,22	6,62	17,04	0,36
21:00-22:00	36,6	23,70	7,55	15,51	0,41
22:00-23:00	36,3	23,35	7,50	15,21	0,41
23:00-00:00	40,6	22,89	8,39	13,80	0,45
00:00-01:00	48,8	20,50	10,08	9,57	0,53
01:00-02:00	54,0	18,25	11,17	6,14	0,59
02:00-03:00	58,4	16,27	12,08	3,17	0,64
03:00-04:00	61,1	15,06	12,62	1,37	0,66
04:00-05:00	62,1	14,25	12,83	0,34	0,67
05:00-06:00	62,1	13,91	12,83	0,00	0,67
06:00-07:00	60,6	14,37	12,51	0,81	0,66
07:00-08:00	58,6	16,61	12,10	3,49	0,64
08:00-09:00	45,2	20,79	9,35	10,65	0,50

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 43 – Método das vazões mínimas noturnas – 18/01/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

As obras para a melhoria da rede principal do DMC Vargem Pequena terminaram em março de 2018. Foi efetuado o assentamento de uma rede em PVC DEF^oF^o (DN 150) com início na interligação com a rede de DN 200 mm (antes da delimitação do DMC), até o trevo da SC-401 com interligação com a rede de DN 75mm existente. A nova rede apresentou extensão de 1018 m, aproximadamente. O novo macromedidor de 150 mm foi instalado no mês de junho de 2018, próximo ao *booster* Vargem Pequena.

4.4.9 Método das Vazões Mínimas Noturnas – Maio/Junho

No dia 11/05 de 2018 foram feitas as novas medições de pressão no DMC Vargem Pequena, nos mesmos pontos de janeiro de 2018. Após a melhoria na rede o Booster Vargem Pequena foi desligado definitivamente. Dessa maneira a nova rede solucionou o problema de subdimensionamento pois não houve necessidade do booster Vargem Pequena para garantir a pressão de sucção no booster Catarina.

As pressões dos registradores de pressão estão no Apêndice G e o cálculo da pressão média do sistema no Quadro 22. A pressão média ficou superior das medições de janeiro de 2018. No dia 11/05 foi de 56,6 mca. O F_{ND} da Vargem Pequena foi de 21,89, 37,5% também superior ao de janeiro, um indicador que as perdas reais possam ter aumentado. Apesar disso as melhorias surtiram o efeito esperado, diminuiu a perda de carga no DMC, gerou economia do consumo de energia elétrica e manteve o abastecimento do DMC.

A medição de pressão e vazão foram realizadas em dias diferentes pois o macromedidor foi instalado no início de junho. Para garantir que seriam medidas as pressões após a interligação da nova rede, as pressões foram medidas em maio. Como não houveram grandes vazamentos nesse período e nem alterações no DMC optou-se por utilizar as pressões de maio no método das vazões mínimas de junho.

A medição de vazão ocorreu nos dias 11/06/2018 e 12/06/2018, neste período a vazão mínima noturna foi de 1,28L/s, 1/3 da vazão mínima noturna de janeiro de 2018. Conforme apresentado na Figura 44, a vazão mínima ocorreu entre as 05:00 e as 06:00, nesse período o volume disponibilizado foi de 5203 litros, e o consumo noturno de 1080 litros (20,7% do volume disponibilizado). Pela equação 4 foi calculado o volume de perdas reais entre as 09h do dia 11/06 até as 08:59h do dia 12/06, resultando em 113,9 m³ perdidos em 24 horas, menos da metade do calculado em janeiro de 2018.

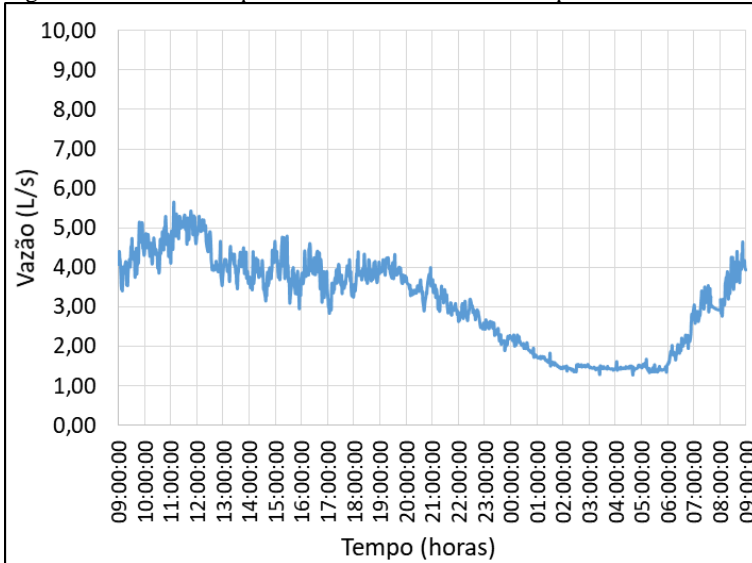
Quadro 22 – Pressão média e Fator noite e dia – 11/05/2018.

Intervalo de tempo	Antes do <i>Booster</i> Catarina	Depois do <i>Booster</i> Catarina	Pressão Ponderada	$\frac{P_i}{P_0}$
(horas)	Pressão (mca)			-
00:00-01:00	61	44	59,0	0,94
01:00-02:00	63	45	60,8	0,97
02:00-03:00	64	46	61,8	0,98
03:00-04:00	64	48	62,1	0,99
04:00-05:00	65	48	63,0	1,00
05:00-06:00	64	48	62,1	0,99
06:00-07:00	63	48	61,2	0,97
07:00-08:00	62	45	60,0	0,95
08:00-09:00	61	44	59,0	0,94
09:00-10:00	59	43	57,1	0,91
10:00-11:00	57	42	55,2	0,88
11:00-12:00	57	41	55,1	0,87
12:00-13:00	56	42	54,3	0,86
13:00-14:00	56	41	54,2	0,86
14:00-15:00	56	40	54,1	0,86
15:00-16:00	57	38	54,7	0,87
16:00-17:00	57	41	55,1	0,87
17:00-18:00	56	42	54,3	0,86
18:00-19:00	56	42	54,3	0,86
19:00-20:00	56	42	54,3	0,86
20:00-21:00	57	42	55,2	0,88
21:00-22:00	58	42	56,1	0,89
22:00-23:00	59	43	57,1	0,91
23:00-00:00	60	44	58,1	0,92
Pressão Média (mca)	58	42	56,6	-
Cota Média Ponderada (metros)	24,40	7,30	F _{ND} Fator noite e dia	21,89
Total (Ligações)	95	697		

Fonte: Elaborado pela autora.

A razão entre a vazão mínima noturna e a vazão média foi de 40% neste dia, mais um indício que os vazamentos no DMC diminuam após a segunda melhoria da rede. Em comparação a medição de 18/01/2018 as vazões máxima, média e mínima diminuam 2,15, 2,98 e 2,5L/s, respectivamente.

Figura 44 – Vazões no período de monitoramento das pressões – 11/06/2018



Fonte: Elaborado pela autora.

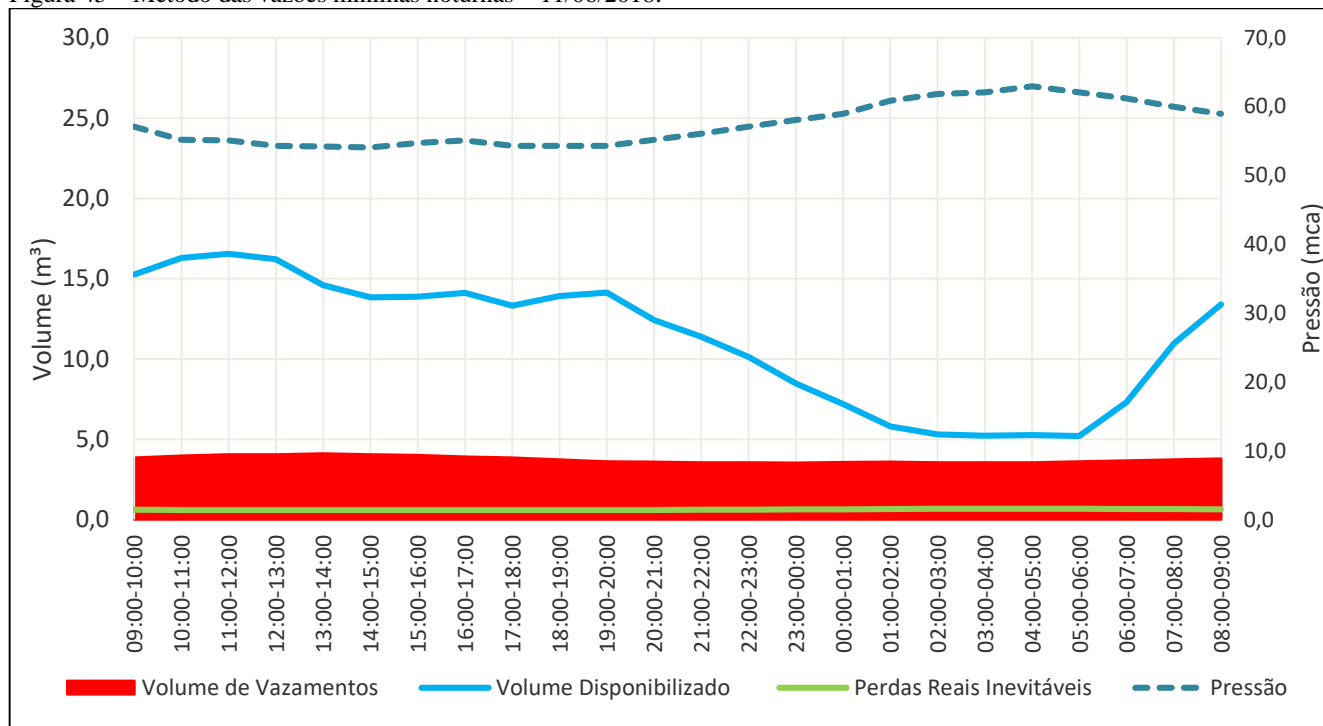
No Quadro 23 são apresentados os valores horários do método das vazões mínimas noturnas. A Figura 45 mostra uma pequena variação da pressão ao longo do dia, contudo as pressões se mostram elevadas, acima de 50 mca. A variação da pressão média do DMC Vargem Pequena diminuiu, em relação a janeiro/2018, com isso houve a diminuição da variação horária do volume de vazamentos também. Apesar do F_{ND} ter aumentado o volume de perdas diminuiu devido as vazões mínimas noturnas. O controle de pressões pode ser uma alternativa para melhorar ainda mais o sistema de abastecimento e os indicadores de perdas no DMC Vargem Pequena.

Quadro 23 – Método da Vazão Mínima Noturna – 11/06/2018

Intervalo de Horário	Pressão	Volume Disponibilizado	Volume de Vazamentos	Consumo autorizado + Perdas aparentes	Perdas Reais Inevitáveis
	Mca	m ³	m ³	m ³	m ³
09:00-10:00	57,1	15,26	0,94	3,86	11,39
10:00-11:00	55,2	16,30	0,97	3,98	12,32
11:00-12:00	55,1	16,56	0,98	4,05	12,51
12:00-13:00	54,3	16,21	0,99	4,07	12,15
13:00-14:00	54,2	14,60	1,00	4,12	10,47
14:00-15:00	54,1	13,84	0,99	4,07	9,78
15:00-16:00	54,7	13,88	0,97	4,01	9,87
16:00-17:00	55,1	14,13	0,95	3,93	10,20
17:00-18:00	54,3	13,32	0,94	3,86	9,46
18:00-19:00	54,3	13,92	0,91	3,74	10,18
19:00-20:00	54,3	14,15	0,88	3,61	10,53
20:00-21:00	55,2	12,42	0,87	3,61	8,81
21:00-22:00	56,1	11,40	0,86	3,56	7,84
22:00-23:00	57,1	10,12	0,86	3,55	6,57
23:00-00:00	58,1	8,47	0,86	3,54	4,92
00:00-01:00	59,0	7,20	0,87	3,58	3,62
01:00-02:00	60,8	5,79	0,87	3,61	2,19
02:00-03:00	61,8	5,29	0,86	3,56	1,74
03:00-04:00	62,1	5,21	0,86	3,56	1,66
04:00-05:00	63,0	5,26	0,86	3,56	1,70
05:00-06:00	62,1	5,20	0,88	3,61	1,59
06:00-07:00	61,2	7,33	0,89	3,67	3,65
07:00-08:00	60,0	10,97	0,91	3,74	7,23
08:00-09:00	59,0	13,39	0,92	3,80	9,59

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 45 – Método das vazões mínimas noturnas – 11/06/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 FLUXOGRAMA DE AÇÕES

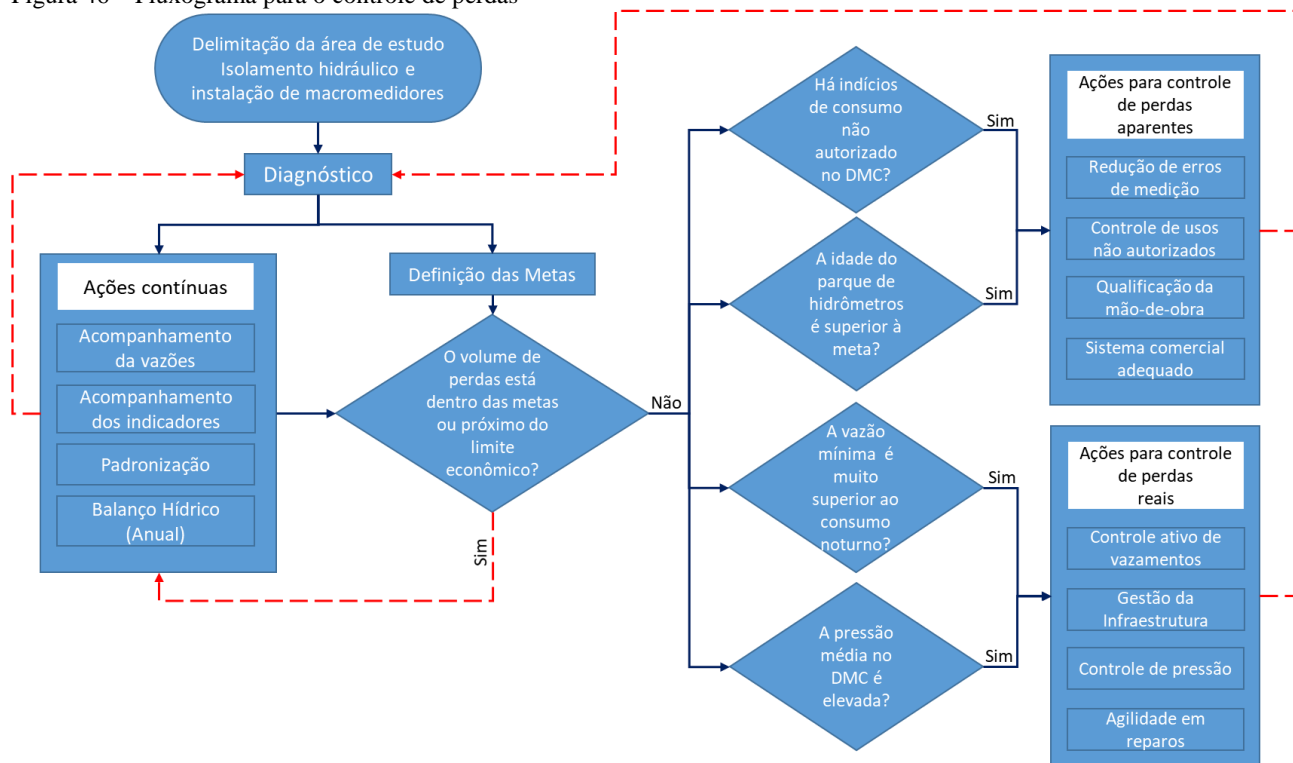
O controle de perdas de água deve ser um processo cíclico, com campanhas tanto no controle de perdas reais, quanto no controle de perdas aparentes. Entretanto, é necessário o conhecimento do sistema e de suas deficiências para priorizar ações que tenham efeito no controle de perdas, ou seja, se o DMC apresentar um grande número de vazamentos, deve-se focar em estratégias para reduzir as perdas reais. Por outro lado, não surtirá tanto efeito se o DMC não apresentar um bom controle comercial e o foco do controle de perdas se restringir às perdas reais.

O controle de perdas começa na delimitação de um setor ou DMC, somente com a definição da área de estudo é possível analisar e fazer o controle de perdas efetivamente. Outro passo importante, no início do controle de perdas, é o diagnóstico do DMC, que engloba conhecer o perfil de vazões, consumo mínimo, características como existência ou não de população flutuante, densidade de ligações, pressão média, idade do parque de hidrômetros, entre outros.

A partir do primeiro diagnóstico é possível traçar metas e ações para o DMC e sistemas. A Figura 46 apresenta um fluxograma de ações para o controle de perdas em um DMC. Para o controle de perdas, é importante o acompanhamento contínuo das vazões e dos indicadores, padronização das ações e cálculo anual do balanço hídrico. Além disso, acompanhar as vazões mínimas noturnas é essencial para o controle de perdas reais, pois os vazamentos são identificados com maior agilidade. A padronização do controle ativo de perdas reais facilita o acompanhamento da gerência do sistema e auxilia na qualificação da mão de obra. A padronização pode ser feita a partir de manuais, POPs, cursos, entre outros.

As ações para controle de perdas reais e aparentes foram definidas por Lambert (2001) e Tardelli (2015) nas Figuras 2 e 4, respectivamente. O conhecimento do DMC e suas particularidades é essencial para a definição das ações com mais precisão. Entretanto, o fluxograma apresentado pode ser uma alternativa para o início do controle de perdas e auxiliar no conhecimento do DMC.

Figura 46 – Fluxograma para o controle de perdas



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5.1 Plano de Ações DMC Vargem Pequena

Em 2016 foi delimitado o DMC Vargem Pequena. Em 2017, foi realizado o diagnóstico, acompanhamento das vazões, indicadores, padronização das ações e balanço hídrico. Com os resultados obtidos, a GOPS fez melhorias na infraestrutura, como a troca do trecho de PEAD (2017) e melhoria na rede principal (2018). A melhoria na rede principal mudou as pressões do DMC, gerou um aumento no F_{ND} e, em contrapartida, a rede está dimensionada de forma adequada para vazão do DMC, sendo possível fazer o desligamento do *booster* Vargem Pequena.

Para diminuir as perdas no DMC Vargem Pequena, levando em consideração os resultados deste estudo, são propostas as seguintes ações:

- Substituição de hidrômetros;
- Realizar campanhas de geofonamento;
- Estudar a possibilidade de controle de pressões;
- Fazer o controle de usos não autorizados;
- Estudar a viabilidade de melhoria na rede após o *booster* Catarina;
- Cálculo do Balanço Hídrico para o ano de 2018.

4.5.1.1 Substituição de hidrômetros

Apesar do DMC Vargem Pequena ter mais de 99% das ligações com micromedicação, 133 hidrômetros apresentam mais de 6 anos de uso, dentre os hidrômetros com mais de 6 anos, 61 hidrômetros apresentam volume mensal medido maior que 10 m³. Com a troca, o volume medido possivelmente vai aumentar devido a diminuição do erro de medição, o que pode influenciar nos indicadores de consumo e de perdas. A troca de hidrômetros leva em consideração diversos fatores, como idade, volume medido acumulado, volume mensal entre outros. De acordo com o HidroLupa da CASAN é feita a priorização dos hidrômetros que devem ser substituídos.

4.5.1.2 Geofonamento

No ano de 2017, foi realizada uma campanha de geofonamento no DMC Vargem Pequena, que ocorreu antes da troca do trecho de PEAD. Uma nova campanha é necessária para encontrar os vazamentos que não eram ouvidos pelo geofonista por causa dos vazamentos no trecho de PEAD. Além disso, a média mensal das vazões mínimas noturnas

aumentaram a partir do mês de outubro de 2017, conforme o Quadro 15. Uma nova campanha de geofonamento poderá encontrar os vazamentos não visíveis que surgiram nesse período. Dessa forma, inclui-se no plano de ações, realizar duas novas campanhas de geofonamento, para continuidade do controle ativo de perdas reais. A segunda campanha de geofonamento deve acontecer após os reparos dos vazamentos encontrados na primeira campanha.

4.5.1.3 Controle de pressões

Após a melhoria na rede principal do DMC Vargem Pequena, a pressão média aumentou 55%, apesar do *booster* Vargem Pequena estar desligado. Por um lado, esse aumento significa que o sistema não precisa do *booster* e economiza energia, contudo, o aumento de pressão é diretamente proporcional ao aumento do volume de vazamentos. Assim, sugere-se que seja estudada a possibilidade de controle de pressões com VRP e a viabilidade de utilizar um inversor de frequência no *booster* Catarina, com controle a partir do ponto crítico. Além disso, para o cálculo do volume de vazamentos todos os dias é necessária a instalação de medidores de pressão nos pontos médios da rede com telemetria e ligados ao sistema supervisor. Assim, o balanço hídrico poderá ser calculado de duas maneiras, a partir das perdas aparentes e das perdas reais. O que possibilitará a avaliação do melhor método para o DMC Vargem Pequena e viabiliza aplicação contínua do método das vazões mínimas noturnas.

4.5.1.4 Controle de usos não autorizados

Em 2017, foram identificados trechos com possíveis ligações clandestinas, assim, propõe-se o controle de usos não autorizados desses pontos e também do trecho após o *booster* Catarina.

4.5.1.5 Melhoria na rede

A necessidade do *booster* Catarina é devido à declividade do terreno após o *booster*, entretanto, sugere-se estudar a viabilidade de melhoria na rede após o *booster* Catarina, com a finalidade de diminuir a necessidade do *booster* ou a troca de local, para não ocorrer pressões muito elevadas no recalque.

4.5.1.6 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um cálculo anual para o DMC, o que diminui os erros e aproximações nos volumes lidos. A leitura dos hidrômetros pode variar e não corresponder ao mesmo número de dias do mês de referência, dessa maneira, o cálculo do balanço hídrico mensal pode apresentar erros. O presente estudo apresentou o balanço hídrico do DMC para o ano de 2017, conforme a Figura 39. Para o acompanhamento do DMC Vargem Pequena, é importante a continuidade do cálculo do Balanço Hídrico, nos próximos anos, para avaliar mudanças no comportamento do DMC.

5 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. A aplicação do controle de perdas no Sistema Costa Norte apresentou bons resultados. Entretanto, por se tratar de um processo cíclico, ainda apresenta etapas a serem executadas.

Os DMCs do Sistema Costa Norte apresentaram características diferentes quanto à população residente, população flutuante e densidade de ligações. Como os indicadores de desempenho foram calculados mensalmente em 2017, foi possível perceber particularidades como o consumo e variação sazonal dentre os DMCs.

O desenvolvimento do presente estudo permitiu criar uma base de dados e procedimentos para a continuidade do acompanhamento das perdas no sistema Costa Norte, além disso possibilitou a avaliação do controle de perdas no DMC Vargem Pequena.

O perfil das vazões no DMC Vargem Pequena 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. Além disso, a instalação de um inversor de frequência estabilizando a pressão de recalque do *booster* Vargem Pequena, diminuiu a pressão média e reduziu em 15% o gasto com energia elétrica do *booster*.

Monitorar as vazões mínimas noturnas diariamente no mês de julho se mostrou eficaz na gestão de perdas de água. Foi identificado um vazamento não visível que poderia ter permanecido por mais dias, caso não existisse o controle ativo.

O DMC Vargem Pequena apresentou alteração da categoria de desempenho técnico da matriz do banco mundial, ao longo de 2017, mesmo com a diminuição da pressão média e critérios mais rigorosos, melhorou de categoria. Entretanto, ainda apresenta potencial de melhorias.

Ao final do ano de 2017 o balanço hídrico do DMC Vargem Pequena trouxe uma visão geral do sistema, demonstrou que em 2017 as perdas reais foram superiores às perdas aparentes. Além disso, o conhecimento dos componentes pode auxiliar na definição de novas metas.

O cálculo de perdas reais, a partir do método da vazão mínima noturna, se mostrou eficaz em 2018. Reafirmou que as melhorias operacionais surtiram o efeito esperado no DMC Vargem Pequena, a diminuição da vazão mínima noturna e conseqüentemente apresentou menor volume perdido.

No DMC Vargem Pequena, o gerenciamento de perdas expôs deficiências do sistema e permitiu melhorias que geraram economia de energia a partir do desligamento total do *booster* Vargem Pequena. As melhorias na infraestrutura no DMC Vargem Pequena complementaram os resultados do acompanhamento das vazões e criaram novos desafios, como, por exemplo, a mudança no comportamento das pressões.

Depois da avaliação do DMC Vargem Pequena e validação dos resultados positivos no controle de perdas, foi possível concretizar um fluxograma de ações, que viabilizou a aplicação do controle de perdas em outros DMCs. Enfatizando que o controle de perdas é uma metodologia cíclica e contínua, a sugestão final do estudo é um novo plano de ação para diminuir as perdas no DMC Vargem Pequena. No plano, algumas ações propostas são: substituição de hidrômetros, campanhas de geofonamento e controle de pressão.

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 buscar novas alternativas para captação e tratamento, além disso, prolonga a vida útil dos sistemas.

Por fim, recomenda-se para os próximos estudos: o levantamento do N1 (fator de escala na relação pressão-vazamento) que é obtido a partir do fechamento do registro de entrada de cada DMC; análise do parque de hidrômetros para obtenção dos índices de submedição; medição de pressão contínua nos pontos médios, possibilitando o cálculo do balanço hídrico pelas perdas aparentes e perdas reais, permitindo a comparação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- 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
- AESBE. Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. Série Balanço Hídrico. **Guia Prático para Método Direto de Quantificação de Perdas Reais em sistemas de abastecimento.** 2015
- 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.
- BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água.** Tecnologias de Controle. João Pessoa, 2013
- BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA Fundação Nacional da Saúde. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.** Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014.** Brasília, 2016
- BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016.** Brasília, 2017
- COELHO, A.C. **Micromedição em sistemas de abastecimento de água.** João Pessoa, 2009
- COSTA, R. F. **Análise da infraestrutura em redes de abastecimento: Gestão de combate a perdas de água.** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, 2009.
- COPASA. **Relatório Anual e de Sustentabilidade.** Belo Horizonte, 2011

FARLEY, M. **Leakage Management and Control**. A Best Practice Training Manual. Geneva, 2001

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.

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.

LAMBERT, A.O. **A Realistic Basis for an International Comparison of Real Losses from Public Water Supply Systems**, Water and Environment Journal vol 14, 2000

LAMBERT, A.O; TAYLOR, R. **Water Loss Guidelines**. New Zealand, 2010

LAMBERT, A.O. **Water losses management and techniques**. Internacional Water Association Congress, Berlim, 2001.

MARCHI, C. E.; SOARES, A. S.; GIROL, G. V.; ELEOTORO, B. C. **Estudo de Otimização Operacional do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito do Rio Vermelho – Redução de Perdas de Água**. Congresso ABES, São Paulo, 2017.

MIRANDA, E. C. de. **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Indicadores de Perdas**. 2002. Brasília, 2002.

MORRISON, J.; TOOMS, S.; ROGERS, D. **DMA Management Guidance Notes**. IWA Internaticonal Water Association, 2007
SÁ, Clarissa Campos de. **A importância da micromedição no combate às perdas de água - estudo da hidrometração da companhia águas de Joinville**. Florianópolis, 2007.

SILVA, P. A.; SILVA, G.; FRANÇA, F. V. P.; MORAES, A. G. **Estudo de Setorização e Zoneamento de Pressão com Foco em**

Redução de Perdas e Eficiência Energética. Encontro Técnico AESABESP, São Paulo, 2014.

PINTO, L.C.B. **Gestão de Perdas no saneamento básico.** In: PHILIPPI JR, A; GALVÃO, A.C. (Org.). *Gestão do saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário.* Barueri, 2012.

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.

TARDELLI FILHO, J.; COSTA, A. J. M.; BAGGIO, M. A.; MACHADO, R. R. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de abastecimento de água.** Posicionamento e Contribuições técnicas da ABES, 2015

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.

UN-Habitat United Nations Human Settlements Programme. **Leakage Control Manual.** Utility Management Series for Small Towns, volume 5. Kenia, 2012.

WINARNI, W. **Infrastructure Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator.** Civil Engineering Dimension, Jakarta, Indonesia, 2009.

APÊNDICE A – POP BUSCA POR VAZAMENTOS OCULTOS

		BUSCA POR VAZAMENTOS OCULTOS	Padrão n.º
Sistema: Sistema de Abastecimento de Água		Processo: Rede de distribuição e adutoras	Unidade (Onde Fazer): Tubulações, conexões e ramais
Tarefa (O que Fazer): Busca por vazamentos com geofone e haste de escuta			
Responsável pela Tarefa (Quem executa): Geofonador			
Ferramentas:	Qtd	EPI: Uniforme padrão, Capacete; Botina, Colete refletivo, Luva de látex, Luva de vaqueta, Óculos ampla visão ou escuro, Protetor Solar e Capa de chuva e/ou jardineira impermeável. EPC: Cavelete de trânsito, fita e cone de sinalização.	Resultados esperados (Por quê Fazer): Detectar e localizar vazamentos ocultos, reduzir o índice de perda de água, reduzir a vazão mínima noturna.
Instrução de Trabalho (Como Fazer):			
<ul style="list-style-type: none"> • Preparação: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar com coordenadores os locais a serem geofonados, ter em mãos AS dos locais programados (Código 5802); - Checar a disponibilidade dos materiais (veículo, haste de escuta e geofone) e checar se os equipamentos auxiliares estão no veículo (ver listagem no Manual de Detecção e Localização de Vazamentos Ocultos); - Verificar as condições de bateria dos geofones e estado de conservação dos equipamentos; - Providenciar plantas cadastrais com desenhistas. • Em campo: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar se está havendo falta d'água ou manobras de registro na área a ser geofonada e se há vazamentos visíveis na rede de distribuição. Verificar a pressão da rede. Para melhores resultados nos procedimentos de escuta, a pressão deve ser maior que 10mca (1,0Kgf/cm²). - Para busca de vazamentos com a haste de escuta, devem ser pesquisados todos os pontos acessíveis da tubulação (cavaletes, hidrantes, registros, válvulas, tubulação aparente); - Anotar na planilha de apoio (Anexo 1) as vias que foram pesquisadas, informando se foi percorrida toda ou parcialmente a rede, se foi encontrado vazamento e quais equipamentos de apoio foram utilizados. Na planta cadastral devem ser feitas anotações incluindo informações, conexões que foram encontradas e não constavam no cadastro técnico para atualização do mesmo (descargas, registros, etc). 			

- Verificação de água corrente em drenagens e córregos, com reagente DPD para verificação da presença de cloro;
- Com a haste de escuta, ao ouvir um ruído suspeito no cavalete, assegurar-se de que não está havendo passagem d'água através do hidrômetro, fechando firmemente o registro (certificar-se que o mesmo está vedando).
- Após a verificação com a haste de escuta em aproximadamente 500 metros de rede, a pesquisa terá prosseguimento com o geofone eletrônico e haste de perfuração; Todos os trechos, que possuírem pontos de contatos com distância superior a 20 metros redes não metálicas e 35 metros redes metálicas, além de todas as travessias, devem ser pesquisados com geofone;
- O segundo método para detecção de vazamentos não visíveis consiste na utilização apenas do geofone eletrônico.
- Verificar a pressão da rede (maior que 10 mca, para geofonamento) e verificar os filtros do geofone.
- O geofonamento deve ser efetuado, posicionando o sensor sucessivamente a cada 1,5 metros, aproximadamente, sobre a superfície onde a tubulação está enterrada (Ficar no máximo de 3 a 4 segundos com o sensor ligado, para evitar exaustão da audição);
- Ao ouvir um ruído suspeito, deve ser intensificada a pesquisa nesta área, para definir o ponto com possível vazamento, anotar no Anexo 2.
 - **Entregas diárias:**
 - Folhas da planilha de apoio (Anexo 1 e Anexo 2), com os dados das vias geofonadas e dos vazamentos preenchidos;
 - Plantas cadastrais com as informações levantadas em campo (vazamentos detectados, alterações cadastrais e as alterações para as desenhistas);
 - Relatório veicular;
 - Relatório com informações a respeito do SAA.
 - **Finalização:**
 - Conferir se os equipamentos estão funcionando (Haste de escuta e Geofone eletrônico);
 - Colocar os geofones para carregar.

Ações Corretivas:

O coordenador abrir a AS com o código 5110 RA conserto gerado geofonamento. Após abertura das AS, cabe ao SEOPA/Agência/Unidade Operacional a execução do serviço de conserto de vazamento e baixa da respectiva AS com maior brevidade possível.

Coordenador:

Responsável Técnico:

Elaborado em:


Dezembro/2017

Revisão nº:

Data Revisão:

Assinatura do(s) responsável(is) pela tarefa:

APÊNDICE B – POP – GEOFONE ELETRÔNICO

		GEOFONE ELETRÔNICO	Padrão n.º
Sistema: Sistema de Abastecimento de Água		Processo: Rede de distribuição e adutoras	Unidade (Onde Fazer): Tubulações, conexões e ramais
Tarefa (O que Fazer): Busca por vazamentos com geofone			
Responsável pela Tarefa (Quem executa): Geofonador			
Ferramentas: - Geofone	Qtd 01	EPI: Uniforme padrão, Capacete; Botina, Colete refletivo, Luva de látex, Luva de vaqueta, Óculos ampla visão ou escuro, Protetor Solar e Capa de chuva e/ou jardineira impermeável. EPC: Cavalete de trânsito, fita e cone de sinalização.	Resultados esperados (Por quê Fazer): Detectar e localizar vazamentos ocultos, reduzir o índice de perda de água, reduzir a vazão mínima noturna.
Instrução de Trabalho (Como Fazer): <ul style="list-style-type: none"> • Preparação: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar as condições de bateria dos geofones e estado de conservação dos equipamentos; • Em campo: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar se não está havendo falta d'água ou manobras de registro na área a ser geofonada; - Verificar novamente a pressão da rede (deve ser maior que 10 mca [1,0Kgf/cm²]); - O geofonamento deve ser efetuado, posicionando o sensor sucessivamente a cada 1,5 metros, aproximadamente, sobre a superfície onde a tubulação está enterrada (Ficar no máximo de 3 a 4 segundos com o sensor ligado, para evitar exaustão da audição); - Deve-se iniciar sempre com os filtros pré-definidos. Ao detectar o vazamento, diminuir o intervalo de frequência para tentar ouvir melhor aquele local específico. - Ao ouvir um ruído suspeito, deve ser intensificada a pesquisa nesta área, para definir o ponto com possível vazamento. <p>- Filtros iniciais (pré-definidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dia: filtro inferior em 200 e superior em 800Hz. -Noite: filtro inferior em 100 e superior em 1000Hz. <p>- Opções de intervalos, se necessário: deve ser consultado manual do equipamento.</p>			

- Utilização do geofone:



•Para ligar corretamente o equipamento deve-se primeiro conectar o sensor de solo ao amplificador (Conector Sensor de Solo). Segundo, conecte o fone de ouvido (Entrada fone de ouvido) e por fim, pressione o botão de ligar (botão ON/OFF).

•O geofonador deve aumentar ou diminuir o volume de modo que trabalhe de maneira confortável. O ajuste é

feito pressionando as teclas “Aumentar Volume” e “Diminuir Volume”.

•O amplificador encaminha o som somente quando o botão verde do gatilho está acionado. Acionar o gatilho apenas quando o sensor já estiver posicionado no local desejado.

•Para acessar e alterar os filtros, o geofonador deve pressionar a tecla “Acessar Filtros” e escolher o filtro que deseja alterar; Caso necessário, deve-se consultar o manual do equipamento para identificar os procedimentos de alteração dos filtros.

• Finalização:

- Conferir se os equipamentos estão funcionando (Geofone eletrônico, condições da bateria, fone de ouvido);

- Colocar os geofones para carregar.

Ações Corretivas:

O coordenador abrir a AS com o código 5110 RA conserto gerado geofonamento. Após abertura das AS, cabe ao SEOPA/Agência/Unidade Operacional a execução do serviço de conserto de vazamento e baixa da respectiva AS com maior brevidade possível.

Coordenador:

Responsável Técnico:

Elaborado em:
Dezembro/2017

Revisão nº:

Data Revisão:

Assinatura do(s) responsável(is) pela tarefa:





APÊNDICE C – PLANILHAS DE APOIO EM CAMPO

DD - Diretoria de Operações e Meio Ambiente
Programa de Controle e Redução de Perdas - Pesquisa de Vazamentos Ocultos

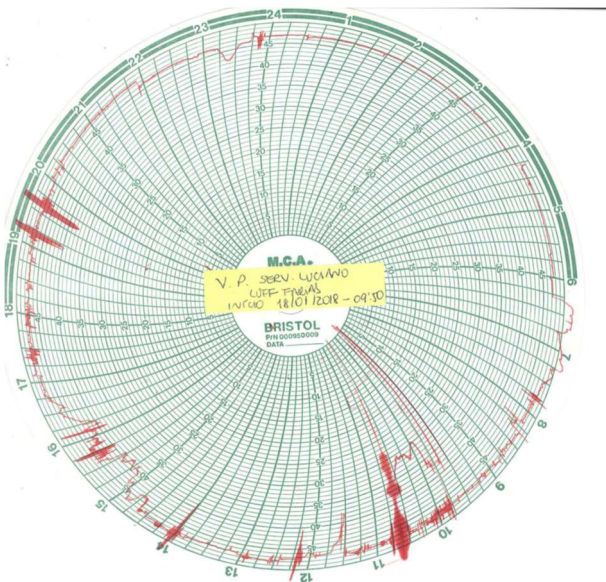
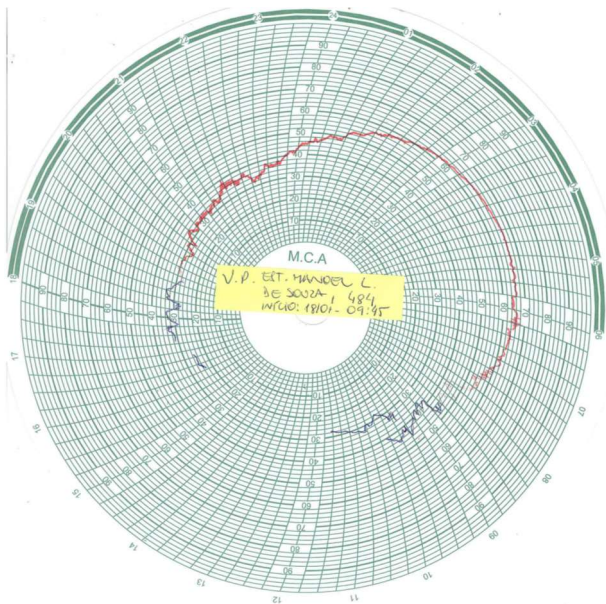


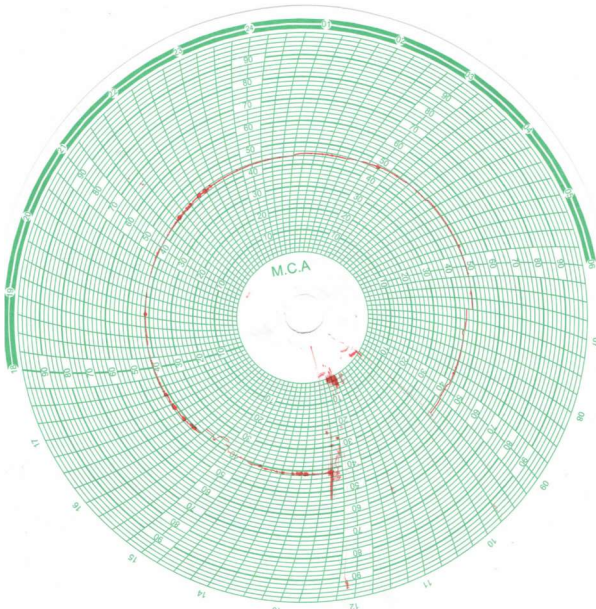
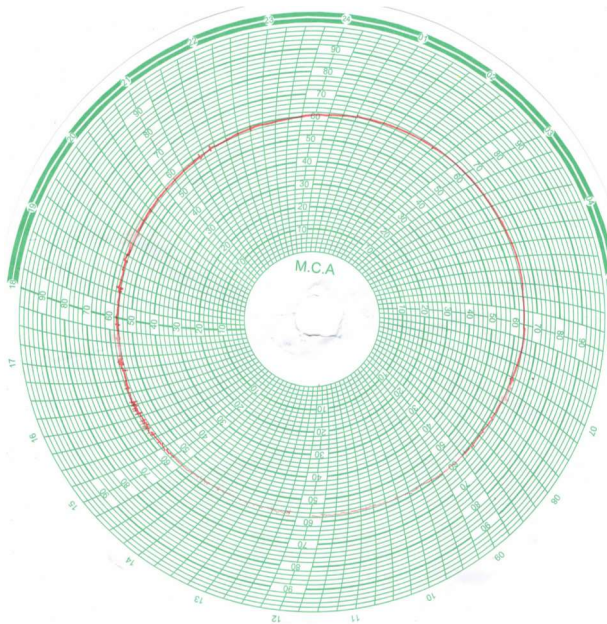
Solicitante:		<input type="checkbox"/> GOPS <input type="checkbox"/> Agência <input type="checkbox"/> Outro: _____			Data:		/ /		Funcionários:	
Cidade:					Bairro:			(1) _____ Mat: _____		
								(2) _____ Mat: _____		
Trabalho realizado:		Endereço e Ponto de Referência:			Descrição:			Vazamento:		Tipo de vazamento:
<input type="checkbox"/> 5802 - Geofonamento <input type="checkbox"/> 5804 - Ver. Pressão					<input type="checkbox"/> Percorrido toda rede <input type="checkbox"/> Percorrido parcialmente a rede			<input type="checkbox"/> Localizado Vazamento <input type="checkbox"/> Não foi localizado vazamento		<input type="checkbox"/> Não Visível <input type="checkbox"/> Visível
Veículo:	Pressão (mca):	Hora:	Tipo de Pavimentação:	Posição do vazamento:	Localização do vazamento:	Diâmetro (mm):	Material:	Equipamento utilizado:	Obs: (nº hidrômetro, referência, cloro na drenagem...)	
Placa: _____			<input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lajota <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Cimento <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Meio da rua <input type="checkbox"/> Terço da rua <input type="checkbox"/> Meio fio <input type="checkbox"/> Passeio <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Rede <input type="checkbox"/> Ramal <input type="checkbox"/> Cavalete <input type="checkbox"/> Registro <input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> FOFO <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEAD <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Geofone <input type="checkbox"/> Haste <input type="checkbox"/> _____		
KM Inicial: _____										
KM Final: _____										
Trabalho realizado:		Endereço e Ponto de Referência:			Descrição:			Vazamento:		Tipo de vazamento:
<input type="checkbox"/> 5802 - Geofonamento <input type="checkbox"/> 5804 - Ver. Pressão					<input type="checkbox"/> Percorrido toda rede <input type="checkbox"/> Percorrido parcialmente a rede			<input type="checkbox"/> Localizado Vazamento <input type="checkbox"/> Não foi localizado vazamento		<input type="checkbox"/> Não Visível <input type="checkbox"/> Visível
Veículo:	Pressão (mca):	Hora:	Tipo de Pavimentação:	Posição do vazamento:	Localização do vazamento:	Diâmetro (mm):	Material:	Equipamento utilizado:	Obs: (nº hidrômetro, referência, cloro na drenagem...)	
Placa: _____			<input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lajota <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Cimento <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Meio da rua <input type="checkbox"/> Terço da rua <input type="checkbox"/> Meio fio <input type="checkbox"/> Passeio <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Rede <input type="checkbox"/> Ramal <input type="checkbox"/> Cavalete <input type="checkbox"/> Registro <input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> FOFO <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEAD <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Geofone <input type="checkbox"/> Haste <input type="checkbox"/> _____		
KM Inicial: _____										
KM Final: _____										
Trabalho realizado:		Endereço e Ponto de Referência:			Descrição:			Vazamento:		Tipo de vazamento:
<input type="checkbox"/> 5802 - Geofonamento <input type="checkbox"/> 5804 - Ver. Pressão					<input type="checkbox"/> Percorrido toda rede <input type="checkbox"/> Percorrido parcialmente a rede			<input type="checkbox"/> Localizado Vazamento <input type="checkbox"/> Não foi localizado vazamento		<input type="checkbox"/> Não Visível <input type="checkbox"/> Visível
Veículo:	Pressão (mca):	Hora:	Tipo de Pavimentação:	Posição do vazamento:	Localização do vazamento:	Diâmetro (mm):	Material:	Equipamento utilizado:	Obs: (nº hidrômetro, referência, cloro na drenagem...)	
Placa: _____			<input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Lajota <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Cimento <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Meio da rua <input type="checkbox"/> Terço da rua <input type="checkbox"/> Meio fio <input type="checkbox"/> Passeio <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Rede <input type="checkbox"/> Ramal <input type="checkbox"/> Cavalete <input type="checkbox"/> Registro <input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> FOFO <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEAD <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Geofone <input type="checkbox"/> Haste <input type="checkbox"/> _____		
KM Inicial: _____										
KM Final: _____										
Anotações					Assinaturas		(1) _____; (2) _____			

APÊNDICE D – PLANILHAS CONTROLE GEOFONAMENTO

		SRM - Superintendência Regional de Negócios da Região Metropolitana GOPs – Gerência Operacional									
Controle de Geofonamento											
Nome da Rua	Protocolo de Serviço	Data de Entrega	Data de Execução	Localizou Vazamento?	Quantidade	Tipo de Vazamento	Protocolo do serviço gerado por geofonamento	Observações/ Precisa voltar a noite?	Data de execução do conserto do vazamento	Valor reduzido na vazão mínima noturna	Tempo de resposta na execução (Dias)
Rua Braz Souza	06/03/2017 15:37 009883	07/03/2017	07/03/2017	Não							
Serv. Acacio Vieira da Rosa	07/03/2017 16:31 009883	08/03/2017	08/03/2017	Não							
Rod. Francisco Germano da Costa	08/03/2017 16:41 009883	09/03/2017	09/03/2017	Sim	1	Rede	0/03/2017 09:44 00937	Foi geofonado o trecho durante a noite	-	A agência executou (Protocolo não encontrado)	-
Rod. Francisco Germano da Costa	08/03/2017 16:41 009883	09/03/2017	09/03/2017	Sim	1	Rede	9/03/2017 11:31 00937	Foi geofonado o trecho durante a noite	-	Cancelado (não encontrado)	-
Rod. Francisco Germano da Costa	08/03/2017 16:41 009883	09/03/2017	09/03/2017	Sim	1	Rede	O referido serviço foi executado pela agência sem abertura de protocolo.	Foi geofonado o trecho durante a noite (devido ao fluxo de carros).	-	A agência executou o serviço por outro protocolo	-
EST. Manoel Leonicio De Souza Brito	09/03/2017 15:18 009883	10/03/2017	10/03/2017	Sim	1	Ramal	Não foi aberto protocolo pela	-	-	Executado sem protocolo	-
EST. Manoel Leonicio De Souza Brito	09/03/2017 15:18 009883	10/03/2017	10/03/2017	Sim	1	?	9/03/2017 11:30 00937	-	-	17/3/2017	-
Serv. Iren Teofilo Dos Santos	07/03/2017 16:22 009883	08/03/2017	08/03/2017	Não							
Serv. Natureza Verde	16/03/2017 12:31 009883	17/03/2017	17/03/2017	Não							
Serv. Caminho dos Alemães	16/03/2017 12:44 009883	17/03/2017	17/03/2017	Não							
Serv. Só Vinte	16/03/2017 12:49 009883	17/03/2017	17/03/2017	Sim	1	Ramal	O serviço foi executado pela agência no mesmo dia	-	-	18/3/2017	-
Serv. Adelço Alfredo da Silva	16/03/2017 12:53 009883	17/03/2017	17/03/2017	Não							
Serv. Luciano Luft Farias	17/03/2017 17:05 009883	17/03/2017	20/03/2017	Não							
Serv. Leopoldo José Pinheiro	17/03/2017 17:15 009883	17/03/2017	20/03/2017	Não							
Rod. José Carlos Daux (sc 401)	27/03/2017 14:25 009883	27/03/2017	28/03/2017	Sim	1	?	28/03/2017 09:08 009883	Foi geofonado o trecho durante a noite (devido ao fluxo de carros).	-	31/3/2017	-

APÊNDICE F – MEDIÇÃO DA PRESSÃO 18/01/2018



APÊNDICE G – MEDIÇÃO DA PRESSÃO 11/05/2018

ANEXO A – ALTIMETRIA

