



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**FERNANDA FERREIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E  
CONTROLE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ/SC**

Palhoça

2022

**FERNANDA FERREIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E  
CONTROLE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Carlos Roberto Bavaresco, MSc.

Palhoça

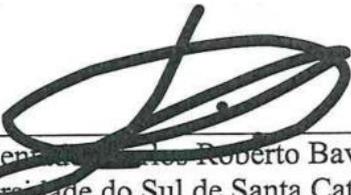
2022

**FERNANDA FERREIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA EM UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E  
CONTROLE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE  
SÃO JOSÉ/SC**

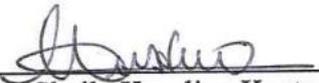
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 29 de junho de 2022.

  
\_\_\_\_\_  
Professor e orientador Roberto Bavaresco, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
JOSE GABRIEL DA SILVA:82440808920  
o=BR, ou=ICP-Brasil, ou=Secretaria da Receita Federal do  
Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A1, ou=VALID, ou=AR VALID CD,  
ou=Videoconferencia, ou=1412195700109, cn=JOSE  
GABRIEL DA SILVA:82440808920  
2022.07.07 19:55:05 -03'00'  
2022.001.20112

\_\_\_\_\_  
Professor José Gabriel da Silva, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Sheila Karoline Kusterko, MSc.  
Engenheira Sanitarista  
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN)

*Aos meus pais, Jaqueline e Ricardo, que desde  
de pequena me incentivaram aos estudos.  
Dedico esse trabalho e essa conquista a vocês.  
Muito obrigada!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado forças para que, mesmo com o cansaço físico e mental, conseguisse concluir este trabalho.

Aos meus pais, Jaqueline e Ricardo, por todo o apoio que me deram, e por terem sempre me incentivado aos estudos, não me deixando faltar nada. Muito obrigada por tudo!

Aos meus avós, Therezinha e Marino (maternos) e Lizete (em memória) e Emir (paternos), que me incentivaram, que torceram e rezaram por mim, que de alguma maneira me ajudaram durante os anos de faculdade.

A todos da minha família, que me apoiaram durante esses anos de faculdade e entenderam minha ausência em muitos momentos.

Aos meus irmãos, Priscilla e Júnior, que me ajudaram em muitos momentos.

Ao meu namorado Josiel, pelo companheirismo e por me proporcionar momentos alegres.

À Engenheira Sanitarista e Ambiental Sheila Karoline Kusterko, pela orientação e auxílio durante a execução deste trabalho. Agradeço pela paciência disposta e pelo aprendizado.

Ao meu orientador, Professor Carlos Roberto Bavaresco, pela orientação e auxílio, por ter colaborado na construção deste trabalho.

Ao Professor José Gabriel, membro da banca, pelo auxílio nas recomendações de melhorias para o trabalho.

Aos meus amigos queridos que estiveram do meu lado e me desejaram o melhor, muito obrigada. Vocês foram essenciais nessa trajetória.

À minha psicóloga Cláudia Fortes, pelo apoio e ajuda para que eu pudesse controlar minha ansiedade e nervosismo no decorrer dos últimos semestres da faculdade. Muito obrigada!

À Companhia Catarinense de Águas e Saneamento CASAN, que me abriu as portas para o primeiro emprego de carteira assinada, no qual posso a cada dia aprender mais sobre as questões que envolvem o abastecimento público de água. E também pela autorização do uso dos dados da empresa e a confiança para construção desse trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui, muito obrigada!

## RESUMO

Como são cada vez mais recorrentes os problemas referentes à escassez hídrica, tornou-se uma necessidade que as empresas responsáveis pelo abastecimento de água potável busquem alternativas para minimizar as perdas de água. Nessa perspectiva, a adoção de métodos para avaliação das perdas de água colabora para que as concessionárias de saneamento alcancem níveis de perdas que sejam econômicos, focando investimentos em áreas prioritárias, economizando insumos e diminuindo a exploração de recursos hídricos. Este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas de água no Distrito de Medição e Controle (DMC) Colônia Santana, com aplicação dos métodos do Balanço Hídrico, Vazão Mínima Noturna, Indicadores de Desempenho e Matriz de Avaliação do Banco Mundial, no período de março de 2021 a março de 2022. Com o Balanço Hídrico foi possível visualizar que a maior parcela das perdas corresponde aos volumes de perdas reais. Pelo método da Vazão Mínima Noturna, verificou-se aumento durante o período avaliado, indicando a existência de possíveis vazamentos ocultos. Em relação aos Indicadores de Desempenho, apenas o Índice de Hidrometração (IN009) apresentou resultado excelente, com 100% de hidrometração. Os demais indicadores, como o Índice de Perdas de Faturamento (IN013), Índice de Perdas na Distribuição (IN049) e o Índice de Perdas por Ligação (IN051), apresentaram resultados desfavoráveis acima da média nacional, de acordo com o Instituto Trata Brasil. Também se realizou avaliação da situação do parque de hidrômetros, com a finalidade de verificar a necessidade de substituições dos micromedidores. Os resultados alcançados expressam a importância da realização de ações no DMC Colônia Santana para minimizar os volumes perdidos. Os principais problemas identificados na área de pesquisa são: gestão de pressão, gerenciamento da infraestrutura, vazamentos ocultos, substituição de hidrômetros e controle de fraudes.

**Palavras-chave:** Avaliação das Perdas. Balanço Hídrico. Vazão Mínima Noturna. Indicadores de Desempenho. Matriz de Avaliação do Banco Mundial.

## ABSTRACT

As problems related to water scarcity are increasingly recurrent, it has become a necessity for companies responsible for supplying drinking water to seek alternatives to minimize water losses. From this perspective, the adoption of methods for assessing water losses helps sanitation concessionaires reach levels of losses that are economical, focusing investments in priority areas, saving inputs, and reducing the exploitation of water resources. This study aimed to evaluate water losses in the District of Measurement and Control (DMC) Colônia Santana, with the application of the Water Balance, Minimum Night Flow, Performance Indicators, and Evaluation Matrix of the World Bank, in the period March 2021 to March 2022. With the Water Balance, it was possible to see that the largest share of losses corresponds to the volumes of real losses. By the Minimum Night Flow method, there was an increase during the evaluated period, indicating the existence of possible leaks. Regarding the Performance Indicators, only the Hydrometer Index (IN009) showed an excellent result, with 100% hydrometering. The other indicators, such as the Invoicing Loss Index (IN013), Distribution Loss Index (IN049), and the Connection Loss Index (IN051), showed unfavorable results above the national average, according to Institute Trata Brasil. An assessment of the situation of the water meter park was also carried out, to verify the need to replace the micrometers. The results achieved express the importance of carrying out actions at the DMC Colônia Santana to minimize lost volumes. The main problems identified in the research area are pressure management, infrastructure management, hidden leaks, replacement of water meters, and fraud control.

**Keywords:** Loss Assessment. Hydric balance. Minimum Night Flow. Performance indicators. World Bank Assessment Matrix.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modulação de um SAA geralmente adotado no Brasil. _____	19
Figura 2 – Tipos de vazamentos em adutoras e redes de distribuição. _____	22
Figura 3 – Divisão dos tipos de vazamentos. _____	23
Figura 4 – Principais pontos de ocorrência de vazamentos. _____	24
Figura 5 – Exemplo de ligação irregular. _____	26
Figura 6 – Ações para controle de perdas reais. _____	29
Figura 7 – Exemplo de setorização em um SAA. _____	38
Figura 8 – Cruz de ataque às perdas aparentes. _____	45
Figura 9 – Exemplo de disposição de macro e micromedidores em um SAA. _____	48
Figura 10 – Exemplo de disposição do ramal e cavalete. _____	50
Figura 11 – Método das Vazões Mínimas Noturnas. _____	55
Figura 12 – Fluxograma do balanço hídrico da IWA. _____	59
Figura 13 – Fluxograma de elaboração do estudo. _____	70
Figura 14 – Localização do DMC Colônia Santana no município de São José. _____	71
Figura 15 – Unidades Consumidoras do DMC Colônia Santana. _____	72
Figura 16 – Locais de instalação dos aparelhos dataloggers. _____	76
Figura 17 – Locais de instalação dos aparelhos dataloggers. _____	77
Figura 18 – Reservatório Colônia Santana. _____	82
Figura 19 – Parte do cadastro de redes do DMC Colônia Santana. _____	92
Figura 20 – Situação das Unidades Consumidoras do DMC Colônia Santana. _____	112
Figura 21 – Quantitativo dos serviços de religação (pendentes, executados ou cancelados). _____	113
Figura 22 – Quantitativo dos serviços de corte de cavalete e ramal. _____	113
Figura 23 – Quantitativo dos consertos de cavalete por unidade consumidora. _____	115
Figura 24 – Quantitativo dos consertos de ramal por unidade consumidora. _____	116
Figura 25 – Estratégias para redução de perdas no DMC Colônia Santana. _____	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de Desempenho para avaliação das perdas de água. _____	63
Tabela 2 – Indicadores de Desempenho aplicados na avaliação do Índice de Perdas. _____	84
Tabela 3 – Componentes das equações utilizadas nos cálculos dos Indicadores de Desempenho. _____	84
Tabela 4 – Critérios adotados pela CASAN para substituição de hidrômetros. _____	87
Tabela 5 – Levantamento da situação das unidades consumidoras do DMC Colônia Santana. _____	88
Tabela 6 – Serviços e códigos utilizados para quantificação da demanda de serviços. _____	89
Tabela 7 – Cálculo do Fator Noite Dia (FND). _____	97
Tabela 8 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos. _____	98
Tabela 8 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos. _____	99
Tabela 9 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos. _____	99
Tabela 11 – Dados do DMC Colônia Santana para avaliação dos Indicadores de Desempenho. _____	102
Tabela 12 – Resultados mensais dos Indicadores de Desempenho DMC Colônia Santana.	102
Tabela 13 – Resultados mensais da Perda Real Inevitável (PRI) e do Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI). _____	107
Tabela 14 – Matriz de Avaliação do Banco Mundial para o DMC Colônia Santana. _____	108
Tabela 15 – Análise da relação idade x quantidade de hidrômetros. _____	110

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perdas Reais por etapas de um Sistema de Abastecimento de água _____	21
Quadro 2 – Fatores influenciadores das perdas aparentes. _____	25
Quadro 3 – Benefícios do controle das perdas de água em SAA. _____	27
Quadro 4 – Objetivos específicos da implantação de macromedição. _____	40
Quadro 5 – Benefícios do controle das perdas de água em SAA. _____	41
Quadro 6 – Causas prováveis de falhas e rupturas em tubulações. _____	43
Quadro 7 – Síntese das ações para controle das perdas aparentes. _____	46
Quadro 8 – Referência para valores de Consumo Legítimo e Vazamentos Internos. _____	56
Quadro 9 – Divisão dos volumes de água produzidos ou disponibilizados. _____	60
Quadro 10 – Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial. _____	67
Quadro 11 – Recomendações em função das Categorias de Desempenho Técnico. _____	68
Quadro 12 – Matriz do Balanço Hídrico. _____	80
Quadro 13 – Componentes do CANF. _____	81
Quadro 14 – Balanço Hídrico DMC Colônia Santana. _____	100

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento da pressão no Ponto 1 (ponto médio do DMC).....	90
Gráfico 2 - Comportamento da pressão no Ponto 2 (ponto crítico do DMC). ....	91
Gráfico 3 – Comportamento da Vazão Mínima Noturna (VMN). ....	93
Gráfico 4 – Comportamento dos volumes de água consumido e de água tratada importada...	94
Gráfico 5 - Comportamento do Fator de Pesquisa (FP). ....	95
Gráfico 6 – Índice de perdas de faturamento (IN013).....	104
Gráfico 7 – Índice de perdas na distribuição (IN049). ....	105
Gráfico 8 – Índice de perdas por ligação (IN051). ....	106
Gráfico 9 – Comportamento do volume de perdas.....	109
Gráfico 10 – Quantitativo dos serviços de manutenção executados no DMC Colônia Santana. .....	114

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS  
AESBE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO  
ARESC – AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANTA CATARINA  
BADOP – BANCO DE DADOS OPERACIONAIS DA CASAN  
CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO  
DMC – DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE  
FND – FATOR NOITE-DIA  
FP – FATOR DE PESQUISA  
GIS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS CASAN  
GOPS – GERÊNCIA OPERACIONAL CASAN  
ID – INDICADOR DE DESEMPENHO  
INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA  
IVI – ÍNDICE DE VAZAMENTO NA INFRAESTRUTURA  
IWA – INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION  
PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA  
PRI – PERDA REAL INEVITÁVEL  
PVC – POLICLORETO DE VINILA  
SAA – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
SCADABR – SISTEMA SUPERVISÓRIO CASAN  
SCI – SISTEMA COMERCIAL INTEGRADO  
SIDRA – SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA  
SIF – SISTEMA INTEGRADO GRANDE FLORIANÓPOLIS  
SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO  
SRM – SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL METROPOLITANA/GERÊNCIA OPERACIONAL  
VMN – VAZÃO MÍNIMA NOTURNA  
VRP – VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	18
2.2	CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA	20
2.2.1	Perdas Reais (Físicas)	20
2.2.2	Perdas Aparentes (Comerciais)	24
2.3	CONTROLE DAS PERDAS DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO	27
2.3.1	Ações para controle das perdas reais	29
2.3.1.1	Gerenciamento da pressão	30
2.3.1.1.1	Válvulas redutoras de pressão (VRPs)	32
2.3.1.1.2	Bombeamentos	33
2.3.1.2	Controle ativo e passivo de vazamentos	34
2.3.1.2.1	Pesquisa de vazamentos não visíveis	35
2.3.1.3	Gerenciamento da infraestrutura	36
2.3.1.3.1	Setorização	36
2.3.1.3.2	Macromedição	39
2.3.1.3.3	Dimensionamento adequado e padronização das redes de distribuição	40
2.3.1.4	Velocidade e qualidade dos reparos	42
2.3.2	Ações para controle das perdas aparentes	44
2.3.2.1	Micromedição	47
2.3.2.2	Dimensionamento adequado das ligações	49
2.3.2.3	Gestão Comercial	51
2.3.2.3.1	Cadastro Comercial	51
2.3.2.3.2	Controle de Fraudes e Ligações Clandestinas	52
2.3.2.3.3	Qualidade da mão-de-obra e materiais	52
2.4	MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DAS PERDAS	54
2.4.1	Vazão Mínima Noturna	54
2.4.1.1	Fator Noite – Dia	56
2.4.1.2	Fator de Pesquisa	57
2.4.2	Método do Balanço Hídrico	57

2.4.3	Indicadores de Desempenho	62
2.4.3.1	Índice de Hidrometração (IN009)	64
2.4.3.2	Índice de Perdas de Faturamento (IN013)	64
2.4.3.3	Índice de Perdas na Distribuição (IN049)	65
2.4.3.4	Índice de Perdas por Ligação (IN051)	65
2.4.3.5	Perdas Reais Inevitáveis (PRI)	65
2.4.3.6	Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI)	66
2.4.4	Matriz de Avaliação de perdas do Banco Mundial	66
2.5	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SIMULAÇÃO HIDRÁULICA	68
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	70
	Delimitação da área de estudo	70
	Monitoramento das pressões nos pontos crítico e médio	72
	Balanco Hídrico e Indicadores de Desempenho	73
	Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial	73
	Avaliação da situação do parque de hidrômetros	73
	Ações para melhorias do sistema de abastecimento do DMC Colônia Santana	73
3.1	SISTEMAS OPERACIONAIS E COMERCIAIS DISPONIBILIZADOS PELA CASAN	74
3.1.1	BANCO DE DADOS OPERACIONAIS (BADOP)	74
3.1.2	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS)	74
3.1.3	SISTEMA COMERCIAL INTEGRADO (SCI)	75
3.1.4	SISTEMA SUPERVISÓRIO	75
3.1.5	HIDROLUPA	75
4	MATERIAIS E MÉTODOS	76
4.1	MEDIÇÃO DE PRESSÃO	76
4.2	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA (VMN)	78
4.3	CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA	80
4.3.1	Balanco Hídrico	80
4.3.2	Indicadores de Perdas	83
4.3.2.1	Índice de hidrometração (IN009)	85
4.3.2.2	Índice de perdas de faturamento (IN013)	85
4.3.2.3	Índice de perdas na distribuição (IN049)	85
4.3.2.4	Índice de perdas por ligação (IN051)	85
4.3.2.5	Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI)	86
4.3.2.6	Matriz de Avaliação do Banco Mundial	86
4.4	AÇÕES PARA MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO	86
4.4.1	Substituição de hidrômetros	86

4.4.2	Controle de fraudes e ligações clandestinas	88
4.5	QUANTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	88
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	89
5.1	MEDIÇÃO DE PRESSÃO	89
5.1.1	Possíveis Melhorias	91
5.2	AVALIAÇÃO DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA (VMN)	93
5.2.1	Possíveis Melhorias	98
5.3	BALANÇO HÍDRICO	98
5.4	AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	101
5.4.1	Índice de Hidrometração (IN009)	103
5.4.2	Índice de Perdas de Faturamento (IN013)	104
5.4.3	Índice de Perdas na Distribuição (IN049)	105
5.4.4	Índice de perdas por ligação (IN051)	106
5.4.5	Perda Real Inevitável (PRI) e Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI)	107
5.5	MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL	108
5.6	AVALIAÇÃO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS	110
5.6.1	Substituição de hidrômetros	111
5.6.2	Controle de fraudes e ligações clandestinas	111
5.7	RESULTADO DA QUANTIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	114
6	RESUMO DAS MELHORIAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS NO DMC COLÔNIA SANTANA	116
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
	REFERÊNCIAS	120
	APÊNDICES	124
	APÊNDICE A – Tabela A: Vazão Mínima Noturna (VMN)	125
	APÊNDICE A – Tabela A: Vazão Mínima Noturna (VMN)	126

## 1 INTRODUÇÃO

O enfrentamento aos problemas relacionados a escassez de água potável não abrange somente países subdesenvolvidos, como é exposto por Pittock (2006 *apud* FEIL; HAETINGER, 2014, p. 33):

A escassez de água não é problema somente em países pobres; países mais ricos como Austrália, Espanha, Estados Unidos, Japão e partes do Reino Unido também estão enfrentando problemas de abastecimento de água, provocados pela combinação de mudanças climáticas, com infraestrutura inadequada e má gestão dos recursos hídricos.

A utilização dos recursos hídricos deve ser tratada com devida atenção e cautela, visto que os problemas gerados pela falta de água são cada vez mais recorrentes e causam diversos prejuízos. Esses acometem à sociedade, em relação ao não fornecimento de água potável, às concessionárias de saneamento nos problemas técnicos e financeiros oriundos disso e, principalmente à natureza, em virtude da exploração cada vez mais desenfreada dos recursos hídricos para fins de abastecimento.

Em Sistemas de Abastecimento Água (SAAs), o controle das perdas de água tem papel fundamental para o desempenho eficiente da prestação dos serviços realizados pelas empresas responsáveis pela captação, tratamento, reservação e distribuição de água, pois do ponto de vista técnico-econômico, representam ganhos significativos, além da garantia de acesso à água potável em quantidade e qualidade para a população. Entretanto, o Instituto Trata Brasil (2022) expõe que as perdas de água no Brasil atingiram em 2020, o percentual de 40,14% para as perdas na distribuição, volume de água disponibilizada que não é utilizada, e constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto de perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Essas perdas podem ocorrer desde a captação até a entrada de água nas ligações dos consumidores, e são divididas em perdas reais e aparentes. As perdas reais, são constituídas pelos vazamentos em adutoras, em redes de distribuição e ramais, por exemplo. Já as perdas aparentes, também denominadas de perdas comerciais, são aquelas decorrentes por ligações clandestinas, erros nas micromedições, dentre outros fatores. No âmbito operacional dos SAAs, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados, divididos em perdas reais, que representam a parcela não consumida e em perdas aparentes, que correspondem à água consumida e não registrada (SANTOS, 2013).

Para uma gestão adequada dos SAAs, as perdas de água devem ser gerenciadas a partir de avaliações efetuadas por profissionais capacitados, elencando as melhorias necessárias para prevenção das perdas. O controle eficiente e adequado das perdas de água colabora para garantir a saúde financeira das empresas de saneamento, a redução da utilização dos recursos hídricos, e garante o fornecimento de água potável em quantidade e qualidade para a população. Em concordância com Morrison, Tooms e Rogers (2007, p. 01):

A gestão das perdas de água é fundamentalmente importante para melhorar a eficiência dos sistemas de abastecimento, com o objetivo de garantir a longo prazo a sustentabilidade ambiental e social, o que também auxilia na garantia da sustentabilidade econômica das empresas responsáveis pelos SAAs.

Não existe perda de água zero, sempre haverá algum tipo de perda, o que cabe às empresas responsáveis pelos SAAs conduzirem estudos avaliativos com a finalidade de reduzir os volumes perdidos, focando os investimentos em melhorias na gestão dos sistemas de abastecimento. O problema das perdas é mais abrangente do que aparenta ser à população em geral, pois estão envolvidas nuances ambientais, sociais e econômicas bastante delicadas (CARVALHO *et al.*, 2004, p. 03).

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de caso sobre as perdas de água em um Distrito de Medição e Controle (DMC), no município de São José/SC, mediante aplicação de métodos para avaliação das perdas de água, físicas e comerciais, com análise dos índices das perdas de água existentes, avaliação de uma vazão mínima noturna ideal para o DMC e indicação de possíveis melhorias para otimizar o controle das perdas de água.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as perdas de água do Distrito de Medição e Controle Colônia Santana, que integra o Sistema de Abastecimento de Água do município de São José/SC.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar os índices das perdas de água no DMC Colônia Santana em São José;
- Avaliar qual é a Vazão Mínima Noturna (VMN) ideal para o DMC;
- Propor melhorias para otimização do controle das perdas de água no DMC adotado.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município de São José, conta atualmente com apenas um Distrito de Medição e Controle (DMC) delimitado para monitoramento e controle das perdas de água. Por conta da falta de equipamentos necessários, como macromedidores, os volumes perdidos no SAA do município são estimados, o que resulta em uma imprecisão dos dados obtidos em relação aos índices de perdas. Essa deficiência de dados prejudica a elaboração de medidas para controlar os volumes perdidos, o que é fundamental para evitar a perda de grandes quantidades de água, garantindo o fornecimento de adequado para a população, sem retirar ainda mais dos corpos hídricos já utilizados. É imprescindível o estudo das formas de controle destes volumes produzidos e não consumidos, não apenas pela diminuição dos custos, mas também pela preservação das fontes naturais deste bem cada vez mais escasso que é a água (SANTOS, 2013).

Além disso, o SAA de São José não possui mais DMCs delimitados, pelas divergências em cadastro técnico e diversas interligações existentes entre as redes de distribuição dos bairros, dificultando a setorização. Isso prejudica o processo de avaliação das perdas de água, por haver mais de uma entrada e saída em um mesmo setor de abastecimento, dificultando a realização de uma setorização adequada.

Em virtude disso, a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso tem como propósito avaliar as perdas de água no DMC do bairro Colônia Santana, servindo como apoio para adoção em outras localidades do SAA de São José, com a finalidade de integrar mais bairros no controle efetivo das perdas de água do município.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é formado por:

Um conjunto de estruturas, equipamentos, procedimentos e serviços destinados ao processamento, armazenamento, transporte e distribuição de água potável para o atendimento de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (OLIVEIRA, 2016, p. 17).

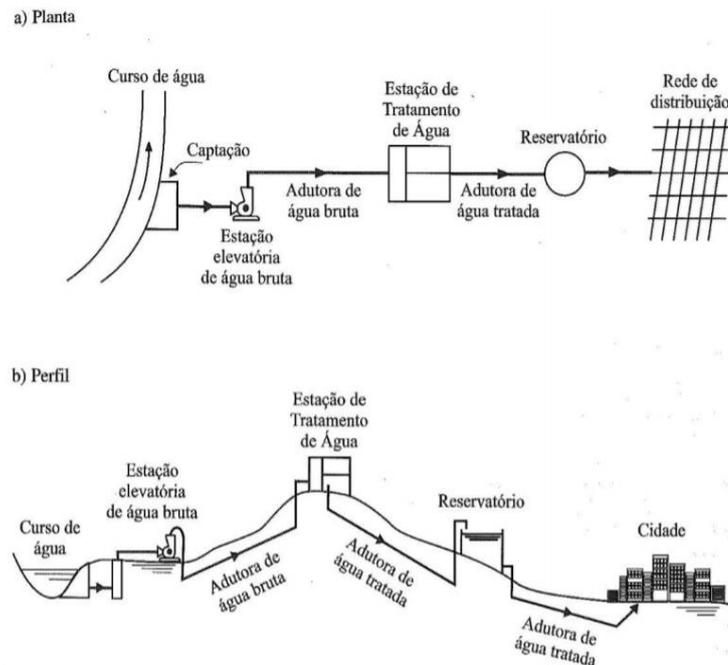
A concepção de um SAA se inicia através de estudos e adoção de um corpo hídrico para realizar a captação de água. Após, a água captada, chamada de água bruta, passa por tratamento aplicado de acordo com as características qualitativas da água extraída do corpo hídrico, almejando atingir os níveis seguros de potabilidade para consumo humano, conforme é exigido pelo Ministério da Saúde. Depois da fase de tratamento, a água tratada é levada para um reservatório e, através de equipamentos e estruturas, é transportada por tubulações chamadas de adutoras, se o objetivo é levar a água para outra unidade (um reservatório, por exemplo), ou através das redes de distribuição para atendimento aos núcleos populacionais.

Para concepção de um sistema de distribuição e abastecimento de água, Oliveira (2016, p. 17) aborda que:

Os métodos e técnicas de processamento da água, bem como as estruturas e equipamentos selecionados para compor o sistema irão depender, principalmente, do tamanho da população que o mesmo irá atender, do tipo e da qualidade do manancial utilizado, da topografia da região atendida, das condições climáticas e da capacidade operacional da localidade onde o sistema será instalado.

A Figura 1 demonstra os componentes de um Sistema de Abastecimento de Água, comumente adotado no Brasil.

Figura 1 – Modulação de um SAA geralmente adotado no Brasil.



Fonte: Silva (2018, p. 11).

Os SAAs quando bem constituídos e estruturados, garantem que a água tratada chegue em quantidade e qualidade para a população, seja para consumo em níveis básicos, como alimentação e higiene, ou para usos mais específicos como as atividades industriais, por exemplo. À vista disso, é de suma importância o combate às perdas de água. O conhecimento detalhado das perdas é importante para que haja uma priorização quanto ao tipo de perda que se deve combater (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Em concordância com Santos (2013), para desenvolver uma metodologia que auxilie no processo de decisão no combate as perdas de água, é imprescindível o conhecimento da quantidade das perdas nos setores, devendo ser dado prioridade para investimentos em setorização e controle de pressão nas áreas mais críticas, além de ações para controle ativo de vazamentos. Vale ressaltar que, perda se caracteriza por ser de responsabilidade do sistema, ou seja, da empresa que gerencia a infraestrutura; já o desperdício, se refere aos volumes de água que são desaproveitados pela população. Não se pode confundir perda com desperdício. Um exemplo típico do desperdício é a quantidade de água não utilizada quando uma torneira permanece aberta (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 30).

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

Ao pensar em perdas, as primeiras imagens que vêm à mente são os vazamentos nas tubulações, mas as perdas vão além disso. Tipificar as perdas de água consiste em quantificá-las volumetricamente em termos de perdas reais e aparentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

As perdas podem ser definidas como as quantidades de água que são perdidas dentro de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e que, dependendo do volume perdido, refletem em números a eficiência ou ineficiência da gestão dos serviços de distribuição efetuados pelas empresas de saneamento. Segundo Tardelli (2006, p. 08), as perdas “representam a diferença entre o que se disponibilizou de água tratada à distribuição (macromedição) e o que se mediu nos hidrômetros dos clientes finais (micromedição)”. Segundo o Instituto Trata Brasil (2020), tanto para as perdas de faturamento como para as perdas na distribuição, por exemplo, os valores ideais são de 15%, porém boa parte dos estados brasileiros mantêm seus índices acima de 30%.

A terminologia utilizada pela *International Water Association* (IWA), citada por Alegre *et al.* (2006 *apud* SANTOS, 2013, p. 18) sobre as perdas de água, abrangem o “volume referente à diferença entre a água entregue no sistema de abastecimento e os consumos autorizados, medidos e não medidos, faturados ou não faturados, fornecidos aos consumidores cadastrados e à própria prestadora”. Essas perdas, podem ser divididas em perdas reais e perdas aparentes, conforme é explicado nos itens 2.2.1 e 2.2.2.

### 2.2.1 Perdas Reais (Físicas)

As perdas reais, abrangem a parte da água que é perdida em algum momento, durante a distribuição, e que não é disponibilizada para consumo pela população, pois não chegam nos pontos de abastecimento das unidades consumidoras. Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2019, p. 81 e 82), essas perdas, também conhecidas como perdas físicas:

Acontecem por vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema. Compreendem principalmente os vazamentos em tubulações da rede de distribuição, provocados especialmente pelo excesso de pressão, habitualmente em locais com grande variação topográfica.

Esses vazamentos são influenciados pela variabilidade da pressão do abastecimento, qualidade dos materiais e da mão de obra adotada para instalação e execução dos reparos, o tempo de execução dos reparos, o tipo de pavimentação sobre as tubulações, o tipo de solo em que estas serão assentadas, a forma como o sistema é gerenciado, dentre outros aspectos.

Vingiera (2009, p. 15) expõe em seu trabalho que Perdas Reais:

É a atual nomenclatura definida pela International Water Association (IWA) para as perdas físicas, que correspondem a toda água produzida e transportada pelas companhias responsáveis pela distribuição que não é consumida pelo cliente final. Tais perdas podem ocorrer através de vazamentos (principalmente nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios, como juntas, registros e ventosas) ou também através de extravasamentos (ocorridos no período de carregamento dos reservatórios devido às falhas operacionais dos equipamentos de controle instalados ou devido à inexistência de dispositivos de alerta e controle).

Em cada etapa do SAA pode haver algum tipo de perda real, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Perdas Reais por etapas de um Sistema de Abastecimento de água

	Subsistemas	Origens	Magnitudes
<b>Perdas Reais (Físicas)</b>	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção*	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros* Descarga de lodo*	Significativa, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Reserva	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza*	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção* Descargas	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões

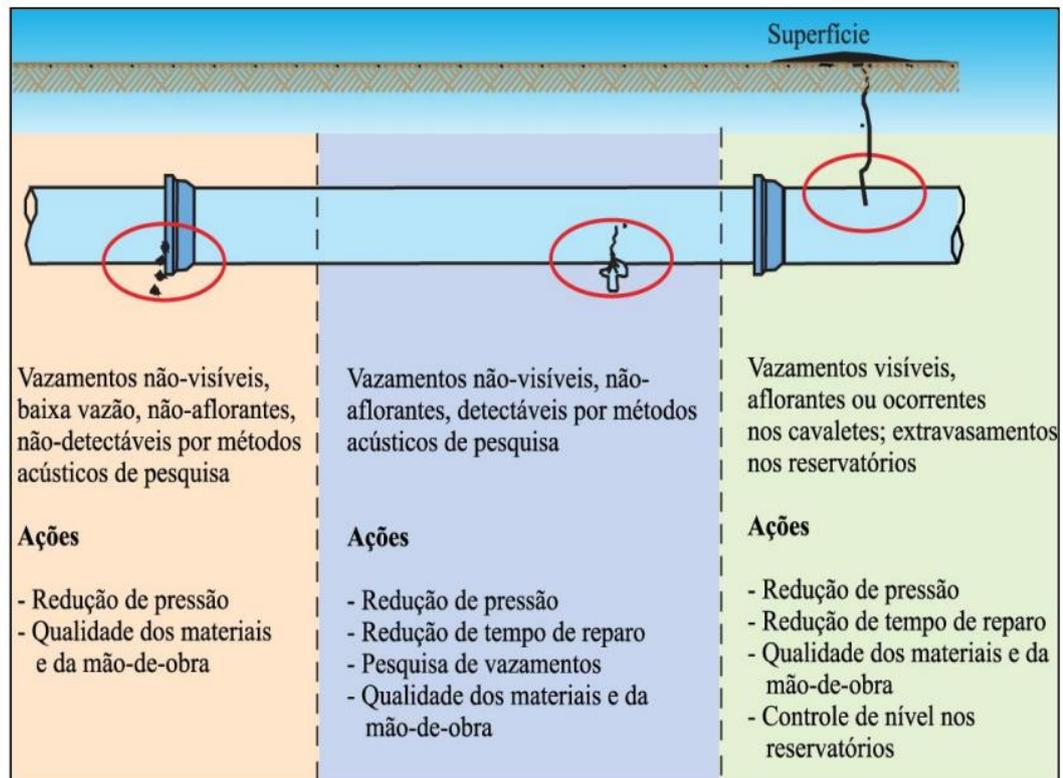
\* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário para a operação.

Fonte: MDR (2003, *apud* Trata Brasil 2022).

Para as concessionárias responsáveis pelos sistemas de abastecimento, os volumes perdidos nos vazamentos em adutoras, redes de distribuição e ramais, por exemplo, representam gastos financeiros significativos, pois de acordo com Brasil (2004 *apud* SANTOS 2013, p. 20), esses volumes carregam consigo os custos de produção e transporte da água tratada, tais como os custos de energia elétrica, produtos químicos, mão-de-obra, materiais etc. E essas despesas refletem nos valores pagos pelos consumidores, já que as empresas englobam em suas tarifas os custos referentes ao gerenciamento e manutenções nas estruturas de distribuição e abastecimento.

Como abordado anteriormente, as perdas reais (ou físicas), compreendem diversos tipos de vazamentos que podem ocorrer em um SAA, desde a captação de água bruta até o ponto de entrega aos consumidores. Quando ocorrem em adutoras e redes de distribuição, esses vazamentos podem ser classificados em visíveis e não visíveis, como é explicado na Figura 2.

Figura 2 – Tipos de vazamentos em adutoras e redes de distribuição.



Fonte: Santos (2013, p. 22).

Como as perdas reais correspondem basicamente aos vazamentos na infraestrutura do sistema, estes vazamentos são classificados como visíveis e não-visíveis, onde os não-visíveis são divididos em detectáveis e não-detectáveis (SANTOS, 2013, p. 21).

Santos (2013) explica que os vazamentos visíveis são aqueles que são facilmente perceptíveis pela população e pelos técnicos das companhias de saneamento, pois afloram na superfície. Já os vazamentos classificados como não-visíveis são aqueles que necessitam de aplicação de métodos acústicos de pesquisa para serem detectados, e por conta disso ocorrem por um período maior (SANTOS, 2013).

Vazamentos não-detectáveis, também chamados de vazamentos inerentes, não podem ser detectados por equipamentos de pesquisa acústica convencionais, pois possuem baixas vazões. Ocorrem em juntas ou conexões e a aplicação de métodos acústicos avançados não se justifica economicamente (SANTOS, 2013).

A Figura 3 apresenta de forma mais simplificada os diferentes tipos de vazamentos.

Figura 3 – Divisão dos tipos de vazamentos.



Fonte: Guia Prático AESBE (2015).

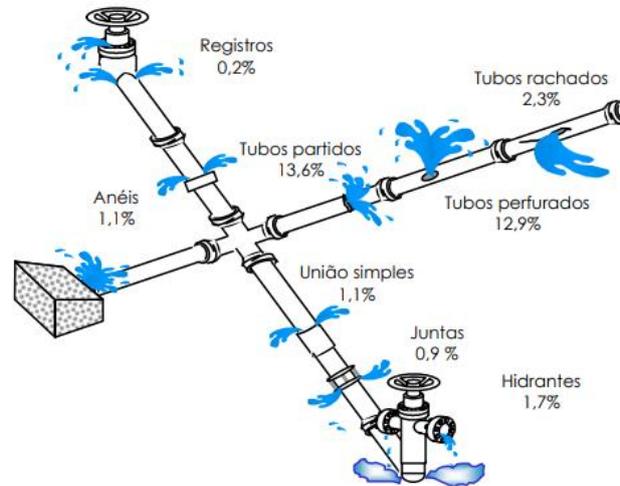
Sobre as ações aplicadas para a detecção de vazamentos, Moura *et al.* (2004, p. 07), explicam que:

As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica. A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

Consoante aos mesmos autores, a maior quantidade de perdas físicas na rede de distribuição, ocorrem nos ramais prediais – que correspondem as tubulações que ligam a rede de distribuição de água ao ponto de consumo das unidades. Isso não significa que esta seja a maior perda em termos de volume. Em volume, as maiores perdas físicas na distribuição ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição (Moura *et al.*, 2004, p. 03).

A Figura 4 demonstra os principais pontos em que ocorrem vazamentos nas redes de distribuição.

Figura 4 – Principais pontos de ocorrência de vazamentos.



Fonte: Moura *et al.* (2004, p. 08).

Um SAA eficiente corresponde àquele que possui a capacidade, em termos técnicos e financeiros, de executar ações para diminuir os volumes de água que correspondem as perdas físicas, como a aplicação de pesquisa acústica para detectar vazamentos ocultos, mão-de-obra qualificada para instalação ou reparo das estruturas, materiais de boa qualidade, dentre outras intervenções, evitando-se retrabalhos que possam gerar despesas. A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção – mediante redução do consumo de energia – e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor (MOURA *et al.*, 2004, p. 03), nesse sentido coopera para diminuir a exploração dos recursos hídricos.

### 2.2.2 Perdas Aparentes (Comerciais)

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2019, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019):

As perdas aparentes, também chamadas de perdas não físicas ou comerciais, estão relacionadas ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas que, por algum motivo, não foi medido ou contabilizado, gerando perda de faturamento ao prestador de serviços.

As perdas aparentes acontecem por erros nos micromedidores, seja por conta da submedição efetuada, erros no momento da verificação de leituras, hidrômetros antigos ou com problemas em sua operação, problemas no cadastro comercial dos usuários, além das fraudes por ligações clandestinas e irregulares efetuadas por usuários.

O Quadro 2 mostra os principais fatores que influenciam as perdas aparentes nos SAAs.

Quadro 2 – Fatores influenciadores das perdas aparentes.

Perdas Aparentes (Comerciais)	Origens	Magnitude
	Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de:
	Ligações sem hidrômetros	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que subestimam o volume consumido	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
Número de economias errado		

Fonte: Ministério das Cidades (2003, *apud* TRATA BRASIL, 2021).

Moura *et al.* (2004, p. 03) ressaltam que “a redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, aumentando, contudo, a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços”. Para diminuir o volume das perdas comerciais, devem ser executadas ações para se ter bom controle das ligações de água, o que inclui o cadastramento das unidades, manutenções preventivas e corretivas nos hidrômetros, dimensionamento adequado das ligações, fiscalização de possíveis irregularidades e, principalmente, uma adequada gestão das unidades consumidoras.

Rossigneux e Fernandes (2004, p. 02) salientam que:

As perdas econômicas são constituídas de fornecimentos não faturados e pelas perdas devidas a erros de medição e leitura. Para uma eficaz redução das perdas econômicas é necessário: controle da água medida e não faturada; diminuição de erros de leitura e medição; diminuição de consumos clandestinos e, acompanhamento das características hidráulicas da rede de distribuição de água.

As ligações clandestinas são um dos fatores que causam perdas de faturamento. Conhecidas popularmente como “gatos”, causam uma série de problemas, como a possibilidade de contaminação da água e o desabastecimento de unidades vizinhas que possuam ligações regularizadas. É um dos fatores que podem causar prejuízos financeiros às prestadoras de serviços, visto que os volumes consumidos desse modo não são faturados.

A Figura 5 exemplifica uma ligação irregular, onde pode ser verificada uma tubulação direta, sem hidrômetro instalado para registrar os volumes de água consumidos.

Figura 5 – Exemplo de ligação irregular.



Fonte: Carlos Britto, acesso em agosto 2021.

De acordo com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (Ministério das Cidades, 2003):

As perdas não físicas são normalmente expressivas e podem representar 50% ou mais do percentual de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção preventiva de hidrômetros, e de procedimentos comerciais e de faturamento, que necessitam de um gerenciamento integrado.

Em comparação com as perdas reais, as perdas aparentes têm um efeito negativo muito maior sobre o orçamento das companhias, pois, além do gasto com a produção, perde-se o valor agregado à água entregue (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 54).

O combate a perdas ou desperdícios implica a redução do volume de água não contabilizado, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas e mantê-las permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate a perdas em relação ao processo operacional de todo o sistema (TROJAN; MORAIS, 2012 *apud* FONTANA; MORAIS, 2012).

### 2.3 CONTROLE DAS PERDAS DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

A falta de planejamento integrado entre as diversas áreas das empresas de saneamento é uma das causas dos elevados índices de perdas. Essa questão deve ser considerada desde a etapa do projeto, e não apenas na operação do sistema (MELATO, 2010, p. 22).

Tardelli (2016) salienta que a determinação e controle das perdas são a melhor forma de avaliar se as atividades de operação e manutenção do SAA estão bem conduzidas. Os números dos indicadores de perdas denotam sua eficiência operacional.

O controle eficiente das perdas de água traz inúmeros benefícios. O contexto das ações que envolvem a redução de perdas em sistemas de abastecimento de água é estratégico para o processo de tomada de decisões, a fim de garantir a sustentabilidade e, até mesmo, a competitividade da companhia diante da atual concorrência (KUSTERKO *et al.*, 2015). Os mesmos autores elencam os benefícios advindos da adoção de um adequado controle de perdas, apresentados na Quadro 3.

Quadro 3 – Benefícios do controle das perdas de água em SAA.

ECONÔMICO	Passados os investimentos iniciais, os resultados trazem redução de custos operacionais e aumento no faturamento em curto prazo.
TECNOLÓGICO	Na modernização de equipamentos e capacitação técnica.
ENERGÉTICO	Tendo em vista que a redução de perdas gera economia e eficiência energética.
SOCIOCULTURAL	Considerando a necessidade de ações e campanhas sociais e educativas para a conscientização dos envolvidos na redução de fraudes.
AMBIENTAL	A gestão de perdas é fundamental para reduzir os impactos da crise hídrica mundial.

Fonte: Adaptado de Kusterko *et al.* (2015)

Algumas ações desenvolvidas para o controle e redução das perdas envolvem a busca por vazamentos ocultos, instalação de equipamentos para verificação dos volumes de água que entram no sistema, substituição de equipamentos antigos ou que apresentem problemas, dentre outras. De acordo com Rodrigues e Faccioli (2020):

A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção e ampliar a capacidade do sistema sem investimentos adicionais, enquanto que a redução das perdas não físicas permite aumentar a faturação, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro da empresa. Um programa de combate às perdas exige a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e

mantê-las em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações desencadeadas em relação ao processo operacional de todo o sistema. É indispensável à realização de um diagnóstico preciso do SAA, para quantificação das perdas físicas e não físicas, e estabelecerem-se as medidas de ação adequadas ao seu combate.

Os programas de controle de perdas são de caráter permanente e autossustentáveis sob o aspecto econômico-financeiro, por isso são considerados essenciais e estratégicos pelas empresas (VICENTINI, 2012).

Para que os Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) sejam eficientes e possuam baixos índices de perdas de água, uma série de medidas podem ser adotadas pelas empresas a fim de contribuir para as avaliações dos volumes perdidos. Essas medidas, além de colaborarem para redução das perdas, cooperam para garantir a preservação dos recursos hídricos e o abastecimento de água potável para a população, gerando economia para as empresas, promovendo equilíbrio financeiro e focando investimentos em áreas prioritárias. Conforme aponta o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) (2003, p. 34), “o monitoramento das perdas (ou ganhos) na captação e dos balanços de volumes entrantes na distribuição e respectivas destinações específicas depende de macromedição e setorização completas (...)”.

Para resolver os problemas existentes nos sistemas de distribuição e abastecimento relacionados ao controle de perdas, segundo Rodrigues e Faccioli (2020, v. 01, p. 60):

Faz-se necessário para resolver esses problemas implantar políticas no sistema de macromedição, setorização, na micromedição, correção das irregularidades nos ramais prediais, substituição de hidrômetros que apresentam anomalias funcionais e melhor controle operacional do sistema distribuidor.

Conforme abordado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES (2015), o objetivo do controle de perdas em SAA, é de “colocar” as perdas em um nível econômico, um valor referencial em que os custos das ações para a redução das perdas equivalem ao custo marginal de produção e distribuição da água.

A preocupação com as perdas de água deve se iniciar nas fases de "projeto" e "construção" dos sistemas de distribuição de água, envolvendo a concepção da setorização x planos piezométricos, o posicionamento dos registros e válvulas de rede, as especificações dos materiais e equipamentos e a qualidade da execução dos serviços e obras (ABES, 2015, p. 65).

As perdas de água devem ser reduzidas a um nível compatível com as condições ambientais e econômicas, buscando a melhoria dos materiais e da mão-de-obra, a mobilização de todos os

profissionais da empresa e a racionalização dos processos de gestão das companhias de saneamento (CARVALHO *et al.*, 2004).

Nos itens 2.3.1 e 2.3.2 são explicadas algumas ações adotadas para o controle das perdas reais e aparentes.

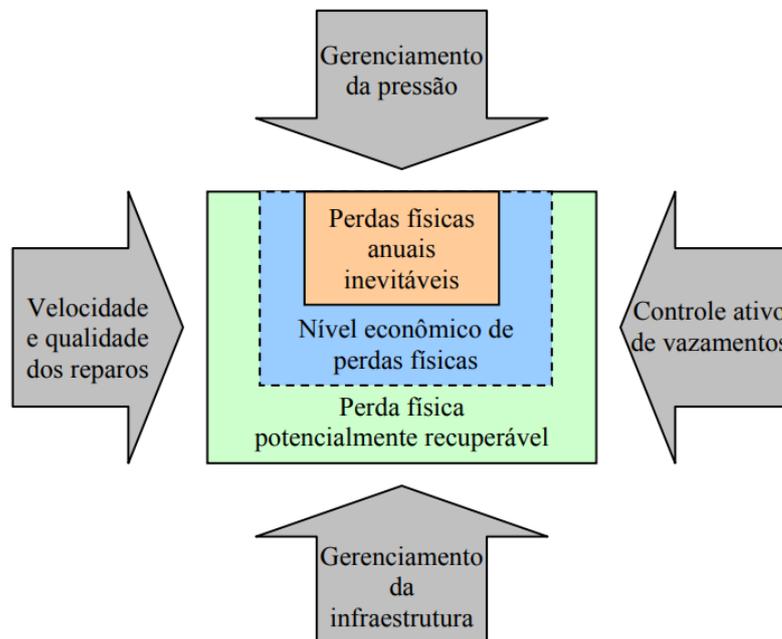
### 2.3.1 Ações para controle das perdas reais

As ações que envolvem o controle das perdas reais são fundamentais para que as concessionárias possam garantir a oferta de água em quantidade e qualidade para a população, por meio da prestação adequada dos serviços.

O combate à perda física nos sistemas de abastecimento de água torna-se cada vez mais relevante, tanto no aspecto da utilização racional dos recursos hídricos, como também devido à escassez de capitais para investimentos no setor de saneamento básico, principalmente nos casos em que não há incremento de usuários e a análise do empreendimento através do custo marginal mostra-se inviável (VINCIGUERA, 2009, p. 03).

A Figura 6 apresenta as ações elencada para o controle das perdas reais.

Figura 6 – Ações para controle de perdas reais.



Fonte: Lambert e Hirner (2000) *apud* Moraes, Cavalcante e Almeida.

Nos próximos itens são explicadas ações relacionadas ao combate das perdas físicas (reais), organizadas de acordo com a Cruz de Lambert-Hirner (2000), com algumas adaptações.

#### 2.3.1.1 Gerenciamento da pressão

O monitoramento das pressões é fundamental, visto que são estabelecidas por norma pressões máximas e mínimas que devem ser consideradas no funcionamento dos sistemas. A ABNT NBR 12218/2017, indica que a pressão mínima de abastecimento deve ser de 10 mca e a máxima de 40 mca, e em locais com topografia acidentada, a pressão máxima pode ser de 50 mca. Porém, são comuns problemas de desabastecimento em regiões altas e isoladas em um SAA, por não existir pressão suficiente para abastecê-las; assim como em certas regiões o problema pode ser o inverso: altas pressões contribuem para avarias nas estruturas do próprio sistema, e nas estruturas hidráulicas das unidades consumidoras. O controle da pressão é uma das alternativas mais eficazes para diminuir o volume de água perdido em vazamentos, já que a taxa do fluxo da água em um vazamento é maior quanto mais for a pressão (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

A pressão relaciona-se às de perdas reais, interferindo nas atividades de gerenciamento das perdas de um setor. Porém, a depender da conformação topográfica da rede, do consumo e condições da rede, há grandes variações, tanto ao longo da rede como ao longo do dia (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Para realizar o cálculo da Perda Real Inevitável (PRI) e compor os demais cálculos relacionados ao Balanço Hídrico, é necessário monitorar as pressões em pontos estratégicos, como o ponto crítico e o ponto médio. Um método simples é o chamado método das cotas médias ponderadas, recomendado por Lambert para obtenção do ponto médio, calculado da seguinte forma (AESBE, 2015, vol. 6):

- 1º) Para cada zona ou setor individual, calcula-se a cota média ponderada;
- 2º) No interior da zona de pressão, identifica-se um ponto conveniente para monitoramento que tenha cota igual à cota média ponderada encontrada no passo anterior. Será o Ponto Médio do Setor;
- 3º) Monitora-se a pressão no Ponto Médio e as pressões resultantes serão pressões médias do setor ou zona. A média das pressões de 24 horas será a Pressão Média do Sistema.

Segundo Gomes (2011, p. 47), pode-se entender o ponto crítico como a zona do sistema onde será mais difícil garantir a pressão mínima de funcionamento durante as horas de maior consumo, são pontos mais afastados da entrada do setor de abastecimento e/ou mais altos da rede, por exemplo.

Conforme o Guia prático – Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água do Ministério das Cidades (2007):

Recomenda-se determinar, no setor em estudo, os pontos que tenham a maior e a menor cota geométrica. A seguir, instalam-se nesses pontos medidores de pressão para que se obtenha Pressão Máxima e a Pressão Mínima durante todo o dia, contabilizados como médias horárias. (...) A determinação da Pressão Média do Setor (PMS) permite avaliar o comportamento médio do setor no que diz respeito às pressões ao longo do dia. A partir de então, pode-se relacionar a PMS da rede com a vazão de entrada do sistema de forma mais representativa, permitindo definir a interferência de uma possível variação de pressão na entrada.

O conhecimento sobre o comportamento das vazões nos pontos médio e crítico auxilia nas ações relacionados ao gerenciamento de pressão em sistemas de abastecimento. De acordo com o Ministério das Cidades (2018, p. 21):

Com a decisão sendo tomada em nível de DMC, por meio do monitoramento de vazão e pressão da entrada do setor, e da pressão do ponto médio e do ponto crítico, garante-se a correta estratégia para o controle e gestão das perdas, principalmente reduzindo-se drasticamente o tempo de conhecimento dos vazamentos sem depender mais de rodadas semestrais ou anuais de detecção de vazamentos não visíveis e visíveis.

Conforme adaptação do Caderno Temático Planejamento e Gestão, do Ministério das Cidades (2018), com o monitoramento contínuo da pressão, é possível aprimorar técnicas, como:

- Refinamento do controle de pressões;
- Modelagem de balanços hídricos confiáveis e calibração de modelos hidráulicos;
- Quantificação de perdas reais por modelagem Bottom Up, calibrando por consequência as estimativas de perdas aparentes utilizadas nos balanços hídricos;
- Otimização do controle ativo de vazamentos, atuando-se assim que se identificar anomalias nos gráficos de monitoramento das vazões mínimas noturnas;
- Avaliação correta do impacto dos diversos tipos de ações voltadas para a redução das perdas reais e aparentes, e construção de sinergia nas ações de combate, evitando-se a migração entre os diferentes tipos de perdas;

- Por serem ambientes continuamente monitorados, os Distritos de Medição e Controle (DMC) são perfeitos para serem utilizados como unidades de ação e avaliação nos programas de redução de perdas.

#### 2.3.1.1.1 Válvulas redutoras de pressão (VRPs)

O controle e monitoramento de pressão em uma área de abastecimento pode associar-se a instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP), que se apresenta como uma das ferramentas mais importantes no controle e redução de perdas, sendo recomendado o seu uso nos sistemas de abastecimento de água, na medida do necessário (GONÇALVES; ALVIM, 2007, p. 24).

As válvulas são dispositivos imprescindíveis às instalações de transporte e distribuição de fluidos por meios mecânicos ou por gravidade. São usadas com o objetivo de proteger ou isolar bombas ou trechos de tubulações, aliviar e controlar pressões, controlar vazões e níveis de reservatórios, direcionar o escoamento, drenar, ventilar etc. Por ser um acessório que introduz perdas de carga na instalação e também possíveis vazamentos, sua utilização deve ser restrita a um número mínimo necessário que atenda ao bom funcionamento da instalação (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Girol (2008) aborda que a instalação de VRPs em pontos estratégicos do sistema de abastecimento tem por objetivo reduzir altos valores de pressão, o que conseqüentemente, reduziria a incidência de arrebentamentos nas tubulações, contribuindo para a diminuição das perdas reais. Há diversos modelos de VRPs disponíveis para instalação, o que auxilia as concessionárias de saneamento, de acordo com a necessidade dos sistemas de abastecimento, e permite uma gestão mais eficiente dos níveis de serviço e um melhor desempenho hidráulico do sistema (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

De acordo com Bezerra e Cheung (2013), as VRPs mais utilizadas em sistemas de distribuição de água são:

- VRP com pressão de saída fixa (sem controle eletrônico): é usada quando não há mudanças significativas de demanda no sistema a ser controlado, bem como perdas de carga relativamente pequenas;
- VRP com pressão proporcional (sem controlador eletrônico): a pressão de saída (a jusante da VRP) é proporcional à pressão de montante;

- VRP com modulação por tempo: é usada para controlar um sistema que apresenta grande perda de carga, porém de perfil regular de consumo. Assim, a VRP irá trabalhar com patamares de pressão de saída ajustadas para um ciclo de 24 horas;
- VRP com modulação por vazão: é usada para controle em sistemas que apresentam grande perda de carga e mudanças no perfil de consumo, que podem ser no tipo de uso, na sazonalidade ou na população.

#### 2.3.1.1.2 *Bombeamentos*

Ao contrário das VRP's, há locais onde é necessário fornecer energia para elevar a pressão a fim de abastecer cotas mais elevadas, havendo a necessidade de implantação de estações de bombeamento, também chamadas de estações pressurizadoras ou “boosters” (SOUZA JÚNIOR, 2014).

Conforme Araújo (2014), a Estação Elevatória (E.E.) consiste no local onde é feito o recalque ou bombeamento da água. A Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA (2009, p. 47) afirma que a E.E. “é utilizada em centros de reservação para o bombeamento de água do reservatório enterrado, semi-enterrado ou apoiado para o reservatório elevado. As estações elevatórias também são utilizadas para o reforço de vazão ou de pressão”.

Já o Booster, pode ser entendido como um impulsionador, sendo utilizado para abastecer áreas que não podem ser atendidas pelos reservatórios, devido à insuficiência de pressões (ReCESA, 2009, p. 51).

Segundo Bezerra e Cheung (2013, p. 133), “um sistema de bombeamento que tem como meta operar com o máximo de eficiência energética é aquele que garante um consumo mínimo de energia segundo a real necessidade de vazão/pressão de água”. Os sistemas que possuem implantação de Estações Elevatórias e/ou boosters devem operar conforme as características topográficas do local que necessita de abastecimento e garantir as pressões mínimas e máximas. O controle e gerenciamento da pressão de abastecimento é fundamentalmente importante, pois

busca minimizar as pressões e, ao mesmo tempo, garantir o fornecimento aos consumidores. O controle da pressão refere-se aos valores mínimo, médio e máximo, e a sua variação temporal e espacial. Os sistemas devem operar acima dos níveis mínimos de pressão, porém os níveis máximos de pressão também precisam ser estabelecidos e não excedidos. A pressão excessiva de água não só aumenta o volume perdido pelos vazamentos, mas também influencia no aumento do número de quebras (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 122 e 123).

Estações Elevatórias e Boosters são equipamentos fundamentais para garantir o fornecimento de água tratada à população. Segundo Souza Júnior (2014, p. 19 e 36):

Como as áreas de VRP's e bombeamento são áreas bem definidas, elas são fundamentais na implantação de DMC's em sistemas de distribuição existentes, pois com a instalação de medidores de vazão nesses locais, imediatamente são criados os DMC's, não necessitando de implantação de válvulas e/ou outras adequações (...). Sempre que possível, as áreas devem ser atendidas por gravidade e a setorização deve prever o menor número de ligações abastecidas por bombeamento, visando à redução de despesas com energia elétrica e a redução dos volumes dos vazamentos, pois estes aumentam proporcionalmente com o aumento da pressão.

Uma gestão eficiente da pressão em SAAs evita altas pressões, com o intuito de diminuir as perdas de água em vazamentos e arrebentamentos das tubulações, e pressões abaixo do limite mínimo estabelecido por norma, a fim de garantir o abastecimento nos pontos de consumo com pressão satisfatória, mesmo em locais que possuam o relevo acidentado e/ou elevado. A utilização de booster, associado com VRP, permite otimizar o zoneamento piezométrico, explorando ao máximo o potencial de redução de pressão da VRP e reforçando a carga nos pontos mais altos que eventualmente ficam com pressões baixas ou despressurizadas (VICENTINI, 2012).

#### 2.3.1.2 Controle ativo e passivo de vazamentos

Segundo Tardelli (2006 *apud* SANTOS, 2013, p. 51), para conter as perdas físicas, métodos para detecção e controle dos vazamentos podem ser aplicados nas redes de distribuição de água. O controle ativo e passivo dos vazamentos são exemplos de métodos utilizados para reduzir o volume de água perdido.

O controle passivo se dá pelo aviso, geralmente feito pela população, para as empresas responsáveis sobre vazamentos que estão ocorrendo nos logradouros, sejam estes nos leitos carroçáveis ou no passeio. São vazamentos que afloram à superfície, sendo visíveis. Já o controle ativo, conforme Tardelli (2006 *apud* SANTOS, 2013, p. 51), representa então a ação sistemática desenvolvida no sentido de localizar os vazamentos não-visíveis existentes, através de métodos acústicos de pesquisa para repará-los.

As empresas responsáveis pelos SAAs, comumente empregam o controle ativo de vazamentos quando há, em certa região de um sistema, baixa pressão e/ou falta de água nas unidades, que podem ser ocasionadas por vazamentos nas redes distribuição que não são visíveis. Através da utilização de mecanismos de pesquisa acústica, os funcionários percorrem

as ruas verificando a existência de vazamentos que não afloram na superfície. O controle ativo é indispensável para o gerenciamento das perdas de água, refletindo nos indicadores das empresas e nos benefícios.

É notório que a detecção e reparo de vazamentos é uma maneira efetiva de preservação da água e economia de dinheiro. As empresas de saneamento deixam de gastar com tratamento, captação e bombeamento, tendo em vista a tendência mundial de sustentabilidade, é importante a conservação dos recursos hídricos e proteção ao meio ambiente (SANTOS, 2013, p. 52).

Por intermédio das formas de controle dos vazamentos, ativo e passivo, com um planejamento adequado das ações pode-se obter resultados positivos, com economia financeira e de recursos.

O nível econômico de perdas em um sistema de abastecimento pode ser obtido pelo levantamento e análise dos custos do volume de água perdido e dos custos oriundos dos programas de controle e detecção dos vazamentos. Idealmente o ponto ótimo de perdas é onde o custo da água é igual ao custo do controle ativo das perdas (VINCIGUERA, 2009, p. 31 e 32.).

A aplicação do controle ativo e passivo de vazamentos nas estruturas dos sistemas de distribuição e abastecimento de água, colabora para a diminuição de gastos com manutenções e menos volumes de água bruta retirados dos mananciais utilizados para extração de água.

#### *2.3.1.2.1 Pesquisa de vazamentos não visíveis*

Os vazamentos ocultos têm grande peso no volume perdido justamente por não serem reparados e permanecerem por longos períodos. (...) Tão ou mais importante que o reparo rápido dos vazamentos visíveis é o controle ativo de vazamentos “invisíveis” (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 84). Os vazamentos ocultos, ou não visíveis, não afloram na superfície e sua detecção é mais difícil, sendo realizada através do controle ativo de vazamentos.

O controle ativo de vazamentos consiste em pesquisar, localizar e reparar um vazamento antes que ele se torne visível. A pesquisa de vazamentos não visíveis é realizada através da escuta dos vazamentos por geofones ou correlacionadores. Essa atividade reduz o tempo de vazamento, portanto quanto maior a frequência da pesquisa, maior será a vazão recuperada. A frequência da pesquisa é definida após a análise de custo-benefício entre o custo da pesquisa e o custo do volume de água perdido (MOTTA, 2020, p. 55).

Os métodos mais aplicados detectar vazamentos ocultos, são as técnicas acústicas, que se baseiam no princípio que o vazamento é composto por diferentes sons, provenientes do

contato do líquido com partículas do solo e da fricção das partículas de água com as paredes do tubo (SOUZA JÚNIOR, 2014, p. 63).

Diversos equipamentos podem ser utilizados na caça aos vazamentos não visíveis, através da pesquisa acústica. Bezerra e Cheung (2013), citam os principais equipamentos: haste de escuta, geofones mecânicos e eletrônicos, localizadores de massa metálica, localizadores de tubulações metálicas e não metálicas, correlacionadores de ruídos e dataloggers de ruído.

O geofone, por exemplo, é um equipamento acústico utilizado na indicação e localização de vazamentos não visíveis nas redes de distribuição de água (ABES, 2015, p. 91).

A pesquisa de vazamentos não visíveis (controle ativo) realizada com auxílio de equipamentos de pesquisa acústica, se contrapõe ao controle passivo, pois este último busca reparar os vazamentos somente quando se tornam visíveis. É uma ação essencial, cuja eficácia depende de planejamento (frequência maior de pesquisas em áreas com maior incidência de vazamentos ou elevada vazão mínima noturna), da qualidade da mão de obra empregada e dos recursos colocados à disposição dos técnicos (ABES, 2015, p. 22).

### 2.3.1.3 Gerenciamento da infraestrutura

#### 2.3.1.3.1 Setorização

A observação das pressões em um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) depende de um adequado controle em cada setor do sistema, o que inicia a partir de setorização suficiente e, após, o monitoramento das pressões (PNCDA, 2003).

De acordo com o Guia Prático Técnicas de Operação em SAAs, do PNCDA (2007, v. 3, p. 22), “a grande extensão das redes de distribuição de água com suas numerosas derivações e conexões necessita de uma setorização, ou seja, a sua divisão em setores e subsetores com a finalidade de se ter um melhor gerenciamento do sistema de água”. Isso possibilita identificar com mais eficiência os pontos das redes de distribuição sujeitos à maior incidência de vazamentos (DANTAS, 1999 *apud* PNCDA, 2007, p. 22).

A setorização se define, basicamente, pela divisão de um SAA em setores delimitados pelos níveis de pressões, com isolamento de áreas que podem ser subsetorizadas, criando-se os chamados Distritos de Controle e Medição (DMCs). A definição de setorização pode ser entendida como:

Uma área de um sistema de abastecimento e distribuição que está interligada e pode ser especificamente definida pelo fechamento de válvulas ou outra restrição física, dentro da qual a pressão hidráulica do abastecimento público de água é reduzida, mantida ou aumentada para uma faixa operacional limitada preferida (SEROV, 2020).

A Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE), aborda na *Série Balanço Hídrico* (2015, vol. 5) que o Distrito de Medição e Controle (DMC):

É uma unidade operacional criada nos SAA com o objetivo principal de facilitar o controle ativo de vazamentos, principalmente permitindo a redução do tempo de conhecimento dos vazamentos. Em um DMC, tanto o nível atual quanto o surgimento de novos vazamentos podem ser conhecidos por meio do monitoramento contínuo do volume de entrada no sistema – o DMC fornece a base para a implementação das técnicas bottom up (de baixo para cima) de avaliação de perdas reais, em que esse componente é obtido diretamente. As técnicas bottom up em DMC podem ser utilizadas também para calibrar os balanços hídricos top down.

O Distrito de Medição e Controle (DMC) é bastante importante para o controle de perdas, pois permite o monitoramento das perdas em uma escala que não é afetada por muitas variáveis, tal como ocorre em áreas de maior porte (MOTTA, 2010, p. 45).

Implantar a setorização em SAAs pode ser uma tarefa difícil e onerosa, visto que a implantação das redes de distribuição de água não é efetuada de maneira organizada, muitas vezes existindo mais de uma entrada de água para um mesmo setor, o que dificulta as delimitações das áreas. Essa problemática fica mais evidente nos centros urbanos, conforme explana Santos (2013, p. 47), pois com o crescimento populacional acelerado e desordenado, as tubulações de distribuição de água são ampliadas sem seguir critérios técnicos, sem delimitação em setores, justamente para suprir a crescente demanda de água num curto espaço de tempo e, sendo feito de forma não planejada, gera retrabalhos e prejuízos financeiros.

Logo, o processo de setorização deve ser adotado gradualmente, para ser efetivamente benéfico. Por meio do desenvolvimento de estudos e implementação de setores de abastecimento deve se dar prioridade às áreas com elevadas pressões e buscando o equilíbrio hidráulico do sistema de distribuição para trabalhar com pressões controladas (MOTA, 2010 *apud* SANTOS, 2013, p. 47).

A Figura 7 demonstra a setorização de parte de um SAA, realizada pela Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva (SAEC), em Catanduvás (SP).

Figura 7 – Exemplo de setorização em um SAA.



Fonte: Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva (SAEC), acesso em maio 2021.

O método da setorização das redes de distribuição é realizado para controlar as perdas de água em um SAA, o que torna possível adequar as pressões de serviços divididas em zonas de abastecimento. Para isso, podem ser executadas melhorias na infraestrutura, como interligação de redes existentes, implantação de novas tubulações, mapeamento de pressões e controle de vazamentos. Essas ações permitem a execução de intervenções planejadas em setores, sem prejudicar o abastecimento em todo o sistema. A setorização e conhecimento dos setores de abastecimento dão ferramentas para o gerenciamento e planejamento do controle das perdas de água (SÁ, 2007, p. 16 e 17).

Para se iniciar um trabalho de controle de perdas de água em um sistema de distribuição, de acordo com Soares (2015, p. 37), é preciso medir o volume que está sendo desperdiçado. Quanto mais setorizado for o sistema, maior a facilidade em tomar as ações corretivas e preventivas, pois se sabe em quais lugares o desperdício é maior.

A setorização deve ser a primeira atividade no controle de perdas, pois possibilita, através do tratamento isolado de um dado setor, a tomada de decisões de forma mais eficiente na redução de perdas. Em conjunto com a setorização, o controle de pressão é um instrumento eficaz na redução de perdas físicas (DANTAS; GONÇALVES; MACHADO, 1999, p. 9).

Perante o exposto, realizar a setorização de um SAA em setores e subsetores facilita o diagnóstico e possibilita uma priorização de determinadas ações em locais mais críticos (SOARES, 2015, p. 20).

Gomes (2011, p. 16) aborda que, apesar das vantagens inerentes à setorização das redes de distribuição de água, existem problemas que dificultam a implementação dessa ação, como

a falta de cadastro atualizado da infraestrutura de abastecimento de água, qualidade da água, escassez de mão de obra especializada e dificuldade de obtenção de financiamento.

Além do mais, é um processo dispendioso e demorado, para o qual as Entidades Gestoras devem estar motivadas, já que, durante a fase de implementação, poderão ocorrer dificuldades ao nível do fornecimento de água e eventuais queixas dos utilizadores (GOMES, 2011, p. 16).

#### *2.3.1.3.2 Macromedição*

A macromedição de vazão é uma etapa indispensável para o combate às perdas de água em um município, pois é responsável por definir o volume disponibilizado a uma determinada área objeto de controle e medição (NOVAES; BRESSANI, 2009). Os macromedidores são medidores de maior porte, utilizados para medição de água bruta na entrada dos setores de distribuição, ou de água tratada entregue por atacado a outros sistemas (TSUTIYA, 2006).

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2019), a macromedição é o “conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição”. É um dos tipos de medições que “ajuda a identificar perdas na distribuição e fornece informações fundamentais ao controle e operação do sistema de abastecimento de água” (SNIS, 2019, p. 19), contribuindo para o adequado gerenciamento e eficiência dos sistemas de distribuição. Além disso, o volume macromedido, por diferença com o volume micromedido, por exemplo, conduz ao valor das perdas a serem controladas (NOVAES; BRESSANI, 2009).

O Quadro 4 apresenta os objetivos da implantação de macromedição em SAA.

Quadro 4 – Objetivos específicos da implantação de macromedição.

Controle da produção de água	A macromedição permite medir os volumes e vazões durante determinado período. Tais elementos são essenciais para acompanhar a evolução dos diversos subsistemas (adução de água bruta, tratamento, reservação, adução de água tratada e distribuição), dando margem à definição de séries históricas de desempenho do sistema.
Melhoria da operação do sistema	A macromedição permite medir parâmetros técnicos importantes. De posse desses valores é possível intervir de forma a controlá-los visando adequar a operação a níveis de eficiência desejáveis.
Executar um planejamento	A expansão do SAA e as readequações de setores de distribuição, são ações inseridas em planejamento que requerem projetos detalhados. A macromedição oferece subsídios, na medida em que os parâmetros medidos estabelecem margens de disponibilidades existentes, limites de exploração do sistema, dentre outros aspectos.
Controle de gastos com energia	Os SAAs dependem de equipamentos e instalações elétricas. O perfil de abastecimento se reflete diretamente nas despesas com energia elétrica e, para evitar o consumo nos períodos mais caros em termos da tarifa elétrica, é possível deslocar-se o consumo utilizando-se a capacidade de reservação e mesmo a postergação de picos de grandes consumidores.
Obtenção da dosagem ótima de produtos químicos	Outra aplicação para a macromedição ocorre quando deseja-se adicionar produtos químicos, cloro ou flúor, por exemplo, na sua dosagem ótima.

Fonte: Adaptado de Novaes e Bressani, 2009.

A macromedição de vazão é uma etapa indispensável para o combate às perdas de água em um município. No entanto os macromedidores de vazão devem estar devidamente aferidos para que haja confiabilidade nos dados monitorados (NOVAES; BRESSANI, 2009, p. 3).

#### 2.3.1.3.3 Dimensionamento adequado e padronização das redes de distribuição

Na concepção dos sistemas de abastecimento e distribuição de água potável, segundo Ferreira (2018, p. 21):

O dimensionamento de redes de distribuição de água tem como principal objetivo garantir a demanda necessária à população com pressões suficientes, buscando o menor custo de sua implantação e exploração. Outro aspecto relevante do dimensionamento é, ao considerar situações de possíveis falhas, também visa verificar como será seu funcionamento nestas situações e minimizar os impactos negativos aos consumidores.

Dessa maneira, o dimensionamento de uma rede de distribuição de água deve primar por itens básicos como qualidade, quantidade, pressão e continuidade (GRAFF, 2019, p. 25).

A NBR 12215 (ABNT, 1991), que normatiza os parâmetros de projetos de adutoras, cita como essenciais a definição do trajeto das tubulações de acordo com o que a topografia do local exigir, a determinação da vazão, o dimensionamento da parte estrutural e hidráulica, estudos de

viabilidade econômica, como também os desempenhos dos elementos de segurança, manutenção e operação do sistema.

De acordo com Bezerra e Cheung (2013, p. 25), a escolha adequada dos tipos de tubulações é imperativa para o bom funcionamento das redes de distribuição e adutoras. Na definição de qual material, recomenda-se a consulta aos catálogos dos fabricantes para se obter as características funcionais dos tubos. Os mesmos autores elencam os fatores que devem ser considerados para satisfazer pré-requisitos e suportar as agressões do transporte, manuseio e assentamento das tubulações. Esses fatores estão listados no Quadro 5.

Quadro 5 – Benefícios do controle das perdas de água em SAA.

<b>DISPONIBILIDADE</b>	<b>CONDIÇÕES DE SERVIÇO</b>
Gama disponível de diâmetros	Pressão de serviço
Disponibilidade de mão de obra qualificada	Cargas e capacidade de suporte do solo
Pressão de serviço	Potencial de corrosão do solo
Juntas e disponibilidade de acessórios	Natureza corrosiva
<b>PROPRIEDADES DO TUBO</b>	<b>ECONOMIA</b>
Resistência mecânica	Custo (custo de instalação, transporte etc)
Ductibilidade	Vida útil
Resistência à corrosão	Custo de manutenção e reparos
Rugosidade das paredes internas	
Proteção catódica	

Fonte: Adaptado de Bezerra e Cheung, 2013, p. 25 e 26.

As tubulações das redes de distribuição de água têm sua vida útil, que varia em função de uma série de fatores, como concepção e projeto do sistema de distribuição de água, material das tubulações, qualidade das tubulações e da execução da obra de assentamento (...) (BEZERRA, 2005).

Os responsáveis por planejar, executar e gerenciar os SAAs, devem seguir critérios técnicos e adequados, para que no futuro não ocorram problemas em virtude do dimensionamento indevido das tubulações ou pela falta de padronização. O dimensionamento das redes de distribuição é um processo complexo, que pode resultar em ineficiências do atendimento das demandas ou prejuízos econômicos quando mal executados (CURI; FIRMINO, 2012).

Para que as tubulações sejam padronizadas, a NBR 12.217 (ABNT 2017) orienta sobre a utilização de diâmetros para implantação dos sistemas de abastecimento, sendo o diâmetro mínimo a ser adotado de 50 milímetros. A adoção desse e demais critérios técnicos garantem o

abastecimento de água em níveis desejados. Redes despadronizadas, abaixo do padrão estipulado em norma, ou subdimensionadas, podem ocasionar problemas de desabastecimento, por não suprirem a demanda de consumo. A implantação de um SAA exige o correto dimensionamento das tubulações para transporte de água tratada, que pode ser efetuado a partir da aplicação de softwares para simulação hidráulica, como é abordado no item 2.5.

#### 2.3.1.4 Velocidade e qualidade dos reparos

Com o envelhecimento físico ou funcional, associado à falta de planejamento e manutenção, os sistemas de abastecimento de água passam ao estado de ineficiência, não cumprindo a função para o qual foram projetados (BEZERRA, 2005, p. 4).

Tardelli (2015, p. 10) aborda como ação básica para redução das perdas reais, a renovação da infraestrutura, substituindo as tubulações (redes e ramais) que estão com maior incidência de vazamentos. Nessa perspectiva, a velocidade dos reparos nas estruturas dos sistemas de distribuição, assim como a qualidade dos materiais e mão-de-obra empregados, é essencial para se ter resultados positivos nos controles de perdas reais.

Não basta apenas detectar o vazamento para reduzir as perdas reais. A efetiva redução somente se dará quando esse for reparado, e de forma adequada para evitar a reincidência e retrabalho. Portanto, o conhecimento do tempo desde a existência de um vazamento, o tempo decorrido para sua efetiva localização e até seu estancamento é um ponto chave para o gerenciamento das perdas reais (MELATO, 2010, p. 65).

Além da agilidade dos serviços, é importante assegurar que o reparo seja bem realizado para que o vazamento não seja recorrente horas ou dias após a repressurização da rede de distribuição (VICENTINI, 2012, 72). Tão importante quanto a qualidade dos materiais adotados na instalação e/ou manutenção das estruturas dos sistemas, é a execução ser realizada com organização e planejamento, para que se evite os retrabalhos, e o desperdício de recursos. À vista disso, esses aspectos têm importância essencial no combate às perdas reais e, conseqüentemente, na diminuição das perdas totais.

Alguns fatores devem ser considerados para execução dos serviços de manutenção ou instalação das estruturas do SAA. Vicentini (2012), aborda os seguintes fatores relacionados a qualidade e agilidade dos consertos de vazamentos em redes e ramais, por exemplo:

- 90% dos vazamentos estão localizados no conjunto ramal/cavalete;

- A maior parte dos vazamentos em ramais se deve a má qualidade da mão-de-obra e do material utilizado;
- O número de conexões é fator real no surgimento de vazamentos;
- A utilização de equipamentos inadequados que causam o surgimento de novos vazamentos;
- Treinamento da mão-de-obra, utilização de materiais e procedimentos adequados diminuem o tempo, o retrabalho e o surgimento de novos vazamentos;
- A priorização dos reparos é fator essencial na diminuição de perdas.

Inúmeras avarias em um mesmo ramal ou cavalete, ou em um mesmo trecho de rede, são indicativos da necessidade imediata de substituições das tubulações e peças.

Em todas as operadoras, as avaliações de Perdas Reais mostram que "o vilão" são os ramais prediais, que detêm a maior parte das ocorrências de vazamentos e dos volumes perdidos. No Brasil, os ramais geralmente são executados com tubos plásticos, com muitas juntas e peças e que, com grande frequência, apresentam problemas na qualidade dos materiais e na mão de obra empregados na implantação. Por sua vez, há redes de distribuição muito antigas, as quais detêm elevadas perdas por vazamentos (ABES, 2015).

O Quadro 6 apresenta as causas de falhas e rupturas nas tubulações por fases de implantação de um SAA.

Quadro 6 – Causas prováveis de falhas e rupturas em tubulações.

FASE DA FALHA	CAUSA DA FALHA	CAUSA DA RUPTURA
Planejamento e Projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Subdimensionamento</li> <li>▪ ausência de ventosas</li> <li>▪ cálculo transientes</li> <li>▪ regras de operação</li> <li>▪ setorização</li> <li>▪ treinamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sobrepressão</li> <li>▪ subpressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ sobrepressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> </ul>
Construção	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ construtivas</li> <li>▪ materiais</li> <li>▪ peças</li> <li>▪ equipamentos</li> <li>▪ treinamento</li> </ul>	
Operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ enchimento</li> <li>▪ esvaziamento</li> <li>▪ manobras</li> <li>▪ ausência de regras</li> <li>▪ treinamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ subpressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> </ul>
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sem prevenção</li> <li>▪ mal-feita</li> <li>▪ treinamento</li> <li>▪ interação operação/usuário</li> <li>▪ tempo de resposta</li> </ul>	
Expansão	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sem projeto</li> <li>▪ sem visão conjunta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sub e sobrepressão</li> <li>▪ sub e sobrepressão</li> </ul>

Fonte: MOURA *et al.*, 2004.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015, p. 23) discorre sobre a agilidade e qualidade no reparo dos vazamentos que:

A operadora de saneamento deve montar uma logística para reparar os vazamentos visíveis e não visíveis com maior agilidade, bem como capacitar a mão de obra empregada e utilizar materiais e métodos adequados de execução dos reparos. Fugas de água reparadas sem os devidos cuidados certamente voltarão a ocorrer no mesmo ponto (retrabalho), desperdiçando recursos financeiros e perpetuando as perdas.

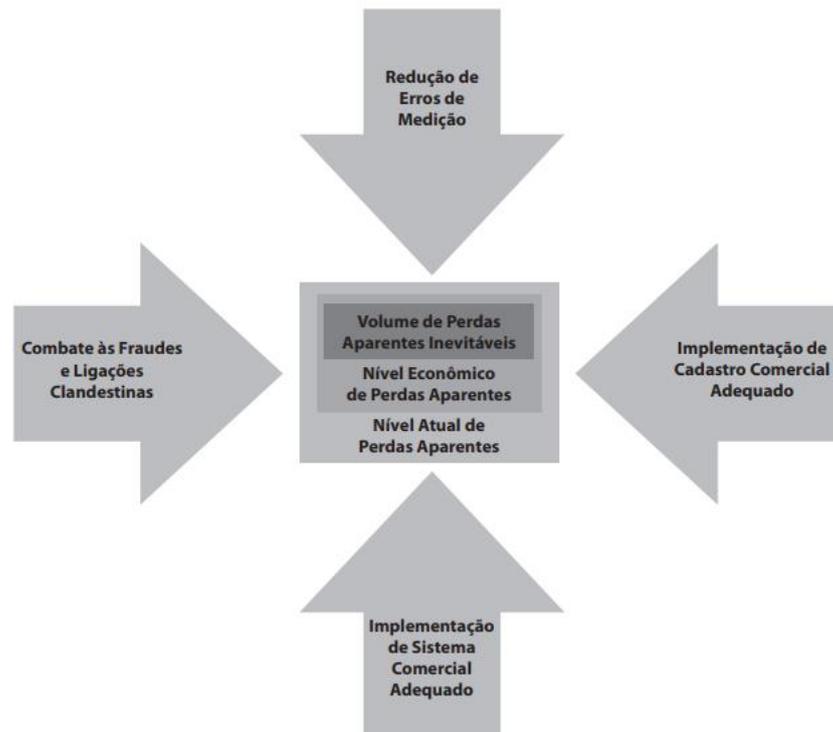
Os mesmos autores abordam sobre o “Registro de Falhas”, uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento da qualidade dos materiais das redes e ramais, apontando onde e a quantidade de falhas ocorrentes, subsidiando os diagnósticos dos problemas e melhorias futuras (ABES, 2015). Redes envelhecidas, ou trechos de rede com recorrência de vazamentos ou tubulações, material obsoleto, são alguns dos fatores que devem ser considerados na questão da infraestrutura do sistema, para se evitar que ocorram perdas de água.

### **2.3.2 Ações para controle das perdas aparentes**

Bezerra e Cheung (2013) expõem que em relação às perdas reais, as perdas aparentes possuem influência negativa maior sobre o faturamento das empresas, pois são avaliadas pelo valor de varejo da água vendida, que em certos casos podem corresponder a quatro vezes o custo de produção.

Assim como para as perdas reais, existem ações relacionadas ao controle das perdas aparentes, como é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Cruz de ataque às perdas aparentes.

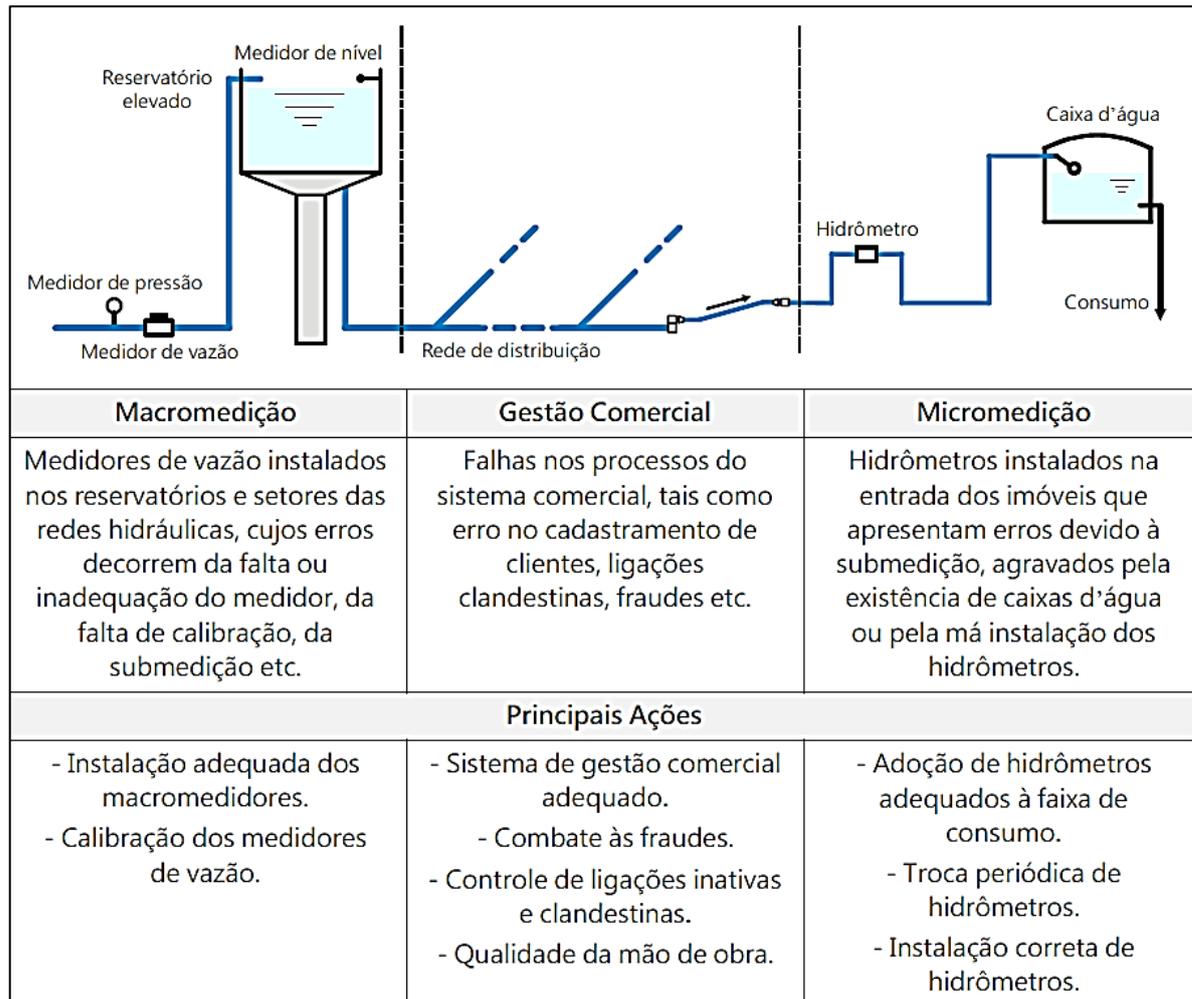


Fonte: FUNASA, 2014.

Diferentes ações podem ser desenvolvidas pelas empresas de saneamento para controlar e reduzir os volumes de perdas aparentes (comerciais). Um benefício adicional de reduzir as perdas aparentes, é que as ações podem ser aplicadas rapidamente e de forma eficaz (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 96).

Bezerra e Cheung (2013), apresentam no Quadro 7, algumas das ações que podem ser aplicadas, envolvendo macromedição, gestão comercial e micromedição.

Quadro 7 – Síntese das ações para controle das perdas aparentes.



Fonte: TARDELLI FILHO (2005 *apud* BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Em sua tese, Sá (2007) recomenda ações para diminuir o volume de água perdido nas perdas comerciais, como a atualização do cadastro comercial e adequação do parque de hidrômetros instalados, o combate intensivo às fraudes, melhoria da gestão de grandes consumidores, acompanhamento de cortes, macromedição de áreas de baixa renda, entre outras ações. Neste sentido, ações para controle das fraudes e ligações clandestinas, bem como ações que objetivam melhorar o sistema comercial, são fundamentais para diminuir o volume de perdas aparentes e aumentar o faturamento das empresas responsáveis pelos sistemas de abastecimento.

Algumas ações são abordadas nos próximos itens.

### 2.3.2.1 Micromedição

Assim como a macromedição, a micromedição também é fundamental, visto que o volume registrado nas unidades consumidoras é um dos componentes dos cálculos dos índices de perdas de água (SOARES, 2015).

De acordo com o SNIS (2019, p. 19), a micromedição é definida como a:

Medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria ou faixa de consumo (compreende a medição permanente do volume de água consumido e que é registrado periodicamente por meio da indicação propiciada pelos hidrômetros).

A micromedição é feita em aparelhos destinados a registrar os volumes consumidos pelos usuários dos SAAs. Dessa forma, segundo Coelho (2009), precisa funcionar adequadamente, para permitir o equilíbrio econômico e financeiro dos prestadores e a formulação de políticas tarifárias socialmente justas.

Ademais, a micromedição é fundamental para viabilizar o controle operacional dos sistemas ao supervisionar a demanda de água. A ausência ou deficiência da micromedição compromete a identificação das parcelas de perdas reais e de perdas aparentes de água nos sistemas de abastecimento, o que tem sido feito modernamente pela modelagem de balanços hídricos (COELHO, 2009).

Conforme a portaria nº 295 de 2018 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), os hidrômetros em uso devem ser submetidos à verificação subsequente, em intervalo não superior a 7 (sete) anos, contados a partir do ano de sua instalação, pois são equipamentos passíveis de sofrerem desgaste ao longo de sua utilização. Frequentemente a idade do medidor ou o volume por ele escoado é o indicador usado para sua substituição ou verificações programadas (THORNTON; RIZZO, 2002 *apud* SILVA, 2008, p. 41).

Com a implantação de um sistema de micromedição que funcione adequadamente, as companhias de saneamento e usuários usufruem de vantagens, como é citado por Borges (2007, p. 11):

- Maior sensibilidade na detecção de vazamentos não visíveis internos às edificações;
- Fornecimento de informações mais precisas para a previsão de demandas futuras de água para sistemas de abastecimento;

- Obtenção de tarifas justas e confiáveis, a fim de refletir o consumo de água pelos usuários, o mais próximo possível do real, importantes para induzir comportamentos de conservação dos recursos naturais, diminuindo os desperdícios.

Esses benefícios constituem um importante dado, para que seja possível chegar a um confiável índice de perdas. Consoante ao SNIS (2019), a medição dos consumos de água é realizada em cada ponto do sistema, e possibilita a divisão dos custos de manutenção e implantação, da mesma forma que também contribui para a preservação do meio ambiente, pois induz à redução do desperdício de água por parte do consumidor.

A ausência de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes sendo, porém, negligenciada por algumas empresas. 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 (...). O cliente só adota o uso racional quando passa a pagar pelo que consome (SANTOS, 2013, p. 54).

Constata-se que a micromedição é essencial para o controle e redução de perdas. O índice de perdas no faturamento, quando se tem confiabilidade na macro e micromedição, é interessante em empresas que não tenham condições de utilizar indicadores mais sofisticados para conhecimento da perda, e formar uma série histórica para acompanhar seu comportamento (ALONSO, 2009 *apud* SANTOS, 2013).

A Figura 9 demonstra uma forma de disposição de macromedidores e micromedidores em um SAA. As siglas VD e VU, significam respectivamente volume disponibilizado e volume utilizado.

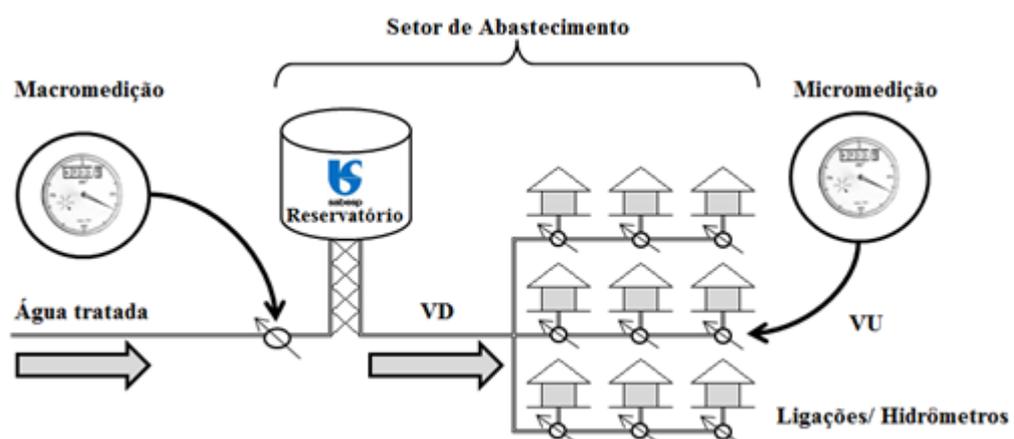


Figura 9 – Exemplo de disposição de macro e micromedidores em um SAA.

Fonte: Adaptado de Tsutiya e Tardelli (2004) e Manual de Perdas Sabesp (2005) *apud* Cianfanelli (2012).

A macromedição auxilia na visualização da água tratada fornecida para abastecimento, enquanto que a micromedição, auxilia no registro dos volumes consumidos pelos usuários. Tardelli Filho (2006 *apud* SANTOS, 2013, p. 54) aponta que é “somente através da medição é possível conhecer, diagnosticar, alterar e avaliar as diversas situações operacionais em um sistema de abastecimento de água”.

Bezerra e Cheung indicam algumas ações relacionadas à micromedição (2013):

- Adoção de hidrômetros adequados à faixa de consumo: hidrômetros instalados em unidades com demanda de vazões superiores ou inferiores às especificadas dos micromedidores, podem ocasionar submedições e influenciar no faturamento dos volumes consumidos;
- Troca periódica de hidrômetros: hidrômetros parados ou antigos devem ser substituídos para evitar perdas de faturamento decorrentes de volumes consumidos não medidos;
- Instalação correta de hidrômetros: a correta micromedição pressupõe a instalação adequados dos medidores, visto que, se instalados de forma inadequada, podem ocasionar erros na contabilização dos volumes consumidos, o que pode gerar aumento no valor a ser pago pelo usuário ou perda de faturamento das empresas.

### 2.3.2.2 Dimensionamento adequado das ligações

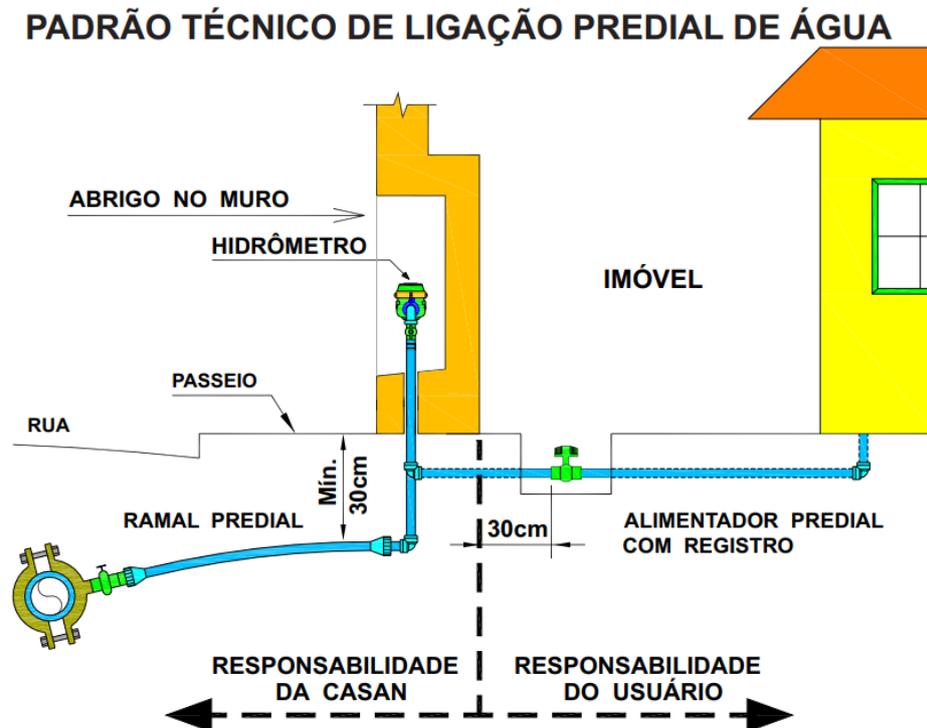
O dimensionamento adequado das ligações de água proporciona benefícios, tanto para os usuários, como para as prestadoras de serviços.

A medição individualizada do consumo de água é de fundamental importância no decréscimo dos danos ambientais e adequação de tarifas atreladas ao dispêndio e consumo de água. Das consequências da não mensuração do consumo de água, podem-se citar: elevado consumo per capita; a baixa taxação aos consumidores potenciais (lava-jatos, lavanderias, postos de combustível, indústrias, etc.); omissão de vazamentos nas redes de distribuição e residenciais; altas taxas de lançamento de esgoto (CARVALHO, 2010, p. 5 *apud* JUNIOR; GANDINI, 2019, p. 2).

As ligações são compostas por ramais e cavaletes. O ramal de ligação predial de água constitui-se de canalização perpendicular ao passeio público, composto de tubulações e conexões, situado entre a rede pública de abastecimento de água e o cavalete inclusive (MANUAL DO USUÁRIO, CASAN, 2015, p. 21). Por sua vez, a ligação de água é o ponto de conexão do ramal predial do imóvel à rede pública de distribuição de água, através de um

cavalete onde está instalado o hidrômetro (SÁ, 2007, p. XVI). A Figura 10 exemplifica a disposição do ramal predial e cavalete com o hidrômetro.

Figura 10 – Exemplo de disposição do ramal e cavalete.



Hidrômetro é um aparelho destinado a medir, indicar e totalizar continuamente o volume de água que o atravessa (NBR 8009:1997 *apud* DOMINIQUINI *et al.*, 2020).

O dimensionamento inadequado das ligações de água causa inúmeros problemas, pois se houver subdimensionamento ou superdimensionamento, os hidrômetros podem não medir corretamente a vazão e não indicar os volumes de água devidamente consumidos. Hidrômetros inadequadamente dimensionados resultam na submedição do consumo, quando as vazões no ramal de alimentação são inferiores a vazão mínima dos hidrômetros e, portanto, não detectadas (PEREIRA, 2007 *apud* KONRAD, 2018, p. 21).

Sanchez (1997) afirma que os responsáveis pelos SAAs se preocupam mais com o superdimensionamento dos medidores, devido ao elevado custo, a forma de instalação e pela tendência de subfaturamento de vazões mais baixas.

O subdimensionamento do hidrômetro é igualmente prejudicial, pois um aparelho sujeito frequentemente a vazões acima daquela para a qual foi projetado para suportar termina por sofrer danos e desgastes prematuros. Como consequência, pode provocar

submedição maior do que aquela que se queria evitar ao instalar um hidrômetro menor (SANCHEZ, 1997, p. 02).

Konrad (2018, p. 58) discorre que o diâmetro dos hidrômetros ocasiona muitos problemas para as prestadoras de serviços, pois na condição de superdimensionamento, podem não medir corretamente a vazão. Ademais, “caso o sistema não seja dimensionado corretamente, pode ocasionar custo alto para o proprietário, além de problemas na medição do consumo de água” (KONRAD, 2018, p. 14).

Para obter uma informação confiável da micromedição, é importante que o instrumento utilizado para coletar a informação, o hidrômetro, opere dentro das condições para que foi construído, ou seja, que o mesmo esteja corretamente dimensionado (SANCHEZ, 1997).

### 2.3.2.3 Gestão Comercial

A gestão comercial compreende os processos, sistemas e recursos humanos que permitem a contabilização das vendas de água tratada e seu faturamento, o que viabiliza as receitas e torna a empresa financeiramente sustentável (VICENTINI, 2012).

Algumas ações como a otimização do cadastro comercial, combate às fraudes e ligações clandestinas, controle de ligações inativas ou cortadas e qualidade da mão de obra, visam controlar as perdas aparentes. Por exemplo, deve-se implantar um vigoroso combate às fraudes e acelerar a substituição dos hidrômetros com muito tempo de instalação na rede, ou aqueles que se encontram quebrados ou com perfil de consumo inadequado (ABES, 2015, p. 43).

Portanto, as melhorias no sistema de gestão comercial das empresas de saneamento devem ser contínuas, buscando otimizar todas as atividades envolvidas neste processo, para que as perdas comerciais sejam reduzidas à níveis desejáveis, aumentando a receita. O sistema comercial das empresas, além da importância no controle do faturamento, tem papel chave no controle de perdas, pois é onde se armazena o histórico de consumo das ligações e características dos hidrômetros instalados (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

#### 2.3.2.3.1 *Cadastro Comercial*

O Cadastro Comercial representa o registro dos consumidores de forma sistematizada envolvendo diversos dados como localização da ligação, tipo de ligação, entre outros (GIROL, 2008, p. 12). Erros como o não cadastro ou cadastro incorreto de novas ligações, por exemplo, podem gerar perdas comerciais.

O processo de Cadastro Comercial quando feito de maneira correta, garante a saúde financeira das empresas de saneamento, em razão do faturamento da água tratada disponibilizada para consumo à população. A morosidade do cadastro de novas unidades de consumo e/ou inserção de dados incorretos no cadastramento, como localização, tipo de uso etc, causam perdas no faturamento das concessionárias (VICENTINI, 2012).

#### 2.3.2.3.2 *Controle de Fraudes e Ligações Clandestinas*

Um problema enfrentado pelas empresas de saneamento são as fraudes e ligações clandestinas, responsáveis em parte pelos volumes de perdas aparentes. Girol (2008) aborda em seu trabalho uma divisão entre esses dois problemas:

- **Fraudes:** o usuário realiza intervenção no hidrômetro, como furo no visor, rompimento do lacre e inversão do medidor, para interferir no volume micromedido;
- **Ligações Clandestinas:** o usuário efetua by-pass (desviando a água por uma tubulação para não passar pelo hidrômetro), derivação clandestina no ramal ou rede, e ligação direta.

Essas intervenções prejudicam a gestão comercial das empresas, visto que parte da água tratada disponibilizada para a população é consumida, porém não é contabilizada e faturada, prejudicando o arrecadamento das empresas. Bezerra e Cheung (2013, p. 107) afirmam que:

Grande parte das ligações clandestinas se localiza em áreas com poder aquisitivo mais baixo e em áreas de baixa segurança. Em muitos casos, estas ligações podem ser controladas através de campanhas de detecção periódicas de fraudes, da aplicação de sanções severas aos clientes fraudulentos e da realização de campanhas de sensibilização da população.

Nos SAAs com índice de micromedicação próximo a 100%, as ligações clandestinas são menos significativas se existir uma eficaz adequação e manutenção de hidrômetros, combate às fraudes e ações clandestinas, pois as perdas mensuráveis tendem a refletir nas perdas físicas (MOURA *et al.* 2004).

#### 2.3.2.3.3 *Qualidade da mão-de-obra e materiais*

Para se ter confiabilidade dos volumes medidos, a qualidade da mão-de-obra e materiais empregados nos sistemas de distribuição de água são fundamentais, pois a adequada instalação

de micromedidores, realizadas com peças de boa qualidade e procedência, auxiliam na diminuição dos volumes das perdas comerciais. Para Melato (2010, p. 68):

A qualificação da mão-de-obra envolve a seleção e o treinamento especializado dos profissionais que fazem a leitura dos hidrômetros, a gestão comercial, e a instalação, calibração e manutenção dos medidores, de forma a reduzir erros e melhorar a percepção de quaisquer problemas das ligações e na contabilização dos consumos.

Estabelecer padronização na execução de serviços e materiais utilizados é essencial para se obter maiores resultados em relação ao combate das perdas comerciais. A adoção de ligações padronizadas, beneficia os usuários e a própria concessionária de abastecimento. Algumas vantagens da instalação de ligações com padrão pré-estabelecido são a possibilidade de identificar a necessidade de substituição de hidrômetros, redução de ocorrências de vazamentos, monitoramento do consumo e maior eficiência na execução das leituras dos micromedidores, manutenções no cavalete e outros serviços (SANTOS *et al.*, 2021).

Nesse contexto, um trabalho fundamental é o realizado pelos leituristas, que verificam as medições dos hidrômetros e, nos casos de ligações que apresentem problemas, estes podem acionar as equipes de manutenção, auxiliando no combate às perdas comerciais, além de que podem verificar *in loco* a existência de ligações clandestinas e/ou fraudes efetuadas pelos usuários. Conforme citado por Vicentini (2012, p. 86):

O leiturista deve realizar corretamente a apuração do consumo mensal e saber avaliar as variações elevadas de consumo, registrar indícios de fraudes ou alterações cadastrais para posteriores inspeções pelas equipes especializadas, além de apontar outras ocorrências, tais como falta d'água, problemas da qualidade da água, vazamentos, obstruções de esgoto, etc.

Adotar mão-de-obra de qualidade com materiais inadequados ou adotar materiais de qualidade com mão-de-obra ruim, são ações que contribuem para o aumento dos níveis de perdas, sejam estas comerciais ou reais.

A existência de um processo de controle de qualidade para aquisição de materiais, equipamentos e serviços é fundamental para garantir que a operação dos sistemas de abastecimento de água se dê racionalmente e com perdas reduzidas, posto que o bom funcionamento depende de redes, ramais, dispositivos de controle e medidores de qualidade comprovados e certificados por sua boa operação (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

## 2.4 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DAS PERDAS

Para efetuar o controle das perdas em um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), alguns métodos podem ser aplicados para avaliá-las. Essas ferramentas de avaliação são fundamentais para manter o funcionamento eficiente dos SAAs, pois a redução das perdas possibilita o melhor aproveitamento da infraestrutura existente e a postergação da aplicação de recursos para ampliação dos sistemas, além do aumento do faturamento (MIRANDA, 2002, p. 04).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), explica que a forma de estimar as perdas de água em um SAA, se dá por meio da comparação entre o volume de água transferido de um ponto do sistema e o volume de água recebido em um ou mais pontos do sistema, situados na área de influência do ponto de transferência (PNCDA, 2003, p. 11).

Nos próximos tópicos são explicados os métodos para avaliação das perdas de água. As equações empregadas para realizar os cálculos, são apresentadas no item 4.

### 2.4.1 Vazão Mínima Noturna

A base do cálculo da Vazão Mínima Noturna (VMN) é a variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. O pico de consumo geralmente se dá entre 11:00h e 14:00h, e o mínimo consumo normalmente se dá entre 3:00h e 4:00h (QUEIROZ, 2016, p. 38). Durante o dia há uma variação significativa no consumo de água, visto que é o momento em que a população está mais ativa, realizando suas atividades. Durante a noite, esse consumo tende a diminuir, principalmente em áreas onde há maior concentração de residências, sendo que durante a madrugada há ocorrência da menor vazão de abastecimento, denominada como Vazão Mínima Noturna. Qualquer alteração na vazão mínima de uma unidade de abastecimento pode significar ocorrência de vazamentos (QUEIROZ, 2016, p. 26).

Em sistemas de abastecimento sem intermitências e com pressurização normal os consumos são mínimos entre as 02:00h e as 04:00h da manhã. Devido a este fato, torna-se mais fácil estimá-los com maior segurança – frequentemente correspondem a menos de 10% do volume que ingressa no setor, mesmo em sistemas com bom controle de vazamentos (AESBE, 2015, p. 21).

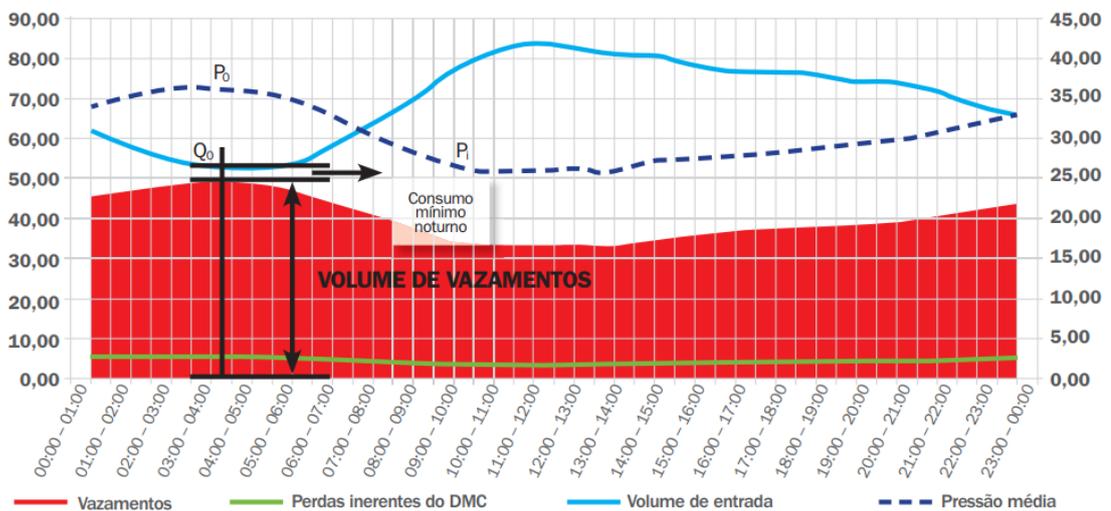
O acompanhamento da VMN é um forte indicador operacional, pois a sua elevação sinaliza a ocorrência de vazamentos (SANTOS; MONTENEGRO, 2013).

A Vazão Mínima Noturna (VMN) é fundamental no processo de avaliação das perdas de água, visto que este parâmetro se traduz em um indicador das perdas reais, pois se existe alterações nas VMNs, pode significar que existem perdas na forma de vazamentos em redes de distribuição, adutoras ou ramais. De acordo com Gonçalves e Alvim (2007, p. 69):

A vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas reais que está ocorrendo em um sistema. Normalmente, o consumo noturno é reduzido, principalmente em áreas residenciais. Qualquer alteração na vazão mínima de uma unidade de abastecimento pode significar ocorrência de vazamentos. Em locais onde o abastecimento é irregular e/ou há demanda reprimida, o método da vazão mínima noturna não fornece dados confiáveis sobre as perdas reais.

A Figura 11 apresenta o gráfico do comportamento da Vazão Mínima Noturna.

Figura 11 – Método das Vazões Mínimas Noturnas.



Fonte: AESBE (2015).

Com os valores de Perda Real Inevitável (PRI) e Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI), a Vazão Mínima Noturna esperada ( $VMN_{esperada}$ ) pode ser calculada, através da multiplicação dos valores de PRI e IVI, somando-se ao valor do Consumo Mínimo Noturno ( $C_m$ ). O valor de  $C_m$  é obtido pela soma do Consumo Legítimo e do volume de Vazamento Internos, onde se considera o número de habitantes e o número de ramais.

Conforme AESBE (2015), os valores para Consumo Legítimo e Vazamentos Internos são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Referência para valores de Consumo Legítimo e Vazamentos Internos.

PARÂMETRO	VALOR
<b>Consumo legítimo</b>	<b>0,34 L/hora por habitante</b>
<b>Vazamentos internos nas instalações dos usuários pressurizadas diretamente pela rede</b>	<b>0,50 L/hora por ramal pressurizado</b>

Fonte: Série Balanço Hídrico – AESBE (2015).

#### 2.4.1.1 Fator Noite – Dia

Melato (2010) aborda que o Fator Noite – Dia (FND) é um número, dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos (a partir da VMN) resulta no volume médio diário de vazamentos, ou seja, nas perdas reais médias.

O valor de FND em geral é menor que 24 h/dia em setores com abastecimento por gravidade partindo de reservatórios de distribuição sem nenhuma interferência operacional; e maior que 24 h/dia em setores onde exista o gerenciamento de pressão, através de bombeamento ou válvulas redutoras de pressão. Nesses casos, as pressões máximas podem ocorrer em períodos diferentes das 3h às 4h (MELATO, 2010, p.55).

O FND é obtido pelo somatório da relação entre a pressão média horária e a pressão média na hora em que ocorre a VMN. Esse valor é elevado a um coeficiente (N1) que, segundo Bezerra e Cheung (2013, p. 122):

Os valores obtidos para o coeficiente N1 oscilam entre 0,5 e 1,5, mas ocasionalmente alguns valores são acima de 1,5. Um modo prático de avaliar o volume de vazamentos em setores de abastecimento é assumir uma linearidade entre a pressão e a vazão, ou seja,  $N1 = 1$ , onde geralmente se obtém valores próximos aos reais. Todavia, sempre que possível, o coeficiente deve ser determinado in loco.

O coeficiente N1 funciona como um fator de escala para toda a rede, que varia conforme a composição dos materiais utilizados na infraestrutura do sistema (AESBE, 2015). Conforme adaptação do Guia Prático para método direto de quantificação de perdas reais em sistemas de abastecimento da AESBE, N1 pode assumir os seguintes valores:

- $N1 = 0,5$  para tubulações metálicas

- $N1 = 1,5$  para pequenos vazamentos em juntas e conexões (vazamentos inerentes)
- $N1 = 2,5$  para casos de rupturas longitudinais em tubulações de plástico
- $N1$  entre 1 e 1,15 = para sistemas com uma mescla de materiais

A partir do FND, é possível obter o Volume diário das perdas reais.

#### 2.4.1.2 Fator de Pesquisa

O Fator de Pesquisa (FP) pode ser entendido como um parâmetro que tem como característica apontar possíveis problemas operacionais no abastecimento de água, sendo determinado a partir da relação entre vazão mínima noturna e a vazão média diária (GONÇALVES; ALVIM, 2007 *apud* AGUIAR, 2020, p. 25).

No que concerne ao FP, quanto mais ele tender para 1, maior a possibilidade de ocorrência de vazamentos e necessidade de trabalhos de pesquisa acústica. Em geral, se o FP for maior 0,30, o setor estudado contém vazamentos que são economicamente detectáveis (QUEIROZ, 2016, p. 26). O comportamento do Fator de Pesquisa pode indicar possíveis problemas operacionais nos sistemas de distribuição de água.

De acordo com Novaes e Bressani (2009), quanto maior a magnitude do valor do FP significa que as vazões mínimas noturnas se aproximam da vazão média, enquanto que valores baixos indicam que a vazão mínima noturna é bem inferior à vazão média. Valores altos para o FP demonstram o potencial de vazamentos não visíveis, o que exige a implementação de trabalhos de pesquisa acústica para detectar os vazamentos. Já valores baixos, apontam que o comportamento das vazões não exige trabalhos de pesquisa acústica imediatos (NOVAES; BRESSANI, 2009).

#### 2.4.2 Método do Balanço Hídrico

A Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE, 2015, p.

11) explica que:

Os balanços hídricos são “balanços de massa” feitos com dados anuais, comerciais e operacionais, de uma mesma base física e temporal. Permitem a obtenção indireta dos volumes perdidos em vazamentos, chamados de perdas reais de água. O volume de perdas reais, de per si, é uma medida da ineficiência da infraestrutura do sistema, daí a necessidade de que os volumes correspondam a volumes reais e não àqueles porventura decorrentes de regras comerciais de negócio.

Essa técnica é conhecida como análise top down, ou seja, de cima para baixo. Na aplicação do Método do Balanço Hídrico é fundamental entender que o SAA “é visto pela perspectiva da infraestrutura, dando a possibilidade da geração de indicadores adequados para a avaliação do fenômeno das perdas de água” (AESBE, 2015).

Com esse método é possível obter, indiretamente, o volume de água perdido em vazamentos, que abrangem as perdas reais, através da estimação dos volumes das perdas aparentes. O valor das perdas reais pode ser obtido pela subtração dos volumes de consumo autorizado e perdas aparentes, do volume de entrada de água no sistema. Consoante a Bezerra e Cheung (2013):

Uma gestão eficiente, em qualquer empresa, é realizada com base em registros confiáveis da produção e das transações realizadas para o fornecimento do produto. O balanço hídrico tem exatamente esta função nas empresas de saneamento, estimar os volumes consumidos nas diversas etapas do fornecimento de água, ou seja, controla o fluxo de água desde entrada do sistema, passando pela rede de distribuição de água, até o ponto de consumo dos usuários.

Este método permite avaliar os fluxos, usos e as perdas de água, sendo uma importante ferramenta de gestão, calculando-se com maior precisão os indicadores de desempenho dos sistemas a partir de informações obtidas pelo método do balanço hídrico (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

A Figura 12 demonstra o fluxograma para avaliação das perdas de água pela técnica do balanço hídrico da *International Water Association* (IWA).

Figura 12 – Fluxograma do balanço hídrico da IWA.



Fonte: AESBE (2015, p. 15).

No Guia Prático para quantificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho operacional da AESBE (2015), os autores discorrem que:

Antes do surgimento desta técnica, as perdas eram geralmente vistas de forma agregada, sem diferenciação de perdas reais e perdas aparentes. A possibilidade de separar os tipos de perdas representou um salto enorme no gerenciamento operacional dos sistemas, uma vez que estes dois tipos de perdas possuem natureza profundamente diferentes e, portanto, ensejam estratégias de combate igualmente muito distintas tanto em recursos técnicos, quanto em custo e resultados econômicos.

Por intermédio do que foi citado anteriormente, pode-se entender a distinção das formas de combater perdas reais e aparentes, da seguinte maneira, conforme é abordado pela AESBE (2015, p. 17):

Nas perdas aparentes, a água é entregue aos usuários, sem que a companhia consiga registrá-la. Deste ponto de vista, representa uma ineficiência do aparato de comercialização dos serviços e não da infraestrutura do sistema, que cumpriu sua função de entregar água aos cidadãos. Nas perdas reais a água é perdida em vazamentos antes que adentre as instalações dos usuários, representando uma ineficiência da infraestrutura do sistema.

Mediante a avaliação das perdas, podem ser planejadas ações para estimá-las,

adotando-se métodos adequados para diminuir o volume perdido de acordo com sua tipologia. Por exemplo, para as perdas comerciais, o cadastro adequado de unidades consumidoras e o correto dimensionamento das ligações, são ações que se bem planejadas, contribuem para diminuir essa perda. De outro modo, para obter um eficaz combate às perdas físicas necessita-se: velocidade no reparo dos vazamentos; controle ativo das perdas; controle da pressão na rede; e, mais importante, planejamento e Gestão do Sistema de Distribuição (ROSSIGNEUX, 2005 *apud* VINCIGUERA, 2009, p. 16).

O Quadro 9 exemplifica a separação dos volumes de água produzidos e/ou disponibilizados, em perdas reais e físicas, bem como os consumos autorizados e não autorizados.

Quadro 9 – Divisão dos volumes de água produzidos ou disponibilizados.

<b>VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO</b>	<b>CONSUMOS AUTORIZADOS</b>	<b>Consumos Autorizados Faturados</b>	Consumos medidos faturados (inclui água exportada)	<b>ÁGUAS FATURADAS</b>
			Consumos não medidos faturados (estimados)	
	<b>Consumos Autorizados Não Faturados</b>	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)	<b>ÁGUAS NÃO FATURADAS</b>	
		Consumos não medidos não faturados (combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares)		
	<b>PERDAS</b>	<b>Perdas Aparentes (Comerciais)</b>		Consumos não autorizados (fraudes)
				Falhas do sistema comercial
Submedição dos hidrômetros				
<b>Perdas Reais (Físicas)</b>		Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição		
		Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos		

Fonte: Alegre *et al.* (2006) *apud* ABES (2015).

Bezerra e Cheung (2013) definem os termos do Balanço Hídrico como:

- **Volume de entrada no sistema:** somatório dos volumes referente às fontes (superficial e/ou subterrâneo) somada ao volume de água importada;
- **Consumo autorizado:** volume de água medido e/ou não medido utilizado por consumidores cadastrados, somado com os volumes que são implicitamente ou explicitamente autorizados pela empresa. Inclui-se também o volume de combate a incêndio, abastecimento de caminhões pipas etc. Alguns desses consumos podem ser faturados ou não;
- **Perdas aparentes:** volume de água consumido, mas que não é contabilizado pela prestadora, ou seja, é o que não foi “fisicamente perdido”, mas não gerou receita. As perdas aparentes são causadas por ligações clandestinas, roubo ou uso ilegal, fraudes nos hidrômetros, erros de leituras dos hidrômetros e falhas no cadastro comercial;
- **Perdas reais:** volume efetivamente perdido no sistema. As perdas reais são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e nas redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, nos extravasamentos de reservatórios etc.;
- **Consumo faturado medido:** volume de água anual que gera receita para a prestadora e corresponde ao somatório dos valores arrecadados nas contas de água emitidas. É composto pelo volume medido nos hidrômetros. Este volume não pode ser calculado diretamente com base no volume faturado pelo setor comercial, porque o volume faturado inclui o volume da tarifa mínima;
- **Consumo faturado não medido:** volume estimado pelas companhias, relativo à economia onde não há hidrômetro, seja o consumidor de baixa renda ou não. Neste caso, em algumas companhias, cobra-se o volume de 10 m<sup>3</sup> mensais. A receita da empresa advém da soma das cobranças relativas aos consumos faturados medidos e não medidos;
- **Consumo não faturado medido:** consumo destinado aos clientes que a empresa dispensa o pagamento da conta de água mais o consumo interno medido da companhia (por exemplo, lavagem de filtros da ETA);
- **Consumo não faturado não medido:** consumo destinado aos consumidores que a empresa dispensa o pagamento da fatura e o volume não é medido (por exemplo, água para combater incêndio). Para um levantamento eficiente do balanço hídrico é necessária a medição do consumo autorizado não faturado por meio da instalação de hidrômetros em locais cujos consumos são autorizados. No atendimento gratuito a comunidades de baixa renda deve-se considerar este volume fornecido como consumo autorizado não faturado;

- **Uso não autorizado:** volume que não produz receita. Neste volume, incluem-se as ligações clandestinas, as fraudes etc.;
- **Erros de medição:** volume de submedição decorrente do erro de medição dos hidrômetros, que pode ser causado por falhas de fabricação, dimensionamento inadequado, instalação incorreta etc.;
- **Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição:** volume de vazamentos que ocorre ao longo das adutoras e redes de distribuição. Nesse grupo, encontram-se as ocorrências de grande intensidade;
- **Vazamentos e extravasamentos em reservatórios:** volume de vazamentos decorrentes do extravasamento de reservatórios;
- **Vazamentos em ramais prediais:** volume de vazamentos que ocorre entre o colar de tomada e o cavalete residencial. As principais causas devem-se à instalação inadequada, à qualidade de material, às pressões atuantes e/ou à movimentação do solo.

Para o componente Consumo Autorizado Não Faturado (CANF), o Guia Prático para Quantificação de Balanços Hídricos e Indicadores de Desempenho Operacional da AESBE aborda que, pela falta de estudos sistemáticos, na ausência de levantamentos específicos sérios para o CANF, não deve ser utilizado mais que 0,5% do Volume de Entrada (AESBE, 2015).

### 2.4.3 Indicadores de Desempenho

No setor do saneamento, indicador de desempenho (ID) é uma medida quantitativa da eficiência e da eficácia de uma entidade gestora relativamente a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas (ALEGRE *et al.*, 2000 *apud* VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M, 2013). É uma ferramenta avaliativa das perdas de água que permite assegurar a sustentabilidade econômico-financeira das empresas responsáveis pela distribuição de água potável, através dos resultados obtidos pela avaliação dos indicadores, o que também colabora para que não sejam explorados ainda mais os recursos hídricos.

Segundo a definição da NBR ISO 24512/21012, os Indicadores de Desempenho são utilizados para medir a eficiência e a eficácia de um prestador de serviço em atingir seus objetivos. É importante que os sistemas de indicadores de desempenho sejam considerados como um instrumento essencial para avaliação entre as várias ferramentas existentes, e que sejam utilizados no contexto de um sistema abrangente de avaliação do serviço (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 63).

Os indicadores de desempenho são uma medida de avaliação quantitativa do desempenho das concessionárias, além de ser um instrumento de fiscalização da eficácia e da eficiência de um serviço prestado (MARTENDAL, 2020, p. 48). No controle de perdas em SAAs, constituem uma ferramenta fundamental para demonstrar a eficiência dos serviços prestados pelas concessionárias, bem como indicar a necessidade de melhorias que devem ser praticadas para diminuir o volume de perdas reais e aparentes.

Os indicadores foram desenvolvidos para orientar as empresas envolvidas com a distribuição de água potável, como forma de auxiliar no gerenciamento efetivo do controle de perdas. Os indicadores servem tanto para saber o nível atual das perdas, definirem metas de onde se precisa chegar, bem como medir o desempenho ao longo do tempo, sendo fundamental seu cálculo periódico (SANTOS, 2013, p. 25).

Na formação de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido. São considerados indicadores de controle ou confiabilidade aqueles que permitem avaliar a confiabilidade das informações-chave, mas que não figuram diretamente na composição do indicador estudado (PNCDA, 2003, p. 61).

O PNCDA (2003) considera como informações-chave: Volume Disponibilizado (VD), Volume Utilizado (VU), Volume Faturado (VF), Número de ligações ativas (LA), Número de ligações ativas micromedidas (Lm), Extensão parcial da rede (EP) e Extensão total da rede (ET).

Com os resultados obtidos pela determinação e avaliação das perdas reais e aparentes, os índices de perdas em um Distrito de Medição e Controle (DMC) podem ser analisados através dos indicadores de desempenho propostos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), apresentados na Tabela 1 e explicados nos itens a seguir.

Tabela 1 – Indicadores de Desempenho para avaliação das perdas de água.

INDICADOR DE DESEMPENHO	UNIDADE	REFERÊNCIA
IN009 – Índice de Hidrometração	%	SNIS
IN013 – Índice de Perdas de Faturamento	%	SNIS
IN049 – Índice de Perdas na Distribuição	%	SNIS
IN051 – Índice de Perdas por Ligação	litros/ligação/dia	SNIS

Fonte: Adaptado do SNIS (2020).

#### 2.4.3.1 Índice de Hidrometração (IN009)

Corresponde ao valor percentual da relação entre a quantidade de ligações de água ativas micromedidas e a quantidade de ligações de água ativas. Ligações ativas são aquelas que se encontravam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência da coleta de dados, enquanto que ligações micromedidas são aquelas providas de hidrômetro (SNIS, 2021).

A má gestão do parque de hidrômetros resulta diretamente em queda da receita da companhia, além de impossibilitar o cálculo das perdas reais. Sistemas sem hidrometração ou com medições imprecisas não permitem um bom levantamento do Balanço Hídrico. (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

A hidrometração é imprescindível no levantamento das perdas de água, pois a exatidão da sua medição define o nível de perdas aparentes e de faturamento do sistema, além de possibilitar o cálculo das perdas reais (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 99).

#### 2.4.3.2 Índice de Perdas de Faturamento (IN013)

O índice de perdas de faturamento demonstra a relação entre volume disponibilizado e faturado, compondo as perdas físicas e não físicas que incorporam volumes utilizados que não são cobrados como o volume operacional, além do que é perdido com os desvios de medição (VIÉGAS, 2009).

Os indicadores IN009 e IN013 possuem relação, pois o nível de hidrometração influencia no índice de perdas de faturamento.

As vantagens do monitoramento são inúmeras, mas dentre elas destacam-se o total controle das informações de consumo e do funcionamento dos hidrômetros, o que pode evitar perdas de faturamento de grande significância em casos de travamento ou intervenção não autorizada no medidor (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 100).

O Painel de Indicadores do SNIS (2020), informa que a média da região sul para o IN013 é de 35,73% e, para Santa Catarina é de 30,94%. Este índice é um balanço econômico que baliza as perdas pelo seu potencial retorno em capital (CARVALHO *et al.*, sem data). O índice de perdas de faturamento é indicador fundamental, que demonstra o quanto as operadoras dos sistemas de abastecimento de água são eficientes, em relação aos volumes que são produzidos e faturados.

A significância do índice do faturamento de água, correspondente ao quantitativo da água produzida faturada, justifica-se ao considerar que à medida que se fatura maior volume, menor será a necessidade de produção excessiva, por economia, para compensação do volume despendido nas perdas e nas ligações clandestinas (HAMDAN; LIBÂNIO; COSTA, 2019).

#### 2.4.3.3 Índice de Perdas na Distribuição (IN049)

O Índice de Perdas na Distribuição (IN049) relaciona o volume de água tratada importado, ou seja, o volume disponibilizado, com o volume consumido.

É considerado um indicador básico e não pode ser aplicado para fins operacionais. A água que é disponibilizada e não é utilizada, constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto de perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição. Os volumes disponibilizados e utilizados são anuais (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 73).

Sobre o IN049, sua avaliação é importante para análise do desempenho das empresas de saneamento em relação aos volumes de água perdidos durante sua distribuição, sendo um indicador importante para os processos de acompanhamento dos níveis de perdas.

#### 2.4.3.4 Índice de Perdas por Ligação (IN051)

Este indicador procura aferir a média das perdas volumétricas, expressa em termos de L/ligação/dia (TRATA BRASIL, 2021, p. 48).

Para Bezerra e Cheung (2013, p. 75), o Índice de Perdas por Ligação relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas. Este também é um indicador volumétrico de desempenho, e as magnitudes obtidas neste indicador incorporam as perdas reais e aparentes.

O índice de perdas por ligação (IN051) possui maior relação com a eficiência operacional, porque a maior parte das perdas reais e aparentes de longa duração ocorrem em ramais de distribuição (SNIS, 2021).

#### 2.4.3.5 Perdas Reais Inevitáveis (PRI)

De acordo com Gonçalves e Alvim (2007, p. 64), as Perdas Reais Inevitáveis “expressam a perda mínima desejável para um sistema, considerando as perdas ideais por

ligação e por extensão de rede a uma dada pressão. Ou seja, a partir das características de cada sistema, podem-se calcular as perdas reais inevitáveis específicas do mesmo”.

A ABES (2015, p. 93) define a PRI como o “nível de perdas a partir do qual é impossível reduzir, por limitações eminentemente técnicas ou tecnológicas nos dias presentes”. Para calcular o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) é necessário, primeiro, obter o valor para as Perdas Reais Inevitáveis (PRI).

Para compor o cálculo da PRI, é preciso obter a pressão no ponto médio da área de estudo, pois de acordo com SNIS (2018, p. 29), “é o ponto que representa a pressão média de abastecimento do DMC”. Existem diferentes metodologias para se obter a pressão no ponto médio de um DMC (como explicado no item 2.3.1.1).

Pode-se definir pressão média como aquela que se obtém em um ponto médio da superfície piezométrica do setor. Assim como existem isolinhas de cota topográfica, pode-se imaginar, também, isolinhas de pressão em um sistema. Em um modelo hidráulico calibrado, as isolinhas de pressão no sistema podem ser mostradas graficamente (SNIS, 2018, p. 29).

#### 2.4.3.6 Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI)

Acerca do Índice de Vazamentos da Infraestrutura (IVI), este trata-se de um indicador de desempenho adimensional que analisa a gestão da infraestrutura para fins de controle de perdas reais, que pode ser utilizado para comparação de sistemas diferentes (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 77). É calculado pela relação entre as perdas reais que ocorrem no sistema e as perdas mínimas inevitáveis que deveriam ocorrer nesse sistema. Ou seja, expressa o quanto o SAA está próximo ou distante de uma possível condição ideal da sua infraestrutura” (GONÇALVES; ALVIM, 2007, p. 19).

O IVI corresponde a relação entre o volume de perdas reais e o volume de perdas reais inevitáveis para o sistema em questão (base anual); traduz o quanto o sistema está distante do volume de perdas que é, tecnicamente, possível de ser atingido (TARDELLI, 2015, p. 10).

#### 2.4.4 Matriz de Avaliação de perdas do Banco Mundial

O Banco Mundial desenvolveu uma matriz para avaliação das perdas reais em sistemas de abastecimento.

Com a finalidade de sinalizar às companhias de saneamento a sua situação frente às Perdas Reais, em função do nível de desenvolvimento do país e das pressões médias reinantes, o Banco Internacional de Desenvolvimento e Reconstrução – BIRD propôs um sistema de bandas (em termos de IVI e indicador em L/ligação.dia), em que o nível mais elevado (A) pode ser utilizado como uma meta inicial e, gradativamente, ao se atingir tal meta, reavaliar e buscar novos desafios posteriormente (ABES, 2015, p. 51).

Essa ferramenta classifica os sistemas em categorias de desempenho técnico, que leva em conta o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI), a pressão média a que o sistema está submetido e as perdas reais expressas em L/ramal/dia (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

O Quadro 10 apresenta as categorias de desempenho propostas pelo Banco Mundial.

Quadro 10 – Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial.

Categorias de Desempenho Técnico		IVI	Litros/ramal/dia (quando o sistema está pressurizado) a uma pressão de:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países não desenvolvidos	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
Retornar para indicadores	A	Redução adicional de perda pode não ser econômica, a menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises 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 melhor 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 vazamento					
	D	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário					

Fonte: Banco Mundial (*apud* Ministério das Cidades, 2018).

Em função da classificação nas categorias de desempenho técnico, são sugeridas de uma forma generalista as recomendações de ações a serem tomadas pelos prestadores de serviços (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018), apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Recomendações em função das Categorias de Desempenho Técnico.

RECOMENDAÇÕES DO BANCO MUNDIAL	A	B	C	D
Investigação das opções de melhoria do gerenciamento de pressão	SIM	SIM	SIM	
Investigação das possibilidades de melhoria da rapidez e qualidade dos reparos	SIM	SIM	SIM	
Revisão da frequência econômica de intervenções	SIM	SIM		
Introdução/melhoria do controle ativo de vazamentos	SIM	SIM	SIM	
Identificação de opções para melhorar os procedimentos de manutenção		SIM	SIM	
Avaliação do nível econômico de vazamentos	SIM	SIM		
Revisão das frequências de arrebentamentos		SIM	SIM	
Revisão das políticas de gerenciamento de ativos		SIM	SIM	SIM
Redução das deficiências de mão de obra, treinamento e comunicações			SIM	SIM
Planejamento quinquenal para alcançar melhor enquadramento nas categorias de desempenho			SIM	SIM
Revisão geral de todas as atividades e procedimentos				SIM

Fonte: Lambert, 2008 (*apud* Ministério das Cidades, 2018).

A matriz desenvolvida pelo Banco Mundial é uma ferramenta que auxilia as empresas de saneamento nas categorizações dos SAAs, norteando sobre as ações para melhoria dos serviços prestados.

## 2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Dependendo da topografia de uma cidade, pode ser necessário instalar bombeamentos para recalcar a água tratada para locais mais altos. Com isso, os gastos com energia elétrica para operação dos sistemas de distribuição podem ser elevados. Conforme Campos (2017, p. VI), cerca de 90% das despesas com energia elétrica das empresas de saneamento são provenientes de motores elétricos utilizados em estações elevatórias de água. Assim, existe a necessidade de otimizar os custos operacionais dos bombeamentos em SAAs.

Com a utilização de softwares para simulação hidráulica, pode-se otimizar as pressões fornecidas para atendimento de localidades com topografia elevada, reduzindo os volumes de vazamentos e conseqüentemente as perdas de água, e o consumo de energia elétrica. Softwares desenvolvidos para simulação hidráulica, como o Epanet, podem auxiliar na elaboração de diferentes cenários de pressão e vazão nos sistemas. O EPANET é de fácil obtenção, instalação

e utilização, e tem sido amplamente utilizado para a simulação e otimização de redes de distribuição de água (MARTINS, 2018).

Klingel e Knobloch (2011 *apud* SOUZA JÚNIOR, 2014) citam que a partir da elaboração dos modelos de redes hidráulicas podem ser realizadas intervenções nos SAAs, como a definição de limites e gestão de pressão em DMC's, verificação da capacidade de vazão do sistema, detecção de deficiências no abastecimento e qualidade da água, e análise de vulnerabilidade do sistema, segurança do abastecimento e resposta a emergências.

A aplicação de softwares para realizar a simulação hidráulica, associada a avaliação financeira, permite que as empresas de saneamento elenquem suas prioridades, subsidiando a tomada de decisão de maneira a melhorar a operação da rede (MARTINS, 2018).

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

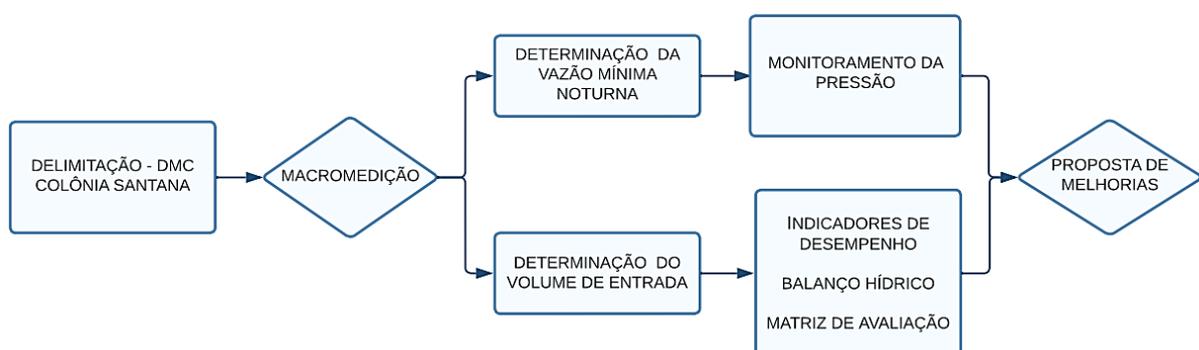
Esse trabalho se caracteriza como um estudo de caso, baseando-se em uma pesquisa descritiva e explicativa, com aplicação de métodos para análise das perdas de água no Distrito de Medição e Controle (DMC) Colônia Santana, gerenciado pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Efetuiu-se uma avaliação das perdas de água existentes no período de março de 2021 a março de 2022, através da escolha da área de concentração dos estudos, levantamento dos dados necessários para aplicação da metodologia adotada, avaliação de uma Vazão Mínima Noturna (VMN) ideal, elaboração do Balanço Hídrico, avaliação dos Indicadores de Desempenho, composição da Matriz de Avaliação do Banco Mundial e indicação de melhorias para o aperfeiçoamento do controle das perdas de água no DMC Colônia Santana.

Com a delimitação da área de estudo e com base em pesquisa bibliográfica, realizou-se a determinação das perdas reais e perdas aparentes. Com o DMC definido, obtiveram-se os dados cadastrais e operacionais, através dos sistemas operacionais e comerciais disponibilizados pela concessionária, como a Base de Dados Operacional (BADOP), Sistema de Informações Geográficas (GIS), Sistema Comercial Integrado (SCI), dentre outros, explicados no item 3.1.

A Figura 13 demonstra o fluxograma das atividades efetuadas para elaborar o estudo.

Figura 13 – Fluxograma de elaboração do estudo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

#### Delimitação da área de estudo

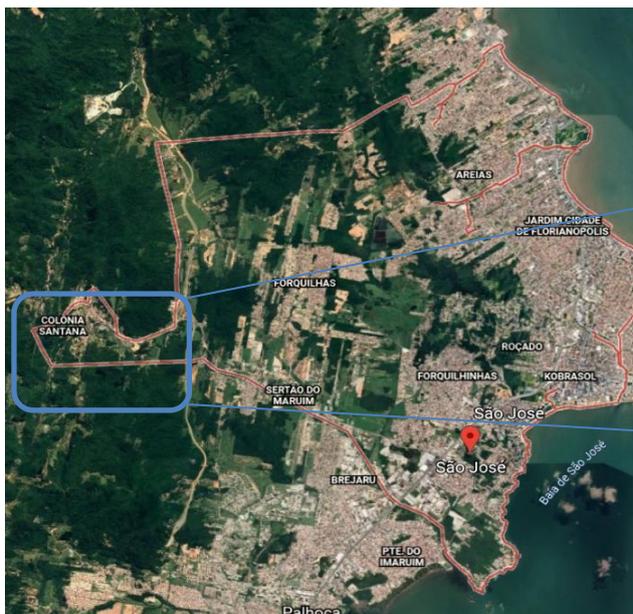
Atualmente, o bairro Colônia Santana é o único Distrito de Medição e Controle (DMC) do sistema de abastecimento de água do município de São José/SC. Sua delimitação se dá pela

existência de um bombeamento no início do distrito, e pelas características topográficas da região.

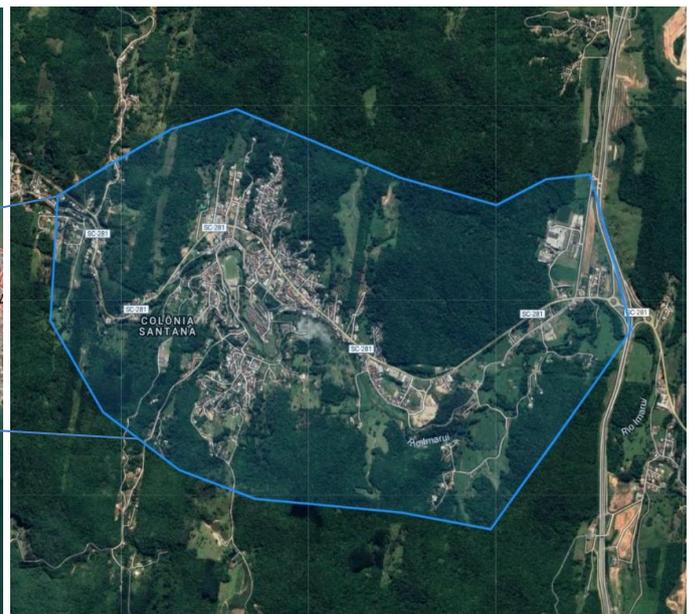
O bairro está localizado a oeste do município de São José, conforme a Figura 14, e fica a aproximadamente 25 km do centro de Florianópolis. Até 2020 possuía sistema de abastecimento próprio, com captação no Córrego Colônia (AGESAN, 2015) e tratamento realizados pela CASAN, que abastecia os moradores da região. Porém, pelos problemas ocasionados pela estiagem nesse SAA independente, em 2020 foram efetuadas melhorias pela Superintendência Regional Metropolitana, Gerência Operacional (SRM/GOPS), para integrar o bairro Colônia Santana ao Sistema Integrado da Grande Florianópolis (SIF), sendo o mesmo abastecido através de bombeamento instalado na entrada do bairro.

A Figura 14 apresenta a localização do DMC Colônia Santana.

Figura 14 – Localização do DMC Colônia Santana no município de São José.



Fonte: Google Earth (2021).



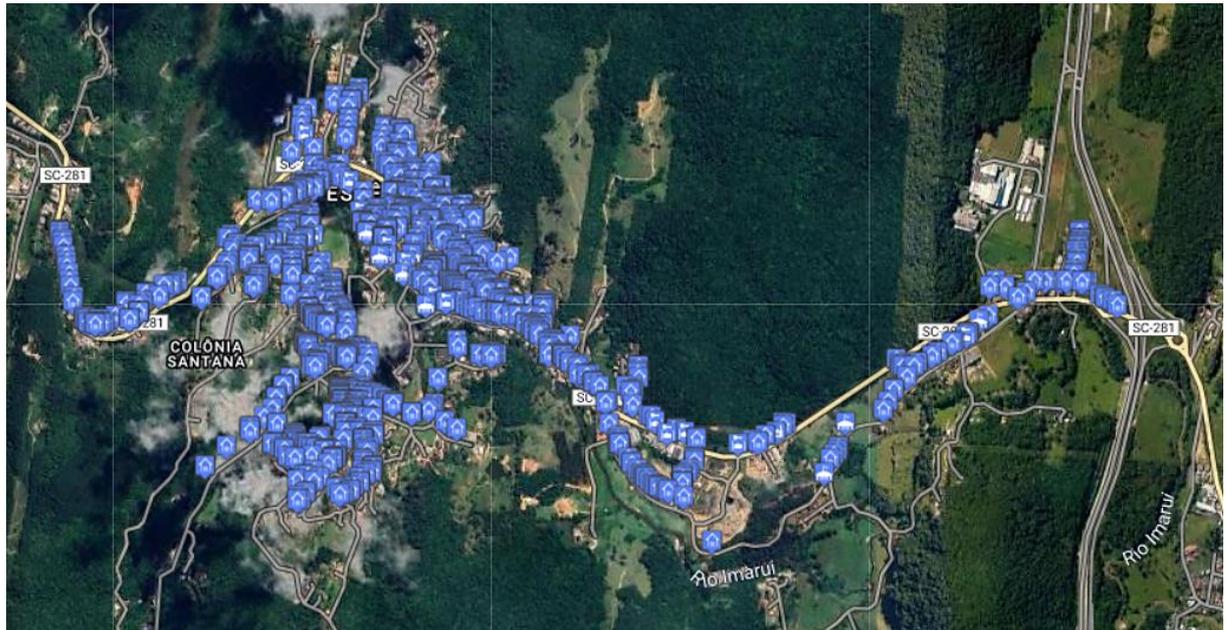
Fonte: Sistema Domo CASAN (2021).

O bairro possui uma população de 3.515 habitantes, de acordo com o Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), e é conhecido pelo Instituto de Psiquiatria de Santa Catarina, que é popularmente conhecido como Hospital Colônia Santana.

Com apoio do Sistema de Informações Geográficas (GIS), foi possível obter o número de unidades consumidoras e economias da área de estudo. Há 946 unidades consumidoras atendidas pela Concessionária no DMC, com 1.159 economias.

A Figura 15 demonstra a visualização das unidades na área de pesquisa.

Figura 15 – Unidades Consumidoras do DMC Colônia Santana.



Fonte: Sistema Domo CASAN (2021).

O Sistema GIS deu suporte também na visualização dos dados de volumes medidos e faturados, para composição da avaliação dos Indicadores de Desempenho e do Balanço Hídrico.

Na sequência da escolha e delimitação do DMC, foram obtidos os dados a partir da macromedição nos *Data Points* específicos do Sistema Supervisório, para avaliação da Vazão Mínima Noturna (VMN) e do Volume de Entrada do DMC Colônia Santana. A elaboração dos Indicadores de Desempenho e do Balanço Hídrico foi efetuada com os dados do Volume de Entrada.

### **Monitoramento das pressões nos pontos crítico e médio**

Após análise da VMN, a pressão no DMC Colônia Santana foi medida em dois pontos, o ponto crítico e o ponto médio, para realizar os cálculos do Fator Noite-Dia (FND), do Volume Diário de Perdas Reais, e os demais cálculos relacionados.

Com o monitoramento foi possível verificar que as pressões no ponto crítico e médio, não correspondem às pressões mínima e máxima estabelecidas pela NBR 12.218 (ABNT, 2017):

## **Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho**

O Balanço Hídrico foi elaborado a partir da verificação dos dados provenientes do *DataPoint* Reservatório Colônia Santana Volume Acumulado, com o objetivo de verificar os volumes de entradas de água tratada no DMC. Em relação aos dados de volume consumido e faturado, número de ligações ativas, número de economias etc, estes foram obtidos a partir dos dados provenientes do Sistema DOMO, e também foram utilizados para composição dos Indicadores de Desempenho.

Para obter os volumes das perdas reais, das perdas aparentes, das submedições e os volumes de fraudes e falhas no sistema comercial, primeiro calculou-se as Perdas Reais Inevitáveis (PRI), o Consumo Mínimo Noturno (Cm) e o Volume de Perdas Totais. Na sequência, calcularam-se o e o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) e a VMN esperada (Vazão Mínima Noturna ideal para o DMC Colônia Santana).

## **Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial**

Com os dados do DMC Colônia Santana, como número de habitantes e comprimento da rede de distribuição, volume de perdas, pressão média, dentre outros, elaborou-se a Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial, considerando o Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI) a alcançar na faixa de 1 a 4, na categoria A.

## **Avaliação da situação do parque de hidrômetros**

O levantamento da situação do parque de hidrômetros do DMC Colônia Santana, foi efetuado através do software HidroLupa. Com base nesse sistema, foi possível analisar e quantificar os hidrômetros de acordo com os critérios adotados pela CASAN para substituição dos micromedidores (conforme é apresentado no item 4.4.1).

## **Ações para melhorias do sistema de abastecimento do DMC Colônia Santana**

Por último, foram propostas melhorias a serem aplicadas no DMC em questão, para contribuir com a diminuição das perdas aparentes e físicas, de acordo com os principais problemas identificados no local de estudo: gestão de pressão, redes despadronizadas, vazamentos ocultos, substituição de hidrômetros e controle de fraudes.

### 3.1 SISTEMAS OPERACIONAIS E COMERCIAIS DISPONIBILIZADOS PELA CASAN

A CASAN dispõe de softwares desenvolvidos para auxiliar as atividades realizadas na Companhia. Essas ferramentas otimizam o tempo de trabalho dos funcionários, propiciando uma análise mais rápida das demandas dos serviços de manutenção, visualização das unidades consumidoras, avaliação dos indicadores de desempenho, dentre outras atividades.

Além da utilização dos softwares computacionais, aparelhos dataloggers foram utilizados para registro das pressões nos pontos estratégicos (crítico e médio) do DMC.

#### 3.1.1 BANCO DE DADOS OPERACIONAIS (BADOP)

O Banco de Dados Operacionais (BADOP), é um programa desenvolvido para registro dos dados operacionais e cálculo dos indicadores de desempenho, responsável pela compilação de dados referentes à operação dos sistemas de água e esgoto da CASAN (MANUAL BADOP ÁGUA, 2022). É através do BADOP que a CASAN realiza a avaliação dos Indicadores de Desempenho e Balanço Hídrico dos municípios atendidos pela companhia.

#### 3.1.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS)

O Sistema de Informações Geográficas (GIS) da CASAN, auxilia na verificação de unidades consumidoras em determinado local, a partir da delimitação da área desejada. De acordo com CASAN (2022):

O GIS tem como objetivo solucionar problemas de localização de clientes em mapas cadastrais da CASAN, cujo acervo hoje é composto de: 50% em solução Autocad e 50% em solução desenhada a mão (cartelas) (...). O sistema visa disponibilizar o acesso aos colaboradores da empresa pela Intranet, das informações constantes nos mapas de cadastrado comercial, substituindo gradativamente o acervo dos mapas em papel e até Autocad, além de permitir o cadastro de novas informações como Áreas de Preservação Permanente, redes de distribuição de água e captação de esgoto, reservatórios, entre outras informações que se tornarem necessárias.

Através do GIS CASAN, é possível a verificação de todas as unidades existentes em uma determinada região de modo que, observando o tipo de atendimento de cada unidade, pode-se averiguar uma provável situação de ausência de faturamento (CASAN, 2022).

### 3.1.3 SISTEMA COMERCIAL INTEGRADO (SCI)

De acordo com a CASAN, o SCI (Sistema Comercial Integrado) tem como objetivo coordenar os processos comerciais da companhia, sempre mantendo atualizadas e estruturadas todas as informações sobre unidades de consumo, operacionais, clientes, leituras, faturas, serviços e ciclo comercial.

É a partir do SCI que são geradas as Autorizações de Serviços (AS) para as manutenções das estruturas do SAA, como cavaletes, ramais, redes, para verificação de irregularidades, faltas de água, etc. A ferramenta permite verificar a demanda de serviços por códigos e também por município atendido pela CASAN, sendo possível gerar relatórios dos serviços executados.

### 3.1.4 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O Sistema Supervisório ScadaBR permite acionamento ou desligamento de bombas via computador do gestor, monitoramento constante de níveis de reservatórios, vazões nos macromedidores, falhas elétricas, pressões em saídas e entradas de bombeamentos ou em pontos estratégicos (CASAN, s.d.). Com este sistema é possível realizar o monitoramento computadorizado e remoto das unidades de captação, tratamento e distribuição de água (CASAN, 2019).

### 3.1.5 HIDROLUPA

Utilizado para o efetivo controle e gerenciamento do Parque de Hidrometria e Micromedição. Essencial para o adequado diagnóstico de quais ligações de água devem ser substituído o hidrômetro, evitando assim a submedição e conseqüentemente perdas comerciais (CASAN, 2015).

O planejamento de renovação do parque de hidrômetros é controlado por meio do Software Hidrolupa, desenvolvido pela equipe de Tecnologia da Informação da própria Companhia. O software permite uma visão global do status do parque de hidrometria, faz um checkup através da idade dos hidrômetros, totalização, volumes registrados e comparativos históricos. Por meio de critérios técnicos de medição, permite identificar quais hidrômetros têm prioridade para renovação. (CASAN, 2021).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

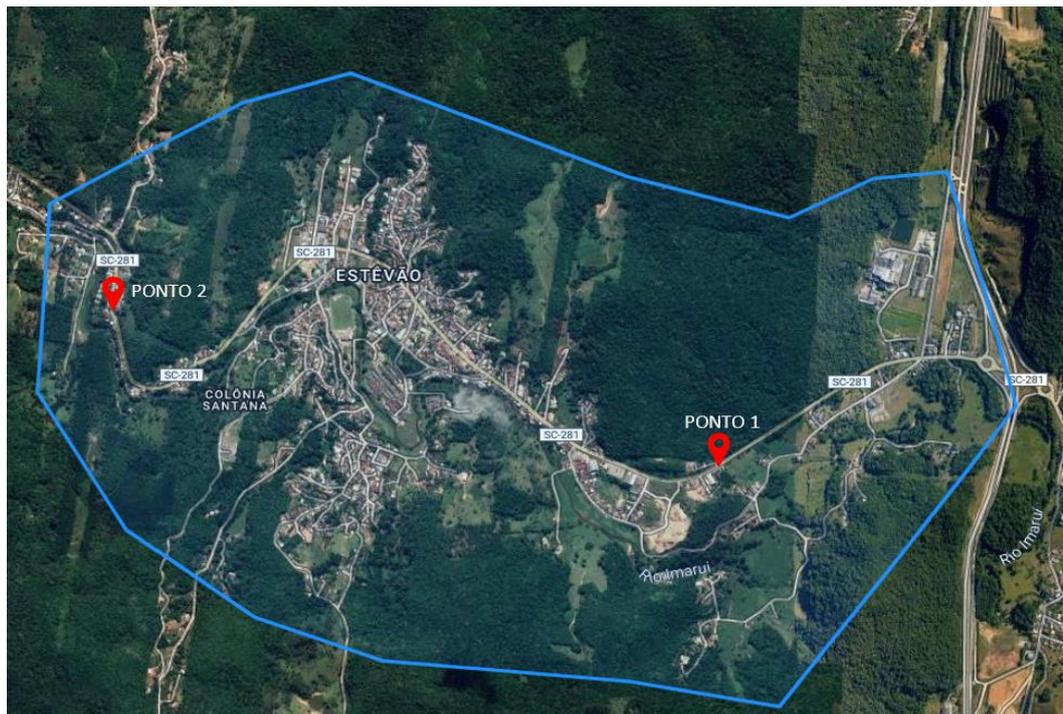
### 4.1 MEDIÇÃO DE PRESSÃO

A medição de pressão foi executada em dois locais do DMC Colônia Santana, em um ponto de cota mais alta (ponto crítico) e outro ponto de cota média, entre a cota do reservatório e a cota do ponto mais baixo (adotado como ponto médio do DMC), para efetuar os cálculos relacionados à Perda Real Inevitável (PRI), ao Fator Noite – Dia (FND) e os demais.

Realizaram-se visitas a campo para instalação dos aparelhos dataloggers, que efetuaram as medições durante um período de 24 horas. Os medidores foram instalados em dois cavaletes, primeiramente, no dia 31 de março de 2022. Entretanto, neste dia uma das redes que atendem ao DMC foi rompida durante obra de repavimentação asfáltica efetuada pela Prefeitura do município. O abastecimento precisou ser interrompido para execução do conserto de rede, interferindo na medição de pressão. Portanto, no dia 19 de abril de 2022, os dataloggers foram novamente instalados para verificar a pressão nos pontos escolhidos no DMC.

As Figuras 16 e 17 mostram os locais selecionados para efetuar as medições, e os cavaletes com o aparelho datalogger instalado. Foram escolhidos abrigos no padrão da Concessionária, para que os medidores ficassem mais seguros e protegidos.

Figura 16 – Locais de instalação dos aparelhos dataloggers.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 17 – Locais de instalação dos aparelhos dataloggers.



Fonte: Autora, 2022.

O ponto 2, escolhido como o ponto crítico do DMC Colônia Santana, está localizado há uma distância de, aproximadamente, 3,80 km (3.799,70 m Google Earth) do início do DMC, com uma altitude de 100 metros.

Selecionou-se o ponto 1 (ponto médio) a partir da determinação da cota do reservatório que atende o DMC Colônia Santana (100 metros), e a cota do ponto mais baixo (15 metros). Adotou-se para o ponto médio o valor da diferença entre a cota do reservatório e do ponto mais baixo, dividido por dois. Dessa forma, encontrou-se a cota mediana de 42,50 metros.

Essa ação também teve por finalidade verificar, em um período mínimo de 24 horas, a variação da pressão no ponto mais alto e no ponto médio do DMC da Colônia Santana, para composição dos cálculos da Perda Real Inevitável (PRI) e Fator Noite – Dia (FND).

Com a pressão média verificada no Ponto 1 (ponto médio), a Perda Real Inevitável (PRI) foi obtida com aplicação da Equação 1 (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

$$PRI = (18 \times EXTrede + 0,80 \times LIG + 25 \times Cramal \times LIG) \times P \quad (1)$$

Os termos da Equação 1 significam, respectivamente:

PRI: Perdas Reais Inevitáveis, em litros/dia

EXTrede: extensão da rede de distribuição, em quilômetros (km)

LIG: número de ligações ativas

Cramal: comprimento médio da ligação desde a divisa do terreno até o hidrômetro, em quilômetros (km)

P: valor da pressão média do setor, em metros de coluna d'água (mca)

A partir do cadastro de redes e do Sistema DOMO da CASAN, foram obtidos os valores para os termos EXTrede e LIG, correspondendo a 16 km e 803 ligações (média), respectivamente. Para o Cramal, adotou-se o valor de 0,0035 km.

O Fator Noite – Dia (FND) foi calculado com emprego da Equação 2 (AESBE, 2015, vol. 6):

$$FND = \sum \left( \frac{P_i}{P_0} \right)^{N_1} \quad (2)$$

Onde:

P<sub>i</sub>, é a pressão média da rede em um horário qualquer do dia;

P<sub>0</sub>, é a pressão média na hora em que ocorre a vazão mínima noturna

N<sub>1</sub>, é o fator de escala na relação pressão – vazamento.

#### 4.2 VAZÃO MÍNIMA NOTURNA (VMN)

A Vazão Mínima Noturna (VMN) foi analisada no período de março de 2021 a março de 2022, via Sistema Supervisório da CASAN. O período de análise compreendeu 365 dias, pois foram excluídos os dias que não tiveram medição ou apresentaram erro. Com o intuito de determinar a VMN, foram gerados relatórios mensais com os dados das vazões máximas, mínimas e médias. A Tabela A, anexada no Apêndice, apresenta os valores diários encontrados para a VMN, durante o período de análise. Os campos sinalizados com as cores cinza e vermelho, representam os dias sem medição ou que apresentaram erros, respectivamente.

No Sistema Supervisório, os relatórios foram gerados a partir do *Data Point* Reservatório Colônia Santana – Vazão Instantânea. Com a utilização de uma planilha modelo no Excel, as vazões máximas, mínimas e médias foram calculadas.

A partir da determinação da Vazão Mínima Noturna (VMN), calculou-se o Fator de Pesquisa através da Equação 3 (GONÇALVES; ALVIM, 2007):

$$FP = \frac{Q_{\text{mínima noturna}}}{Q_{\text{média diária}}} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

*FP*: corresponde ao valor do Fator de Pesquisa [%]

*Q*<sub>mínima noturna</sub> em litros/segundo

*Q*<sub>média diária</sub>, em litros/segundo

Mediante a determinação do valor da Perda Real Inevitável (PRI), a Vazão Mínima Noturna esperada foi definida de acordo com a Equação 4, com o objetivo de identificar a Vazão Mínima Noturna ideal para o DMC Colônia Santana.

$$VMN \text{ esperada} = (IVI \times PRI) + Cmín. \quad (4)$$

Onde os termos representam:

VMN esperada: valor da Vazão Mínima Noturna esperada, em litros por segundo (L/s)

IVI: Índice de Vazamento na Infraestrutura, adimensional

PRI: Perda Real Inevitável, em L/s

Cm: Consumo Mínimo Noturno, em L/s

Com aplicação das Equações 5 e 6, foi possível obter os valores para o Consumo Legítimo e Vazamentos Internos (AESBE, 2015), que somados correspondem ao Consumo Mínimo Noturno (Cmín).

$$Cons. \text{ legítimo} = 0,34 \times \frac{L}{h} \times hab. \quad (5)$$

$$Vaz. \text{ internos} = 0,50 \times \frac{L}{h} \times n^{\circ} \text{ de ligações} \quad (6)$$

Para compor esses cálculos, adotaram-se os valores de 3.165,08 habitantes e 803 ligações (médias para o período analisado), consoante às informações apresentadas na Tabela 8.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água no DMC Colônia Santana foram caracterizadas pelo método do Balanço Hídrico e pela avaliação dos Indicadores de Desempenho.

#### 4.3.1 Balanço Hídrico

A avaliação do Balanço Hídrico baseou-se no Quadro 12 do Guia Prático da AESBE (2015), que demonstra a relação dos componentes.

Quadro 12 – Matriz do Balanço Hídrico.

<b>VOLUME DE ENTRADA</b>	<b>CONSUMO AUTORIZADO</b>	<b>CONSUMO AUTORIZADO FATURADO</b>	<b>VOLUME FATURADO MEDIDO</b>	<b>VOLUME FATURADO</b>
			<b>VOLUME FATURADO NÃO MEDIDO</b>	
		<b>CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO</b>	<b>VOLUME NÃO FATURADO MEDIDO</b>	<b>VOLUME DE ÁGUA NÃO FATURADA</b>
			<b>VOLUME NÃO FATURADO NÃO MEDIDO</b>	
	<b>PERDAS DE ÁGUA</b>	<b>PERDAS APARENTES</b>	<b>SUBMEDIÇÃO</b>	
			<b>CLANDESTINOS / FALHAS DE CADASTRO</b>	
			<b>FRAUDES</b>	
		<b>PERDAS REAIS</b>		

Fonte: Guia Prático – Série Balanço Hídrico (AESBE, 2015).

Para o Volume de Entrada no sistema (VE) foram verificados os dados obtidos a partir do Sistema Supervisório da CASAN, utilizando o *Data Point* Reservatório Colônia Santana Volume Acumulado.

Mediante os dados obtidos pelo Sistema Domo/GIS, foi possível estabelecer o Consumo Autorizado Faturado (CAF).

Como o DMC Colônia Santana possui 100% de hidrometração, a parcela que corresponde ao Volume Faturado Não Medido do Balanço Hídrico é igual a zero.

Para o componente Consumo Autorizado Não Faturado (CANF), adotou-se 0,5% do Volume de Entrada, conforme orienta a AESBE (2015).

O Quadro 13 foi adaptado do Guia Prático da AESBE (2015), e demonstra os elementos que compõe o CANF.

Quadro 13 – Componentes do CANF.

Usos próprios operacionais e administrativos	Descargas de rede de água
	Limpeza de reservatórios
	Esvaziamento e limpeza da rede de água para reparos
	Desobstrução e limpeza de rede de esgotos
	Consumo de áreas administrativas da companhia
	Consumo dos empregados de postos de serviço e unidades operacionais
	Consumo em escritórios comerciais
Usos especiais	Fornecimento para combate a incêndio pelo Corpo de Bombeiros
	Fornecimento compulsório em áreas de assentamento irregular
	Abastecimento de eventos públicos
	Abastecimento por caminhão pipa não faturado
	Abastecimento por chafarizes

Fonte: Adaptado de Série Balanço Hídrico AESBE, 2015.

Para o DMC em questão foram considerados os seguintes componentes para o CANF:

- Descargas de rede/Esvaziamento e limpeza da rede de água para reparos: considerado o valor de 0,5% do volume disponibilizado no período para o DMC Colônia Santana (0,5% do componente AG018). As descargas não foram consideradas, já que o DMC não possui esses dispositivos de rede para limpeza e esvaziamento;
- Limpeza de reservatórios: no período de análise não foram efetuadas limpezas no reservatório da Colônia Santana.

O DMC Colônia Santana possui um reservatório de 200.000 litros, aproximadamente.

A Figura 18 apresenta uma imagem do reservatório que atende ao bairro Colônia Santana.

Figura 18 – Reservatório Colônia Santana.



Fonte: AGESAN, 2015.

No DMC Colônia Santana não foram realizadas desobstruções e limpezas de rede coletora, já que o distrito não é atendido por rede coletora de efluentes.

Para os componentes referentes aos consumos de áreas administrativas, unidades operacionais e escritórios comerciais, estes também não foram considerados, já que a agência da CASAN no bairro Colônia Santana está fechada. Além disso, como o DMC passou a fazer parte do sistema de abastecimento de água SIF (Sistema Integrado da Grande Florianópolis) em 2020, a estação de tratamento existente no terreno onde se localiza o reservatório que atende o distrito, está desativada.

Em relação aos usos especiais, durante o período de análise não foram realizados fornecimentos de água para combate a incêndio pelos Bombeiros. Também não há fornecimento para áreas de assentamento irregular, eventos públicos e chafarizes. Sobre o abastecimento por caminhão pipa, o fornecimento de água para os caminhões é feito através de hidrantes e, no DMC de estudo, não há hidrantes disponíveis.

Com objetivo de compor o cálculo das Perdas Totais, subtraiu-se o volume autorizado do volume disponibilizado, como é apresentado na Equação 7, adaptado de ABES (2015):

$$\begin{aligned} \text{Volume de Perdas Totais} & & (7) \\ & = \text{Volume Disponibilizado} - \text{Volume Autorizado} \end{aligned}$$

Para calcular o Volume Diário de Perdas Reais, este foi obtido após aplicação do método das Vazões Mínimas Noturnas (VMN), cálculo do Fator Noite-Dia (FND) e do Consumo Mínimo Noturno, como demonstrado na Equação 8 (BEZERRA; CHEUNG, 2013):

$$\text{Volume Diário de Perdas Reais} = FND \times (Q_{\text{mín.}} - C_{\text{mín.}}) \quad (8)$$

Em que:

Volume Diário de Perdas Reais: volume perdido em metros cúbicos de água por dia, em m<sup>3</sup>/dia

FND: Fator Noite-Dia, em h/dia

Q<sub>mín.</sub>: Vazão Mínima Noturna (VMN), em m<sup>3</sup>/h

C<sub>mín.</sub>: Consumo Mínimo Noturno, em m<sup>3</sup>/h

Na sequência, com o valor do volume das perdas reais, foi efetuado o cálculo das Perdas Aparentes, subtraindo a parcela do volume das perdas reais do volume de perdas totais, como demonstra a Equação 9 (GONÇALVES; ALVIM, 2007):

$$\text{Perdas Aparentes} = \text{Perdas Totais} - \text{Perdas Reais} \quad (9)$$

Com o valor obtido para as Perdas Aparentes, calculou-se o Volume de Submedição a partir da Taxa de Submedição dos hidrômetros de 18,4%, disponibilizada pela CASAN através do software HidroLupa. Com adoção da Equação 10 foi possível obter o valor para o Volume de Submedição (AESBE, 2015):

$$\text{Volume de Submedição} = \text{Taxa de Submedição} \times \text{Volume Consumido} \quad (10)$$

Após obter o volume de submedição, com aplicação da Equação 11 foi determinado o volume referente às fraudes e falhas no sistema comercial.

$$\begin{aligned} \text{Volume de fraudes e falhas no sistema comercial} \\ = \text{Perdas Aparentes} - \text{Volume de Submedição} \end{aligned} \quad (11)$$

#### 4.3.2 Indicadores de Perdas

Com o propósito de avaliar o Índice de Perdas no DMC Colônia Santana, foram adotados os indicadores de desempenho apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Indicadores de Desempenho aplicados na avaliação do Índice de Perdas.

<b>Código</b>	<b>Indicadores de Desempenho</b>	<b>Unidade</b>
IN009	Índice de hidrometração	%
IN013	Índice de perdas de faturamento	%
IN049	Índice de perdas na distribuição	%
IN051	Índice de perdas por ligação	litros/ligação/dia

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Os dados necessários foram adquiridos por meio dos sistemas da CASAN, DOMO e Supervisório, considerando para os cálculos apenas os indicadores utilizados pela CASAN na composição da avaliação das perdas de água no BADOP. Para essa análise, o intervalo considerado foi de março de 2021 a março de 2022, adotando-se como o período de um mês, do dia 8 de um mês ao outro, pois é o intervalo em que são realizadas as leituras dos micromedidores.

Para melhor visualização, os componentes das equações são apresentados na Tabela 3, com os códigos, nomes e unidades utilizadas.

Tabela 3 – Componentes das equações utilizadas nos cálculos dos Indicadores de Desempenho.

<b>Nome</b>	<b>Código do SNIS</b>	<b>Unidade</b>
Índice de Hidrometração	IN009	%
Índice de Perdas de Faturamento	IN013	%
Índice de Perdas na Distribuição	IN049	%
Índice de Perdas por Ligação	IN051	litros/ligação/dia
Quantidade de ligações ativas de água	AG002	Nº de ligações
Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	AG004	Nº de ligações
Volume de água produzido	AG006	m <sup>3</sup>
Volume de água consumido	AG010	m <sup>3</sup>
Volume de água faturado	AG011	m <sup>3</sup>
Volume de água tratada importado	AG018	m <sup>3</sup>
Volume de serviço	AG024	m <sup>3</sup>

Fonte: Elaborado pela Autora, 2022.

Para elaborar os cálculos dos Indicadores de Desempenho (ID), aplicaram-se as equações disponibilizadas no Glossário de Indicadores – Água e Esgotos do SNIS (2020),

apresentadas nos próximos itens, utilizando-se dados os fornecidos pela CASAN, como o número de ligações ativas, volume fornecido, volume micromedido, entre outros.

#### 4.3.2.1 Índice de hidrometração (IN009)

O cálculo do Índice de Hidrometração (IN009) foi efetuado com a Equação 12:

$$IN009 = \frac{AG004}{AG002} \times 100 \quad (12)$$

#### 4.3.2.2 Índice de perdas de faturamento (IN013)

Através da aplicação da Equação 13, foi possível obter o valor para o Índice de Perdas de Faturamento:

$$IN013 = \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100 \quad (13)$$

#### 4.3.2.3 Índice de perdas na distribuição (IN049)

A Equação 14 foi utilizada para efetivar o cálculo do Índice de Perdas na Distribuição:

$$IN049 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100 \quad (14)$$

#### 4.3.2.4 Índice de perdas por ligação (IN051)

Para determinação do Índice de Perdas por Ligação, aplica-se a Equação 15:

$$IN051 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (15)$$

#### 4.3.2.5 Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI)

O Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) pode ser calculado pela seguinte Equação 16 (BEZERRA; CHEUNG, 2013):

$$IVI = \frac{Vf - Vca - Vpa}{PRI \times \frac{365}{1.000}} \quad (16)$$

Em que os componentes da equação são:

IVI: Índice de Vazamentos na Infraestrutura, adimensional;

Vf: Volume Fornecido;

Vca: Volume de consumo autorizado;

Vpa: Volume de perdas aparentes;

PRI: Perdas Reais Inevitáveis, em L/dia

Para os volumes de fornecido, consumo autorizado e perdas aparentes, a unidade é m<sup>3</sup>.

#### 4.3.2.6 Matriz de Avaliação do Banco Mundial

Para compor a Matriz de Avaliação do Banco Mundial, utilizou-se planilha modelo no Excel com equações inseridas que, ao entrar com os dados referentes ao DMC Colônia Santana como número de unidades, extensão da rede e outros, o aplicativo realiza o cálculo categorizando o DMC Colônia Santana. Isso foi feito para cada mês no período de análise, de março de 2021 a março de 2022. Adotou-se o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) para ser alcançado na faixa de 1 a 4, na categoria de desempenho técnico A.

### 4.4 AÇÕES PARA MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO

#### 4.4.1 Substituição de hidrômetros

A situação do parque de hidrômetros do DMC Colônia Santana foi analisada no software HidroLupa, que gerencia o parque de hidrômetros na CASAN. Como o hidrômetro sofre desgaste ao longo dos anos de funcionamento, pode gerar perdas por submedição que acarretam na diminuição do faturamento, por isso a substituição desses aparelhos é importante.

A Tabela 4 apresenta os critérios aplicados pela CASAN para a substituição dos hidrômetros.

Tabela 4 – Critérios adotados pela CASAN para substituição de hidrômetros.

<b>CRITÉRIOS ADOTADOS PELA CASAN</b>	
<b>1</b>	Sem hidrômetro
<b>2</b>	Hidrômetro parado
<b>3</b>	Queda na média anual maior que 25% e média do ano anterior acima da tarifa mínima
<b>4</b>	Queda na média anual maior que 50% e média do ano anterior acima de 1/2 da tarifa mínima
<b>5</b>	Queda na medição e média inicial acima da tarifa mínima
<b>6</b>	Queda na medição e média inicial acima de 1/2 da tarifa mínima
<b>7</b>	Abaixo de 3 m <sup>3</sup> /mês e acima de 5 anos
<b>8</b>	Queda na fatura e aumento no consumo maior que 25% ao realizar a troca do hidrômetro
<b>9</b>	Acima de 10 anos
<b>10</b>	Possui autorização de serviço de substituição pendente

Fonte: HidroLupa, 2022.

Pelo exposto na Tabela 4, alguns dos critérios considerados pela Concessionária na avaliação do parque de hidrômetros são unidades que contam com hidrômetros parados e medição abaixo de 3 m<sup>3</sup> com instalação acima de 5 anos, por exemplo. Portanto, a substituição dos hidrômetros não considera apenas a idade do micromedidor, mas principalmente o fato de haver indicação de redução nas medições.

A CASAN adota como um dos critérios para troca dos medidores, os aparelhos que contam com mais de 10 anos, e isso se deve à deterioração que são submetidos ao longo dos anos de funcionamento. Hidrômetros antigo podem ocasionar erros de medição e aumentar o índice de perdas de faturamento.

A partir dos critérios adotados pela CASAN, listados na Tabela 4, foi realizado um levantamento da situação do parque de hidrômetros da Colônia Santana. Os resultados encontram-se no item 5.6.

#### 4.4.2 Controle de fraudes e ligações clandestinas

Sobre as medidas que podem ser desenvolvidas para o controle das fraudes, efetuou-se uma análise no sistema GIS da CASAN, verificando por exemplo, as unidades cortadas e/ou canceladas que não possuem pedidos de religação. Esse levantamento é importante, pois as ligações podem estar cortadas nos sistemas de gerenciamento comercial das empresas, mas na prática o usuário pode ter realizado uma fraude (intervenção no hidrômetro), ou ligação clandestina (by-pass para desviar a água do hidrômetro).

Essa análise foi realizada conforme a situação das unidades consumidoras, apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Levantamento da situação das unidades consumidoras do DMC Colônia Santana.

<b>SITUAÇÃO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS</b>
Unidades Ativas
Unidades Cortadas
Unidades Canceladas
Pedidos de Religação
Solicitação de verificação de corte

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Com apoio do Sistema GIS, foi possível quantificar as unidades consumidoras do DMC Colônia Santana, como é apresentado no item 5.6.2.

#### 4.5 QUANTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

Para compor as ações de melhorias no DMC Colônia Santana, foi realizado um levantamento do número de solicitações de serviços no período de análise, de março de 2021 a março de 2022. Essa quantificação foi realizada de acordo com a demanda de serviços relacionados às manutenções de cavaletes, ramais e redes.

O levantamento desses serviços foi efetuado com apoio dos sistemas SCI e GIS da CASAN, nos quais foi possível verificar a demanda das manutenções realizadas em cavaletes, ramais e redes. Essa atividade foi efetuada analisando as ordens de serviços, de acordo com os códigos utilizados pela companhia, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Serviços e códigos utilizados para quantificação da demanda de serviços.

<b>NOME</b>	<b>CÓDIGO</b>
Cavalete	3110
Ramal	3102, 3104 e 5809
Rede	5112, 5114, 5154, 5156

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Uma grande demanda destes tipos de serviços pode indicar a necessidade de ações na infraestrutura do sistema de abastecimento da Colônia Santana, como pode-se observar a seguir:

- Cavalete: recorrência de manutenção em um cavalete pode indicar a necessidade de melhorias em relação à qualidade do material, pressão elevada de abastecimento e falta de padrão nas instalações das ligações de água;
- Ramal: diversas solicitações de conserto de ramal em uma mesma unidade, indica a necessidade de substituição do ramal, seja pelo mesmo ter sido executado com material antigo, peças em plástico PVC, ou o ramal possuir muitas emendas e conexões;
- Rede: muitas ocorrências de consertos de rede em um mesmo trecho, podem indicar a necessidade de substituição da tubulação.

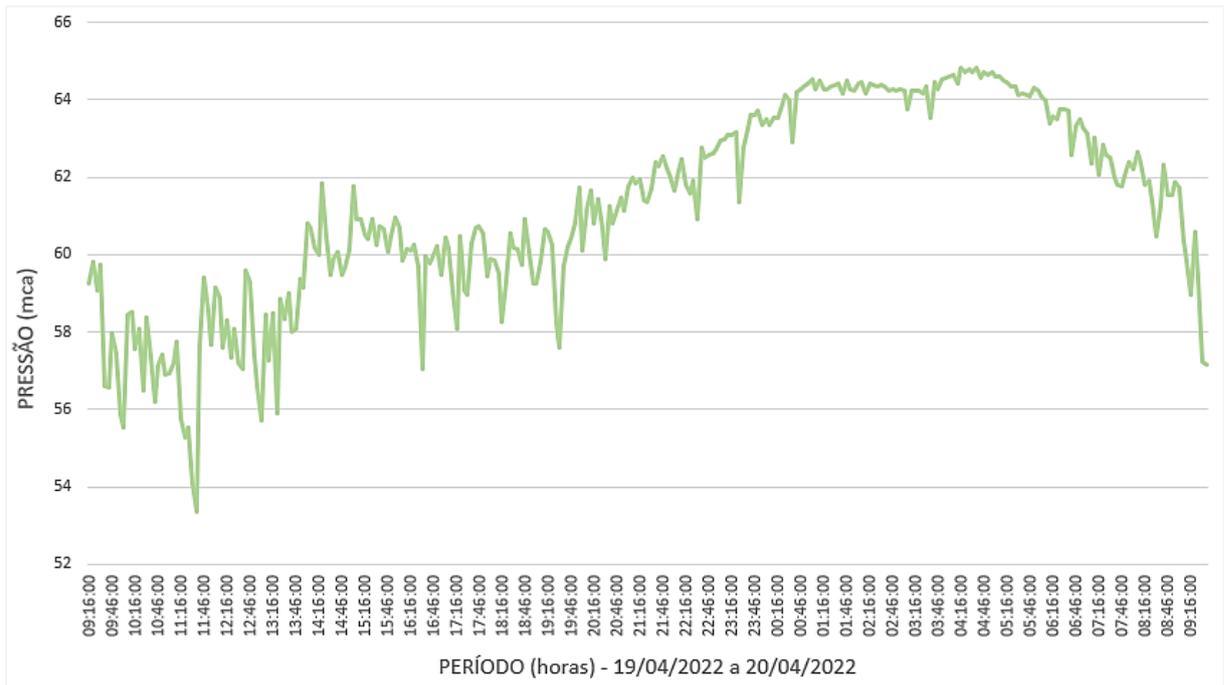
## **5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A partir da realização das avaliações sobre as perdas de água no Distrito de Medição e Controle (DMC) Colônia Santana, foi efetuada uma análise através dos resultados obtidos pela aplicação dos métodos da Vazão Mínima Noturna, Indicadores de Desempenho, Balanço Hídrico e Matriz de Avaliação do Banco Mundial, para apontar possíveis melhorias.

### **5.1 MEDIÇÃO DE PRESSÃO**

A medição da pressão foi realizada nos pontos escolhidos como ponto crítico e ponto médio do DMC Colônia Santana. O Gráfico 1 apresenta o resultado para a verificação da pressão realizada no ponto médio da área de estudo.

Gráfico 1 - Comportamento da pressão no Ponto 1 (ponto médio do DMC).

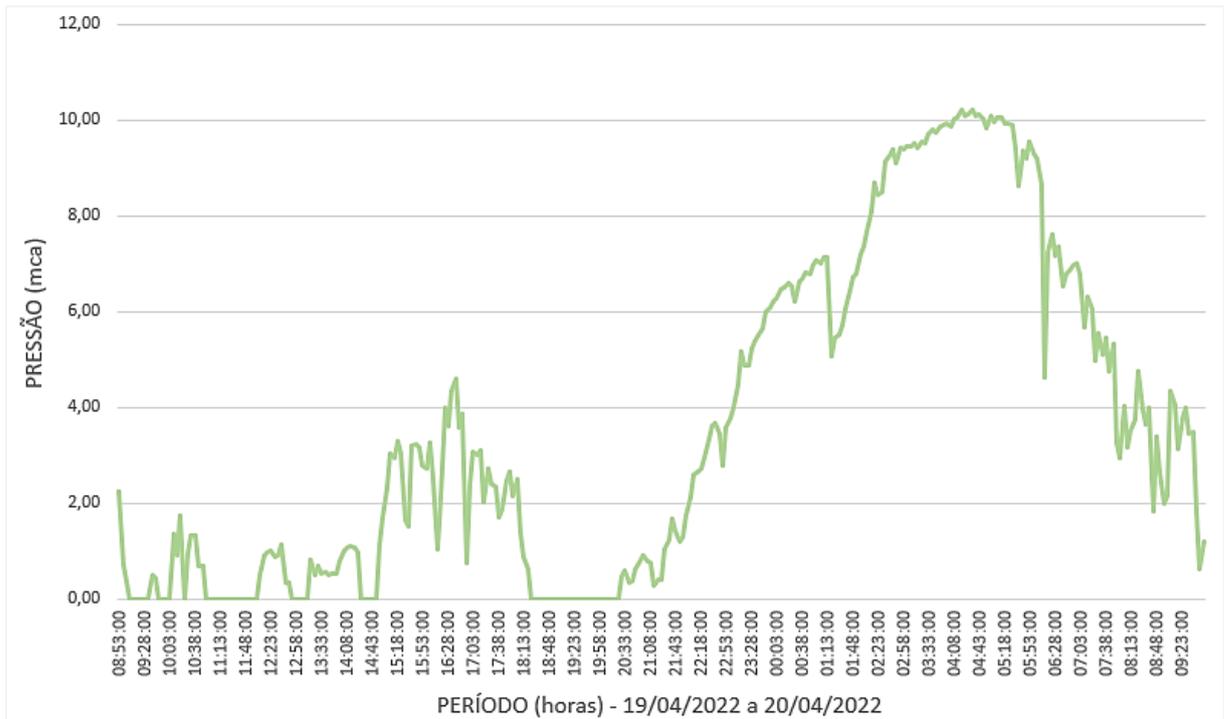


Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

No Ponto 1 (ponto médio do DMC), as pressões registradas ficaram acima de 50 mca, como mostra o Gráfico 1. A pressão máxima registrada foi de 64,84 mca, a mínima de 53,34 mca e média de 61,23 mca para o período registrado. Conforme a ABNT NBR 12.218 de 2017 “a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 40 mca, podendo chegar a 50 mca em regiões com topografia acidentada”. A região do DMC Colônia Santana apresenta topografia acidentada, porém a pressão ultrapassou a máxima permitida pela norma. Entre 00h00min e 07h00min, como pode-se observar no Gráfico 1, a pressão ficou acima de 60 mca.

O Gráfico 2 apresenta o comportamento da pressão realizada no ponto crítico do DMC Colônia Santana.

Gráfico 2 - Comportamento da pressão no Ponto 2 (ponto crítico do DMC).



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O Ponto 2 apresentou pressões abaixo de 10 mca, como verifica-se no Gráfico 2, sendo que zerou em certos horários. Isso demonstra a existência de problemas de abastecimento na região mais distante do início do DMC, necessitando de melhorias, pois a pressão mínima estabelecida pela NBR 12218/2017 não foi atendida. Apenas no período das 04h08min e 05h13min, do dia 20 de abril, a pressão do ponto crítico atingiu os 10 mca.

Pelo comportamento das pressões verificadas nos pontos escolhidos, como demonstrado nos Gráficos 1 e 2, nota-se a importância do gerenciamento de pressão no DMC Colônia Santana, visto que no ponto crítico a pressão mínima de abastecimento não foi alcançada e, no ponto médio, a pressão ficou acima da máxima permitida. Com o monitoramento foi possível identificar a demanda por melhorias no gerenciamento das pressões máximas e mínimas de abastecimento na área de estudo, além das melhorias necessárias nas redes de distribuição.

### 5.1.1 Possíveis Melhorias

Nessa perspectiva, as melhorias em relação ao abastecimento no DMC Colônia Santana podem ser efetuadas através da substituição de redes antigas e despadronizadas, e gestão adequada da pressão disponibilizada.

No cadastro técnico das redes de distribuição de água do município de São José, é possível identificar as ruas que possuem redes de polietileno (PEAD) com diâmetro de 32 mm e, a partir disso, elaborar os processos de melhorias, com base no que é estipulado na NBR 12.218/2017 (diâmetro mínimo das redes deve ser de 50 mm). Isso não significa que as tubulações de 32 mm existentes na área de estudo estejam subdimensionadas (o que se pode verificar com aplicação de simulação hidráulica), elas estão fora do padrão estabelecido por norma.

A Figura 19 apresenta um exemplo de parte do cadastro das redes de abastecimento do DMC Colônia Santana, com a Servidão Lourival Souza possuindo rede com diâmetro de 32 mm.

Figura 19 – Parte do cadastro de redes do DMC Colônia Santana.



Fonte: Cadastro de redes, CASAN.

Santos (2018) aborda sobre a substituição de uma tubulação com diâmetro de 75 mm, para uma tubulação de diâmetro 150 mm, que melhorou o abastecimento de uma região não sendo mais necessário o funcionamento de um booster, o que trouxe vantagens para a Companhia, em virtude da diminuição de custos com energia elétrica e manutenção. Para o DMC Colônia Santana, a aplicação de simulação hidráulica pode colaborar para verificar quais tubulações precisam ser substituídas, como tubulações que possam estar subdimensionadas.

Outro ponto de importante para avaliação é a questão das tubulações que se encontram com material obsoleto, em que os serviços de manutenção demandam a adoção de muitas adaptações, redes que estão envelhecidas e trechos de rede com muito recorrência de consertos, que devem ser consideradas para possível substituição.

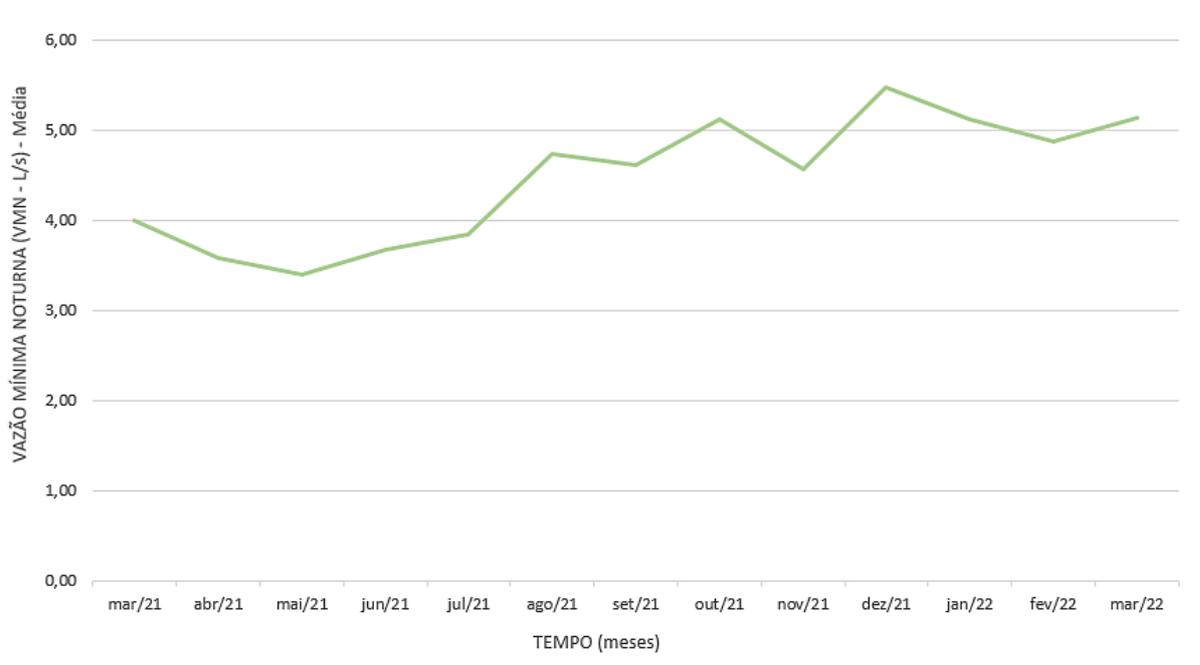
Como o DMC Colônia Santana necessita de um melhor gerenciamento da pressão de abastecimento, a instalação de Válvula Redutora de Pressão (VRP) pode ser uma alternativa para a parte do DMC que é atendida com pressões acima de 50 mca. Realizar um mapeamento da pressão, selecionando-se mais pontos de monitoramento, é fundamental para subsidiar a necessidade de instalação de VRP, visto que essa ação deve ser pensada de forma a melhorar também o abastecimento no ponto crítico, já que este não é atendido com a pressão mínima.

## 5.2 AVALIAÇÃO DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA (VMN)

Para avaliação da Vazão Mínima Noturna, os dados foram obtidos a partir do Sistema Supervisório, adotando-se o período de análise de março de 2021 a março de 2022.

O Gráfico 3 apresenta a média da VMN para o período de monitoramento realizado.

Gráfico 3 – Comportamento da Vazão Mínima Noturna (VMN).



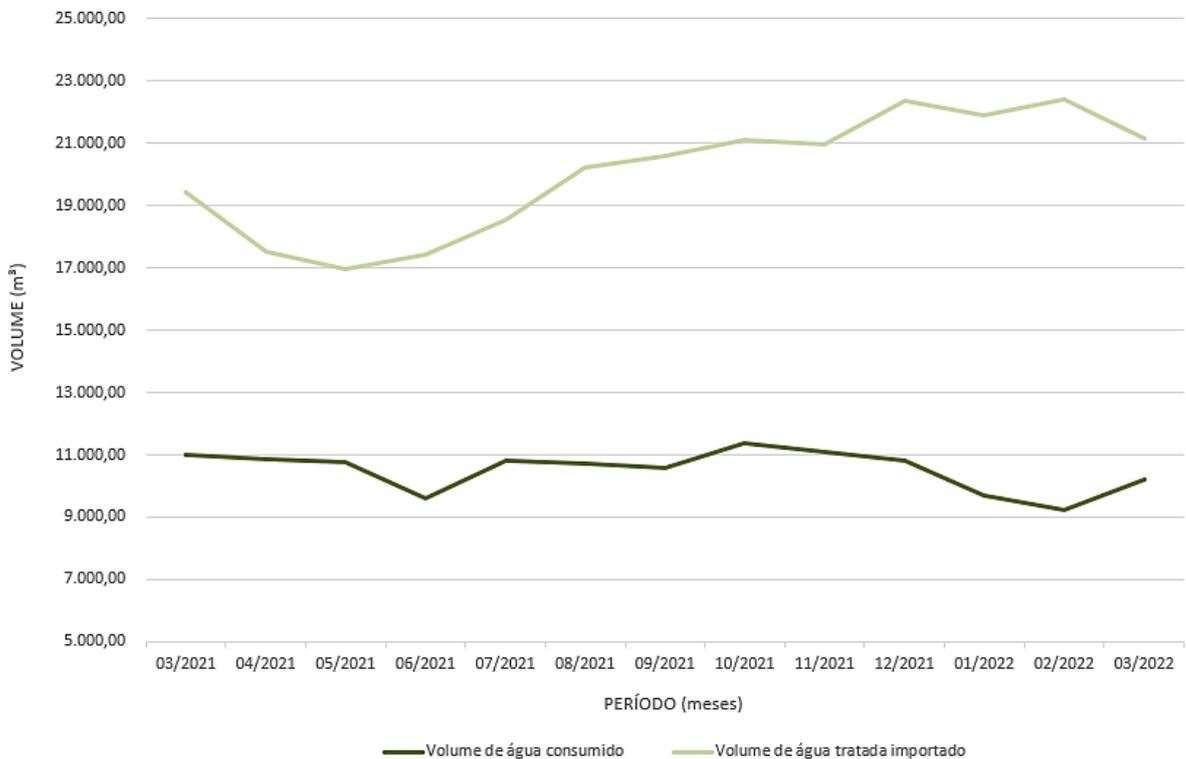
Fonte: Autora, 2022.

O Gráfico 3 demonstra o comportamento da VMN do DMC Colônia Santana, que apresentou diminuição entre os meses de março e maio de 2021, com aumento após maio de 2021 para o período avaliado, ficando acima de 3,0 L/s em todo o período de avaliação.

O período de análise compreendeu 365 dias, sendo que em alguns dias não houve medição ou o *Data Point* apresentou erros. Isso pode ter ocorrido em virtude de falhas de comunicação, manutenção, etc.

O Gráfico 4 apresenta o comportamento do volume disponibilizado e do volume consumido para o período analisado.

Gráfico 4 – Comportamento dos volumes de água consumido e de água tratada importada.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2022.

Pela análise do comportamento dos gráficos 3 e 4, entre março e maio de 2021 ocorreu diminuição da Vazão Mínima Noturna (VMN) e do volume disponibilizado, sendo que o volume consumido apresentou pouca variação. A diminuição da VMN pode ser justificada devido a execução dos serviços operacionais de manutenção realizados no DMC Colônia Santana, e também pelo fato de um volume menor de água ter sido disponibilizado.

Conforme o Gráfico 3, a partir de maio de 2021 houve um aumento considerável da VMN, que passou de 3,40 L/s em maio, para 5,48 L/s no mês de dezembro, o que pode ter sido

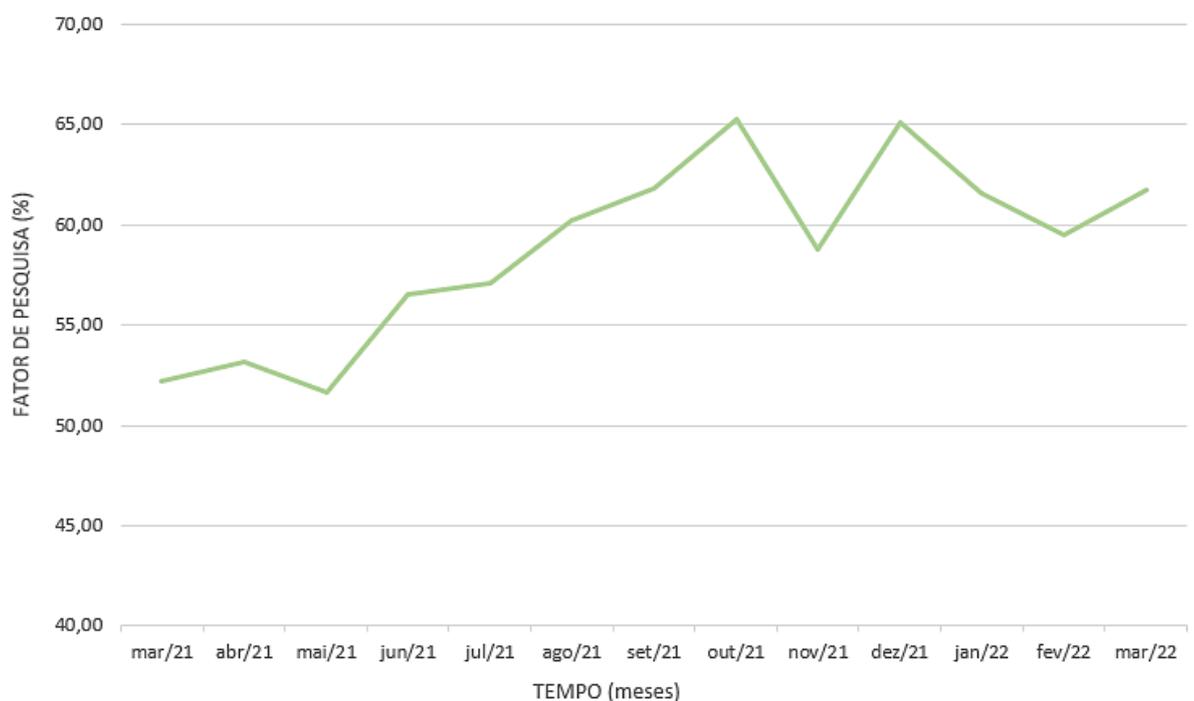
ocasionado por conta de vazamentos ocultos, alta pressão, demora na execução dos serviços de manutenção da rede, dentre outros fatores.

Além da VMN, observa-se no Gráfico 4 que o volume disponibilizado também aumentou, enquanto o volume consumido apresentou pouca variação, com diminuição considerável após outubro. O comportamento semelhante da VMN e do volume de água disponibilizado, sinalizam a necessidade de realizar serviços de pesquisa de vazamentos, visto que após o mês de maio de 2021 ambos apresentaram aumento considerável, evidenciando a possibilidade de ocorrência de vazamentos não visíveis, aumentando o índice de perdas de água.

Conforme o Gráfico 3, após dezembro de 2021, a VMN apresentou diminuição até fevereiro de 2022, quando retornou a aumentar. Em relação ao volume disponibilizado, este oscilou entre os meses de dezembro de 2021 e março de 2022, apresentando diminuição a partir de fevereiro de 2022, como visualiza-se no Gráfico 4. O volume consumido diminuiu de dezembro de 2021 até fevereiro de 2022, apresentando aumento após esse mês.

A partir da determinação da VMN, realizou-se o cálculo do Fator de Pesquisa (FP). Os valores encontrados para as médias mensais podem ser verificados no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Comportamento do Fator de Pesquisa (FP).



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O Fator de Pesquisa (FP) apresentou valores acima de 30%, para o período de análise, com picos maiores nos meses de outubro e dezembro de 2021, como observa-se no Gráfico 5.

A área de pesquisa apresenta potencial para aplicação de serviços de pesquisa acústica para detecção de vazamentos, uma vez que apresentou valores altos para o FP, com considerável aumento após o mês de maio de 2021, como pode ser visualizado no Gráfico 5, o que sinaliza a possível ocorrência de vazamentos não visíveis. Os maiores valores de FP foram nos meses de outubro e dezembro de 2021, apresentando comportamento semelhante aos valores encontrados para a VMN.

Com a verificação da pressão no ponto médio, determinaram-se os valores mensais para a Perdas Real Inevitável (PRI), conforme a Equação 1, obtendo-se a média de 0,71 L/s.

A VMN *esperada* foi calculada pela Equação 4, apresentando média de 3,25 L/s para o período verificado, sendo este valor adotado como a Vazão Mínima Noturna ideal para o DMC Colônia Santana. Para obter esse valor, primeiro foi necessário calcular o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI), a Perda Real Inevitável (PRI) e o Consumo Mínimo Noturno (Cm), que apresentaram os respectivos resultados (médias) de 5,73 (adimensional), 0,71 L/s e 0,41 L/s. Como a média da VMN verificada no período de análise foi de 4,48 L/s, demonstra a necessidade de intervenção no DMC para alcançar a VMN *esperada* de 3,25 L/s, que constitui a VMN ideal para a área de pesquisa.

Para obter o volume de perdas reais, calculou-se o Fator Noite Dia (FND) após verificação da pressão no DMC. A Tabela 7 apresenta as pressões médias horárias no ponto de cota média. A pressão média verificada foi de 61,26 mca e, para N1, foi considerado o valor de 1, para ter uma linearidade entre a pressão e a vazão.

Tabela 7 – Cálculo do Fator Noite Dia (FND).

Data	Horário	Média Pressão	FND
19/04/2022	09:00 - 10:00	58,04	0,90
	10:00 - 11:00	57,34	0,89
	11:00 - 12:00	56,60	0,88
	12:00 - 13:00	58,04	0,90
	13:00 - 14:00	58,05	0,90
	14:00 - 15:00	60,22	0,94
	15:00 - 16:00	60,72	0,95
	16:00 - 17:00	59,77	0,93
	17:00 - 18:00	59,83	0,93
	18:00 - 19:00	59,80	0,93
	19:00 - 20:00	59,94	0,93
	20:00 - 21:00	60,95	0,95
	21:00 - 22:00	61,95	0,96
	22:00 - 23:00	62,14	0,97
23:00 - 24:00	63,08	0,98	
20/04/2022	24:00 - 01:00	63,83	0,99
	01:00 - 02:00	64,35	1,00
	02:00 - 03:00	64,33	1,00
	<b>03:00 - 04:00</b>	<b>64,21</b>	<b>1,00</b>
	04:00 - 05:00	64,68	1,01
	05:00 - 06:00	64,32	1,00
20/04/2022	06:00 - 07:00	63,53	0,99
	07:00 - 08:00	62,38	0,97
	08:00 - 09:00	61,78	0,96
<b>PRESSÃO MÉDIA = 61,26</b>		<b>FND = <math>\sum \left(\frac{P_i}{P_{3-4h}}\right)^{N1}</math></b>	<b>FND = 22,89</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

No cálculo do volume de perdas reais, abordado no item 5.3, adotou-se um valor menor para o FND, de 21,50 h/dia, pois na elaboração dos cálculos o volume de submedição apresentou resultado maior que o volume das perdas aparentes, sendo que o volume de submedição e fraudes compõe as perdas aparentes. Isso pode ter ocorrido por conta do valor calculado de FND (22,89 h/dia), não ser o adequado devido a forma adotada para escolha do ponto médio, feita com base nas cotas do reservatório e o ponto mais baixo da área de estudo, que pode não ser um ponto representativo correto para o DMC. Dessa forma, a escolha do ponto médio deve ser revista, para se ajustar ao ponto de cota média ponderada, conforme a metodologia explicada no Guia Prático, Volume 6, da AESBE.

O resultado encontrado para o volume de perdas reais, assim como o volume de perdas aparentes e demais componentes relacionados, serão discutidos no item 5.3.

### 5.2.1 Possíveis Melhorias

Perante o exposto no item 5.2, tanto o controle ativo quanto o controle passivo de vazamentos são válidos para melhorar os índices de perdas d'água no DMC Colônia Santana, visto que a VMN e o volume disponibilizado apresentaram comportamento semelhante, de acordo com os Gráficos 3 e 4, com aumento no período analisado, o que indica a real necessidade de aplicação de serviços de pesquisa acústica para detectar vazamentos ocultos que possam ocorrer no DMC e que estejam interferindo no índice de perdas. O volume consumido apresentou considerável diminuição, o que pode ser explicado pela diminuição da população residente no bairro.

A aplicação dos serviços de pesquisa acústica é fundamental no combate às perdas de água pelo auxílio desempenhado na localização de vazamentos ocultos, o que conseqüentemente, coopera também na melhoria dos indicadores de desempenho. Aliar o controle passivo e ativo dos vazamentos existentes no DMC Colônia Santana é uma estratégia fundamental para diminuir os volumes de água perdidos.

### 5.3 BALANÇO HÍDRICO

Mantendo o mesmo período de análise para a Vazão Mínima Noturna, o Balanço Hídrico do DMC Colônia Santana foi realizado com dados obtidos do período de março de 2021 a março de 2022.

A Tabela 8 apresenta os valores para os volumes disponibilizados, consumidos e os volumes de perdas.

Tabela 8 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos.

(continua)

<b>Período (meses)</b>	<b>Vol. de água disponibilizado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. de água consumido (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume de Perdas (m<sup>3</sup>)</b>
Março/2021	19.451,41	11.024,00	8.427,41
Abril/2021	17.513,78	10.879,00	6.634,78
Maió/2021	16.956,41	10.754,00	6.202,41
Junho/2021	17.447,40	9.589,00	7.858,40
Julho/2021	18.528,74	10.812,00	7.716,74
Agosto/2021	20.202,02	10.741,00	9.461,02
Setembro/2021	20.586,98	10.599,00	9.987,98
Outubro/2021	21.132,46	11.377,00	9.755,46
Novembro/2021	20.958,57	11.092,00	9.866,57

Tabela 9 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos.

(continuação)			
Dezembro/2021	22.362,06	10.806,00	11.556,06
Janeiro/2021	21.897,81	9.696,00	12.201,81
Fevereiro/2021	22.431,73	9.242,00	13.189,73
Março/2021	21.174,55	10.198,00	10.976,55

Fonte: Elaborado pela Autora, 2022.

Para a Tabela 8, os dados para o volume de água disponibilizado foram obtidos a partir dos dados baixados do Sistema Supervisório. Os valores para o volume de água consumido, foi a partir da verificação dos dados das unidades consumidoras no Sistema GIS da CASAN. Dessa forma, o volume de perdas foi calculado entre a diferença do volume disponibilizado e o volume de água consumido.

A Tabela 9 apresenta os valores da Vazão Mínima Noturna e Consumo Mínimo Noturno (Cm) utilizados para cálculo dos volumes de perdas reais e volume das perdas aparentes. Para a VMN, considerou-se a média mensal, e para o Consumo Mínimo Noturno (Cm), o somatório entre o Consumo Legítimo e Vazamentos Internos.

Tabela 10 – Volumes disponibilizados, consumidos e perdidos.

Período (meses)	VMN (m <sup>3</sup> /dia)	Cm (m <sup>3</sup> /h)	Perdas Reais (m <sup>3</sup> )	Perdas Aparentes (m <sup>3</sup> )
Março/2021	345,60	1,56	6627,23	1.800,18
Abril/2021	310,18	1,56	5865,06	769,72
Maio/2021	293,76	1,56	5512,12	690,29
Junho/2021	317,95	1,54	6039,50	1.818,90
Julho/2021	331,78	1,54	6336,71	1.380,03
Agosto/2021	409,54	1,55	8005,20	1.455,82
Setembro/2021	398,30	1,54	7767,06	2.220,92
Outubro/2021	442,37	1,56	8707,75	1.047,71
Novembro/2021	394,85	1,54	7693,32	2.173,25
Dezembro/2021	473,47	1,54	9384,85	2.171,21
Janeiro/2021	443,23	1,54	8733,92	3.467,89
Fevereiro/2021	421,63	1,55	8266,17	4.923,56
Março/2021	444,96	1,54	8774,42	2.202,13

Fonte: Elaborado pela Autora, 2022.

A Vazão Mínima Noturna (VMN), apresentada na Tabela 9, foi obtida pelo Sistema Supervisório. A Tabela A do Apêndice apresenta os valores em L/s para cada dia dos meses de avaliação.

O Quadro 14 apresenta os dados para o Balanço Hídrico para o DMC de estudo. Os valores apresentados consideram o somatório de todo o período de avaliação.

Quadro 14 – Balanço Hídrico DMC Colônia Santana.

<b>Volume Produzido ou Disponibilizado 260.643,92 m<sup>3</sup> 100%</b>	<b>Consumos Autorizados 138.112,37 m<sup>3</sup> 52,99%</b>	Consumos Autorizados Faturados 136.809,00 m <sup>3</sup> 52,49%	Consumos medidos faturados 136.809,00 m <sup>3</sup> 52,49%	<b>Águas Faturadas 136.809,00 m<sup>3</sup>52,49%</b>	
			Consumos não medidos faturados 0 m <sup>3</sup> 0%		
		Consumos Autorizados Não Faturados (CANF) 1.303,37 m <sup>3</sup> 0,50%			
	<b>Perdas Totais 123.834,93 m<sup>3</sup> 47,51%</b>	Perdas Aparentes 26.121,63 m <sup>3</sup> 10,02%	Consumos não autorizados (fraudes) e Falhas no sistema comercial 948,77 m <sup>3</sup> 28,54%		<b>Águas Não Faturadas 125.138,29 m<sup>3</sup> 48,01%</b>
			Submedição dos hidrômetros 25.172,86 m <sup>3</sup> 9,65%		
		Perdas Reais 97.713,30 m <sup>3</sup> – 37,49%	Vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais 97.713,30 m <sup>3</sup> – 37,49%		
Vazamentos e extravasamentos no reservatório 0 m <sup>3</sup> – 0%					

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De acordo com os resultados expostos no Quadro 14, o volume disponibilizado ao DMC, durante o período de estudo, foi de 260.643,92 m<sup>3</sup>, sendo que 47,51%, quase metade deste volume, é perdido de alguma maneira no sistema de distribuição, seja pelos vazamentos nas redes, ramais ou cavaletes, pelas fraudes por ligações clandestinas ou falhas do sistema comercial, considerando também nesse volume a parcela perdida em vazamentos ocultos.

Para as Perdas Reais, consoante ao que é mostrado pelo Quadro 14, o volume foi de 97.713,30 m<sup>3</sup>, que equivale a 37,49% em relação ao Volume Disponibilizado ao DMC, e 78,91% em relação ao Volume de Perdas especificamente. Este valor foi encontrado a partir da aplicação da Equação 8, adotando-se para FND o valor de 21,50 h/dia (com N1 igual a 1), e para o Consumo Mínimo Noturno o valor de 0,41 L/s.

O volume de perdas reais pode ser relativo aos vazamentos que ocorrem no DMC, visto que pela análise dos gráficos no item 4.2, a vazão mínima noturna teve considerável aumento a partir de maio de 2021, o que é um indicativo da existência de vazamentos ocultos. Durante o período de análise, foram registrados 497 serviços de manutenção, abrangendo vazamentos de rede e/ou ramal, e serviços de conserto de cavalete.

No que concerne às Perdas Aparentes, esta foi verificada pela utilização da Equação 9 e o volume obtido foi de 26.121,63 m<sup>3</sup>, como indica o Quadro 14, o que representa 10,02% do Volume Disponibilizado e 21,09% do Volume de Perdas que é perdido no sistema, seja por estar atrelado a existência de possíveis fraudes, aos erros nas medições dos hidrômetros, ou por conta da idade dos micromedidores. De acordo com os critérios da CASAN, mencionados no item 4.4.1, o diagnóstico de troca de hidrômetros leva em conta unidades que apresentaram queda na medição ou que apresentaram queda na fatura e aumento no consumo, dentre outros aspectos.

Para o consumo medido faturado, como pode-se verificar no Quadro 14, foi calculado o volume de 136.809,00 m<sup>3</sup>, o que representa 100% do consumo autorizado faturado. Este percentual indica que 100% das ligações existentes no DMC Colônia Santana possuem Hidrometração, o que corrobora com as informações verificadas no software HidroLupa.

Em relação aos Consumos Autorizados Não Faturados (CANF), foi realizada uma estimativa adotando-se 0,5% do Volume de Entrada, para cada mês no período de análise. O valor encontrado foi de 1.303,37 m<sup>3</sup> para o CANF, correspondendo a 0,50% do Volume Disponibilizado.

#### 5.4 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Para avaliação dos Indicadores de Desempenho (ID) foi considerado o período de março de 2021 a abril de 2022. Os dados gerados para compor essa avaliação foram obtidos a partir do Sistema DOMO, respeitando o período de faturamento (do dia 08 de um mês a outro).

Para compor essa avaliação, foram adotados os dados apresentados na Tabela 8. Para os códigos dos indicadores, foram utilizadas informações provenientes do Glossário de Informações do SNIS (2020).

Os valores apresentados na Tabela 11 consideram as médias encontradas para cada componente, durante o período de análise.

Tabela 11 – Dados do DMC Colônia Santana para avaliação dos Indicadores de Desempenho.

Código ID SNIS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESULTADO
AG001	População total atendida	Habitantes	3165,08
AG002	Nº de ligações de água ativas	Ligações	803
AG003	Nº de economias ativas de água	Economias	995
AG004	Nº de ligações ativas de água micromedida	Ligações	803
AG005	Extensão da rede de água	Km	16
AG006	Volume de água produzido	m <sup>3</sup>	0
AG010	Volume de água micromedido	m <sup>3</sup>	10.523,77
AG011	Volume de água faturado	m <sup>3</sup>	10.522,38
AG018	Volume de água disponibilizado	m <sup>3</sup>	20.049,53
AG019	Volume de água tratada exportada	m <sup>3</sup>	0
AG024	Volume de serviço	m <sup>3</sup>	100,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Para o Volume de Serviço (AG024), considerou-se o valor de 0,5% do Volume de Água Disponibilizado (AG018).

A Tabela 12 expõe os valores encontrados para os indicadores avaliados (IN009, IN013, IN049 e IN051), para cada mês no período de análise, de março de 2021 a março de 2022, e a média calculada para cada indicador.

Tabela 12 – Resultados mensais dos Indicadores de Desempenho DMC Colônia Santana.

(continua)

Dado / Indicador		IN009	IN013	IN049	IN051
		Índice hidrometração	Índice de perdas faturamento	Índice de perdas na distribuição	Índice de perdas por ligação
mês	dias	%	%	%	litro/lig./dia
03/2021	31	100,00	43,04	43,04	332,98
04/2021	30	100,00	37,57	37,57	270,10
05/2021	31	100,00	36,26	36,26	244,24
06/2021	30	100,00	44,76	44,76	321,79
07/2021	31	100,00	41,35	41,35	305,51
08/2021	31	100,00	46,56	46,56	374,61
09/2021	30	100,00	48,26	48,26	409,32

Tabela 12 – Resultados mensais dos Indicadores de Desempenho DMC Colônia Santana.

(continuação)					
10/2021	31	100,00	45,89	45,89	385,73
11/2021	30	100,00	46,94	46,81	406,74
12/2021	31	100,00	51,43	51,43	462,62
01/2022	31	100,00	55,50	55,50	488,82
02/2022	28	99,87	58,77	58,59	584,55
03/2022	31	100,00	51,59	51,60	441,09
<b>MÉDIA</b>		<b>99,99%</b>	<b>46,75%</b>	<b>46,74%</b>	<b>386,78 litro/lig./dia</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em relação ao Painel de Indicadores do SNIS (2020), dos resultados apresentados na Tabela 12, apenas o indicador IN009 apresentou resultado ótimo, com percentual de hidrometração superior à média nacional, evidenciando que o DMC Colônia Santana possui hidrometração excelente. Os demais indicadores, índices de perdas de faturamento, perdas na distribuição e perdas por ligação, superam a média nacional e expõem a importância de ações para melhoria dos indicadores de desempenho no DMC Colônia Santana.

Conforme a Tabela 12, para todo o período analisado, o IN009 apresentou resultados acima da média nacional de 91,33%. Para o IN013, este apresentou valor abaixo da média nacional de 37,54%, apenas no mês de maio de 2021. Para o indicador IN049, apenas nos meses de abril e maio de 2021 este atingiu valores abaixo da média nacional de 40,14%. Em relação ao IN051, este apresentou resultados abaixo da média nacional de 343,37 litros/ligação/dia, nos meses de março a julho de 2021, sendo que a partir do mês de agosto de 2021 até março de 2022, este indicador ficou acima da média nacional. As referências das médias nacionais para os indicadores utilizados foram verificadas no Painel de Indicadores do SNIS (2020).

Nos próximos itens serão discutidos os resultados dos Indicadores de Desempenho avaliados.

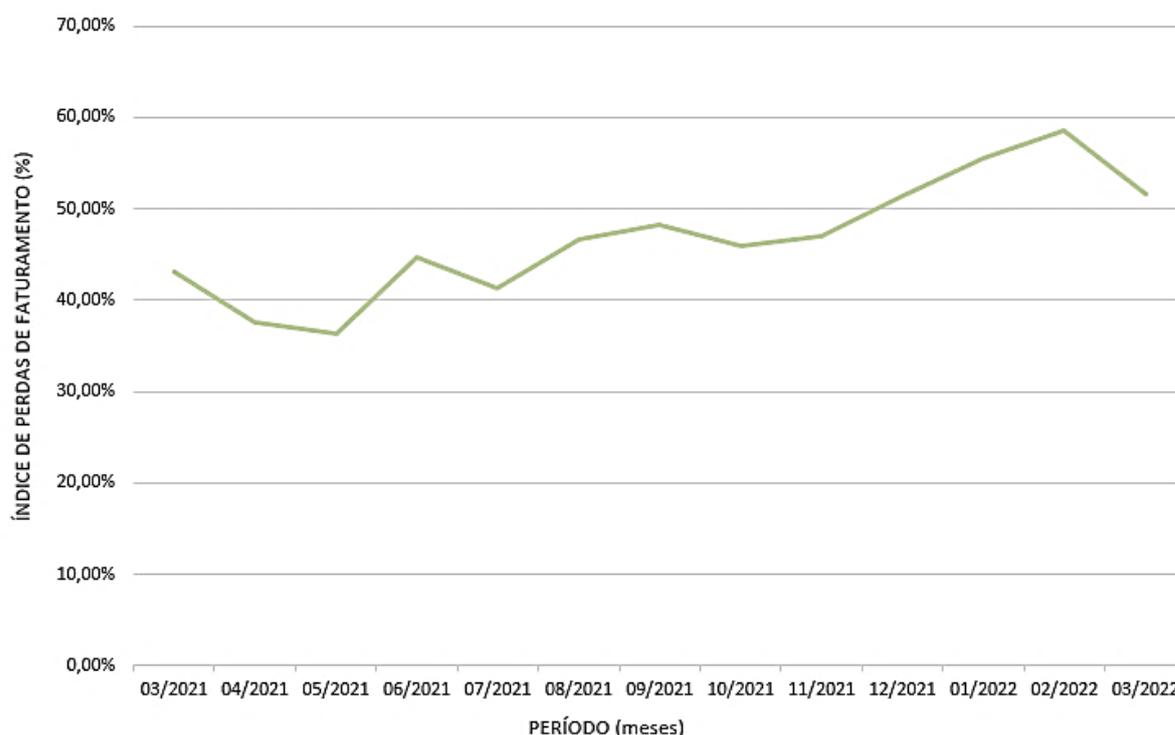
#### 5.4.1 Índice de Hidrometração (IN009)

Em relação ao indicador IN009, este indicador apresentou média de 99,99% de hidrometração no DMC Colônia Santana, acima da média nacional encontrada pelo SNIS (2020) de 91,33%. Através de análise da situação do DMC no software HidroLupa, todas as ligações do DMC são micromedidas, o que significa um excelente resultado. Apenas no mês de fevereiro de 2022, como mostra a Tabela 9, o índice apresentou valor de 99,87%, sendo que no mês seguinte voltou a 100%.

### 5.4.2 Índice de Perdas de Faturamento (IN013)

Para o indicador IN013, a média encontrada para o período avaliado foi de 46,75% para a área de estudo, acima da média nacional de 37,54% (SNIS, 2020). O Gráfico 6 apresenta o comportamento do Índice de Perdas de Faturamento (IN013) para o período analisado.

Gráfico 6 – Índice de perdas de faturamento (IN013).



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

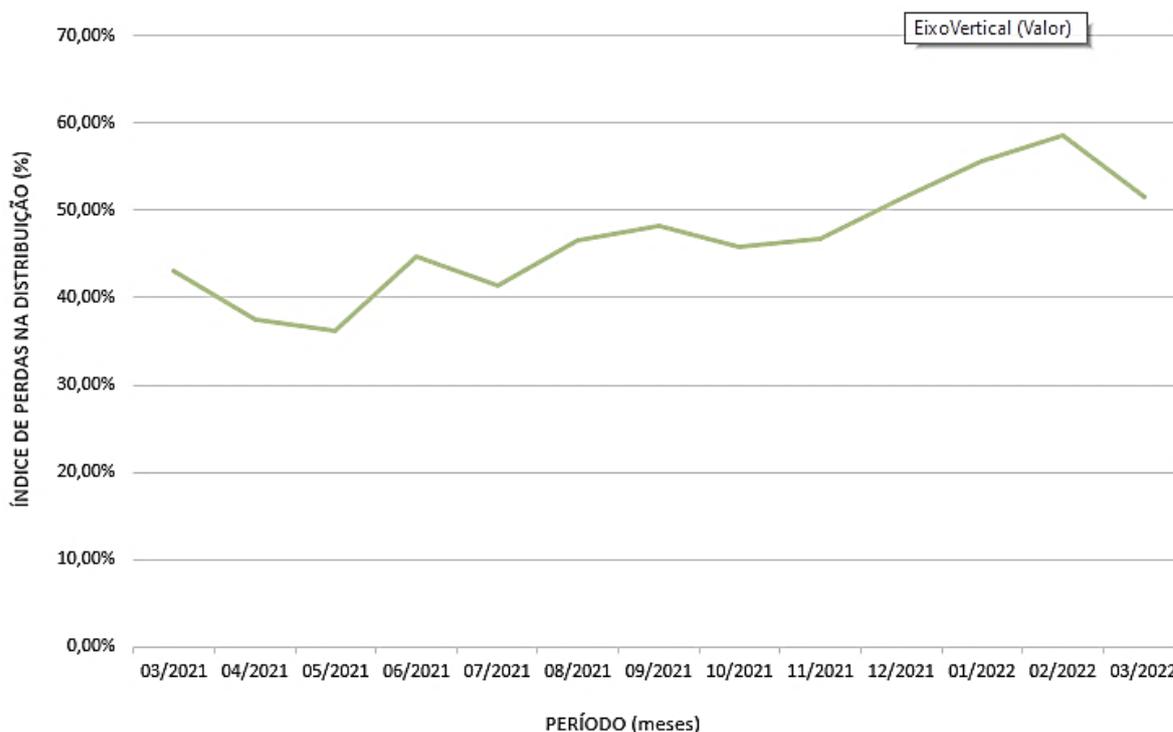
Como apresenta o Gráfico 6, de março a maio de 2021 o indicador IN013 apresentou diminuição, porém após o mês de maio, seu valor aumentou, ficando acima de 40% de junho de 2021 a março de 2022. Esse comportamento denota a importância de ações relacionadas a diminuição das perdas de faturamento, como a substituição de hidrômetros antigos ou que apresentem submedição.

Aguiar (2020) observou redução das perdas de faturamento após redução de pressão realizada no sistema, diminuindo a água disponibilizada ao DMC Muquém. Entretanto, para o DMC Colônia Santana isso deve ser bem planejado, pois o ponto crítico não é abastecido com a pressão mínima estipulada em norma. A redução de pressão no sistema poderia contribuir para reduzir as perdas de faturamento na área de estudo. No entanto, avaliações devem ser efetuadas com base em simulações hidráulicas de diferentes cenários de abastecimento, para garantir que a pressão no ponto crítico atenda ao mínimo exigido.

### 5.4.3 Índice de Perdas na Distribuição (IN049)

Acerca do Índice de Perdas na Distribuição, a média encontrada foi de 46,74%. Este valor encontra-se acima da média nacional de 40,14% (SNIS, 2020). Seu comportamento assemelha-se ao IN013, com aumento considerável a partir de maio de 2021, e indica que quase metade da água tratada que é disponibilizada para consumo no DMC Colônia Santana é perdida de alguma forma, seja por vazamentos na distribuição, falhas no sistema comercial etc. Essa água acaba não chegando ao destino final, que é o consumo pela população, e dessa forma não é contabilizada pela concessionária, gerando perda de faturamento. O Gráfico 7 apresenta o comportamento do indicador IN049.

Gráfico 7 – Índice de perdas na distribuição (IN049).



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Esse aumento no IN049, visualizado no Gráfico 7, pode ser explicado pela pressão na rede de distribuição acima do que é permitido pela norma ABNT NBR 12.218/2017, já que a média encontrada é de 61,26 mca, conforme citado item 4.1.

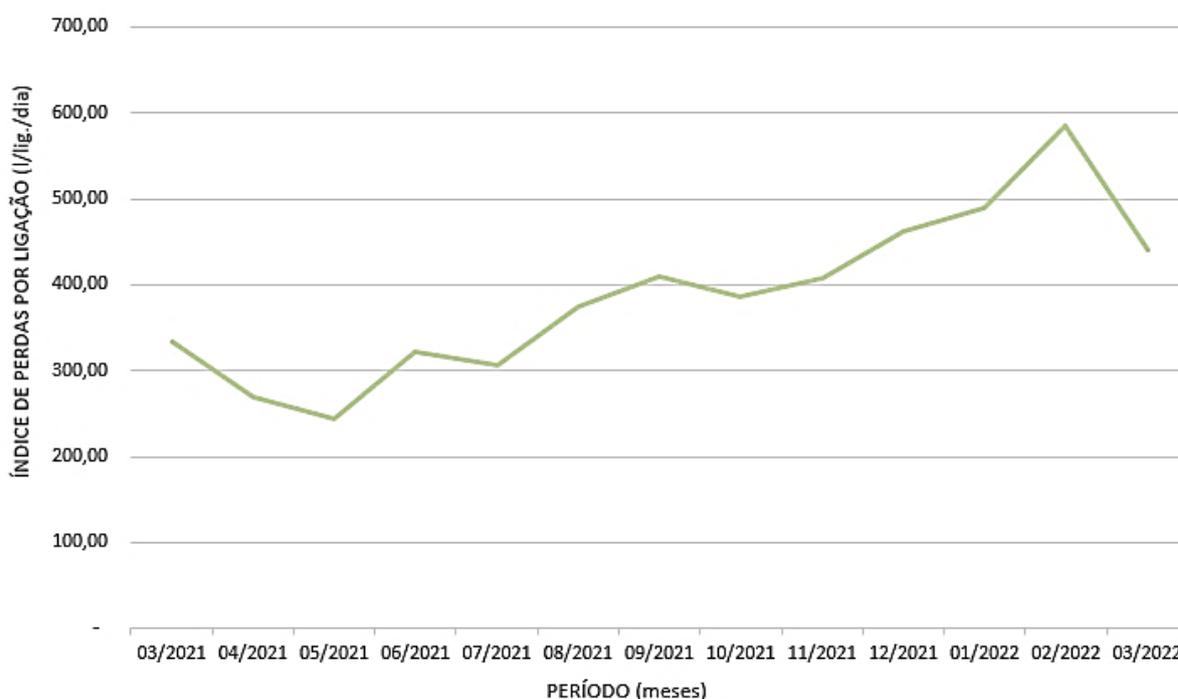
Em relação aos gráficos do volume de água tratada importado e do volume consumido, apresentado no item 5.2, observa-se que o IN049 demonstrou comportamento oposto ao volume consumido e semelhante ao volume de água disponibilizado ao DMC. A comparação indica a

necessidade de ações para contenção das perdas no local, em razão do aumento do índice de perdas na distribuição e diminuição do volume consumido. O gráfico do volume de perdas, exposto no item 5.5, reforça a importância de intervenção no DMC Colônia Santana.

#### 5.4.4 Índice de perdas por ligação (IN051)

Quanto ao índice de perdas por ligação (IN051), este apresentou diminuição no período de março a maio de 2021. A partir de maio ocorreu aumento deste índice, ficando acima de 300 litros/ligação/dia após junho de 2021. A média encontrada para o IN051 foi de 386,78 litros/ligação/dia, com o maior valor observado no mês de fevereiro de 2022 (584,55 litros/ligação/dia). O Gráfico 8 demonstra o comportamento do índice de perdas por ligação.

Gráfico 8 – Índice de perdas por ligação (IN051).



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme o SNIS (2020) a média nacional do índice de perdas por ligação é de 343,37 litros/ligação/dia, e a média para a região sul é de 289,41 litros/ligação/dia. Nesse caso, observa-se que a média encontrada para o IN051 do DMC Colônia Santana ficou acima da média nacional a partir do mês de agosto de 2021, como mostra o Gráfico 8.

O aumento do IN051 pode ser consequência de vazamentos ocultos existentes no DMC Colônia Santana, assim como também pode estar associado a ocorrência de fraudes, já que em relação ao volume de perdas, exposto no item 5.5, o IN051 teve comportamento semelhante.

Para o Instituto Trata Brasil, o valor aceitável para o IN051 é de 250 litros/ligação/dia o que enfatiza a necessidade de ações no sistema da área de pesquisa, como o controle ativo de vazamentos e fiscalização comercial.

#### 5.4.5 Perda Real Inevitável (PRI) e Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI)

Para o Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI), o valor encontrado foi de 5,73 (adimensional), sendo a média para o período avaliado. Em relação às Perdas Reais Inevitáveis (PRI), o valor obtido foi de 0,71 L/s (média). A Tabela 13 apresenta os resultados da Perda Real Inevitável (PRI) e o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI), para o período de avaliação.

Tabela 13 – Resultados mensais da Perda Real Inevitável (PRI) e do Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI).

Período	PRI (L/s)	IVI (adimensional)
mar/21	0,71	5,04
abr/21	0,71	4,46
mai/21	0,71	4,19
jun/21	0,71	4,6
jul/21	0,71	4,83
ago/21	0,71	6,09
set/21	0,71	5,91
out/21	0,71	6,61
nov/21	0,71	5,88
dez/21	0,71	7,18
jan/22	0,71	6,69
fev/22	0,71	6,33
mar/22	0,70	6,74
<b>Média</b>	<b>0,71</b>	<b>5,73</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O valor da Perda Real Inevitável (PRI) se manteve constante, porém o Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) apresentou aumento no período avaliado, conforme demonstra a Tabela 13.

Como o IVI adotado para se alcançar, conforme citado no item 4.3.2.6 foi de 1 a 4, evidencia-se a importância de intervenções na área de pesquisa, para se atingir a categoria de desempenho técnica desejada, conforme explica-se no item a seguir.

## 5.5 MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL

Para compor a Matriz de Avaliação do Banco Mundial, utilizaram-se os dados de pressão, volume de perdas, número de habitantes, entre outros. Esta matriz foi elaborada com os dados provenientes do período de março de 2021 a março de 2022.

A Tabela 14 apresenta o resultado da Matriz de Avaliação do Banco Mundial, para o DMC Colônia Santana. O Índice de Vazamento na Infraestrutura (IVI) adotado para ser alcançado foi de 1 ou 4, que compreende a categoria de desempenho técnico A, conforme apresentado no Quadro 10.

Tabela 14 – Matriz de Avaliação do Banco Mundial para o DMC Colônia Santana.

Mês	litros/lig./dia	IVI	Categoria de Desempenho Técnico
Março/2021	336,87	5,04	B
Abril/2021	273,71	4,46	B
Maio/2021	247,62	4,19	B
Junho/2021	325,40	4,60	B
Julho/2021	309,23	4,83	B
Agosto/2021	378,65	6,09	B
Setembro/2021	413,58	5,91	B
Outubro/2021	389,95	6,61	B
Novembro/2021	411,11	5,88	B
Dezembro/2021	467,14	7,18	B
Janeiro/2022	493,24	6,69	B
Fevereiro/2022	589,56	6,33	B
Março/2022	445,39	6,74	B
<b>MÉDIA</b>	<b>390,88</b>	<b>5,73</b>	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Pela análise da Tabela 14, observa-se que o DMC Colônia Santana apresentou no período de avaliação categoria de desempenho técnico B. O Instituto Trata Brasil (2020) adota o valor de 250 litros/lig./dia como valor ótimo a ser alcançado no índice de perdas por ligação. Dessa forma, verifica-se que o DMC apresentou valores acima de 250 litros/lig./dia, para quase todo o período avaliado (apenas o mês de maio de 2021 ficou abaixo de 250 l/lig./dia), o que reforça a necessidade de ações voltadas à contenção das perdas que ocorrem.

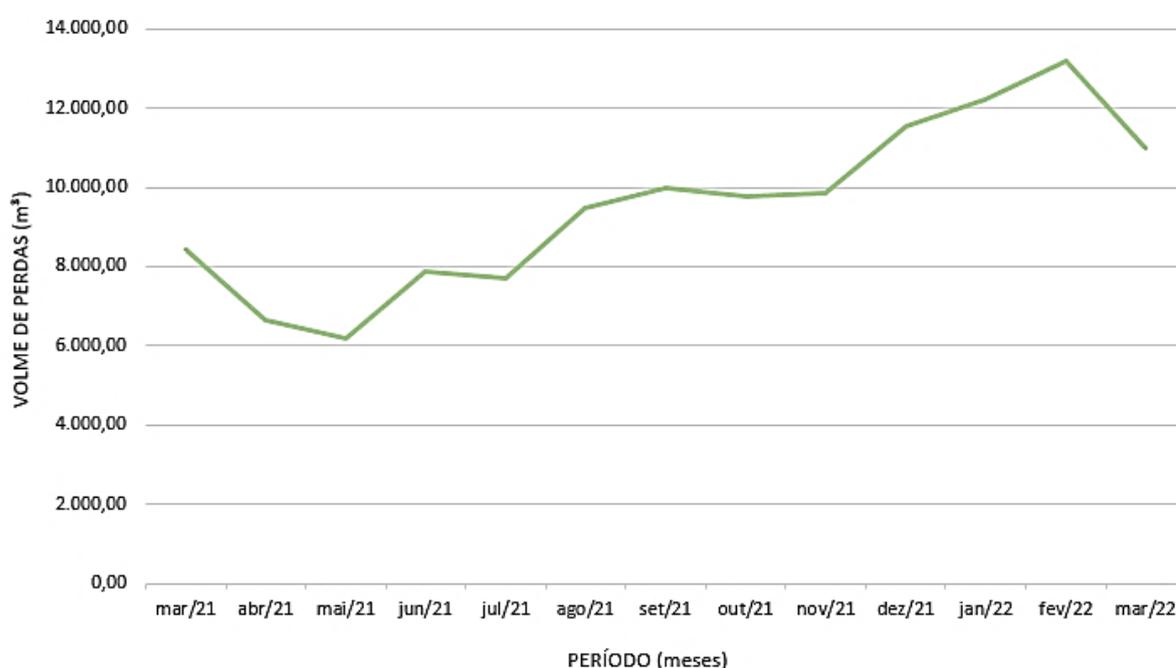
A partir de junho de 2021 verifica-se na Tabela 14 aumento no índice de perdas por ligação, com o mês de fevereiro de 2022 detendo a maior perda encontrada (589,56

litros/lig./dia). Esses resultados estão de acordo com o comportamento da VMN discutida no item 4.2, o que corrobora a necessidade de intervenção no DMC Colônia Santana.

Referente ao IVI, verifica-se na Tabela 14 que o mesmo apresentou aumento no período avaliado. Bezerra e Cheung (2013) afirmam que quanto maior o valor deste índice, maior é o potencial de oportunidade para os programas de combate as perdas reais.

O Gráfico 9 apresenta o gráfico do comportamento do volume de perdas no DMC Colônia Santana.

Gráfico 9 – Comportamento do volume de perdas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De março a maio de 2021 o volume de perdas apresentou diminuição, como mostra o comportamento do Gráfico 9, sendo que após maio demonstrou aumento considerável até fevereiro de 2022, o que corrobora com as informações apresentadas na Tabela 14 em que os valores para o índice de perdas por ligação aumentaram a partir de junho de 2021. Esse comportamento assemelha-se à VMN, apresentada no item 4.2.

Para todo o período avaliado o DMC Colônia Santana apresentou categoria de desempenho B, conforme a Tabela 14, o que sinaliza um potencial para melhorias significativas, como o gerenciamento de pressão, controle ativo de vazamentos e melhor manutenção da rede (AESBE, 2015, p. 54).

Nos meses de outubro e dezembro de 2021, a VMN apresentou valores altos, e em janeiro de 2022 houve diminuição. Já o volume de perdas aumentou a partir de junho de 2021.

Esse comportamento reforça a necessidade de ações no local de estudo, como o controle ativos de vazamentos com a aplicação de serviços de pesquisa acústica, conserto de vazamentos em redes e ramais, e o gerenciamento da pressão no DMC, visto que no ponto crítico a pressão encontra-se abaixo do mínimo que deve ser fornecido de 10 mca.

Importante salientar que o período de análise de março de 2021 a março de 2022, foi realizado considerando a data de leitura e faturamento, sendo feita do dia 8 de um mês ao outro. As demais análises, como a Vazão Mínima Noturna, seguiram o mesmo intervalo.

## 5.6 AVALIAÇÃO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS

Com base na análise do parque de hidrômetros do DMC Colônia Santana, realizada no software HidroLupa, foi possível obter a relação da quantidade de hidrômetros em comparação com a idade de instalação. A Tabela 15 apresenta a relação da idade x quantidade dos medidores existentes no DMC.

Tabela 15 – Análise da relação idade x quantidade de hidrômetros.

Tempo de instalação do hidrômetro (anos)	Quantidade de ligações consideradas	Porcentagem (%)
1	186	25,65%
2	142	19,58%
3	51	7,03%
4	30	4,14%
5	59	8,14%
6	30	4,14%
7	34	4,69%
8	34	4,69%
9	29	4,00%
10	71	9,79%
11	22	3,03%
12	6	0,83%
13	4	0,55%
14	5	0,69%
15 ou mais	22	3,03%
<b>Total:</b>	<b>725</b>	<b>100%</b>

Fonte: HidroLupa (CASAN, 2022).

### **5.6.1 Substituição de hidrômetros**

Constata-se pela Tabela 15 que 17,93% dos hidrômetros da área de pesquisa possuem 10 ou mais anos de instalação, ou seja, pelos critérios adotados pela CASAN mencionados no item 4.4.1, esses hidrômetros devem ser substituídos.

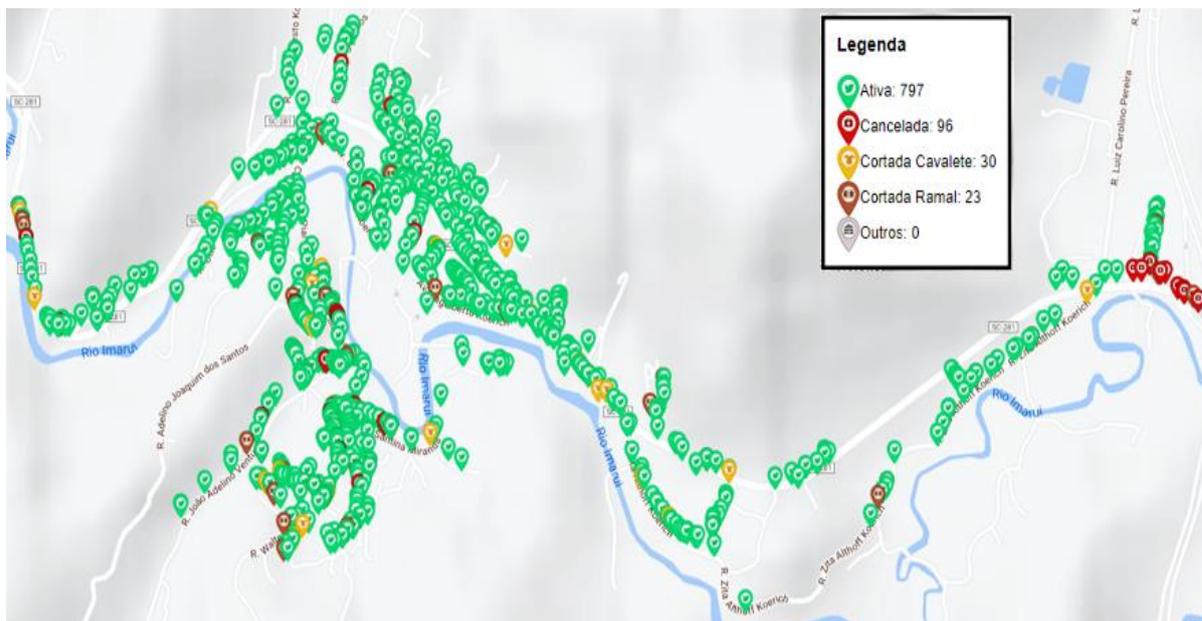
Pela avaliação dos critérios mencionados no item 4.4.1, foram identificados que 146 hidrômetros precisam ser substituídos, pois apresentaram queda na medição, fatura e/ou consumo, e 130 hidrômetros possuem 10 anos ou mais de instalação. Essas substituições são indispensáveis, já que podem representar significativa melhora no índice de perdas de faturamento e no volume de perdas aparentes.

Portanto, existem 276 hidrômetros que precisam ser substituídos. Como esses fatores podem influenciar de alguma forma nos volumes micromedidos e gerar diminuição no faturamento, a substituição desses micromedidores é uma ação de melhoria que pode apresentar resultados positivos, pois acarretaria em benefícios para a Companhia, em relação ao aumento da receita pela micromedição dos volumes consumidos e diminuição do Índice de Perdas de Faturamento (IN013).

### **5.6.2 Controle de fraudes e ligações clandestinas**

Com a utilização do Sistema de Informações Geográficas (GIS) da CASAN, realizou-se um levantamento da situação das unidades consumidoras do DMC Colônia Santana, conforme pode ser visualizado na Figura 20. Pela verificação realizada em 16/05/2022, foram listadas a quantidade de unidades por situação que se encontram (ativas, canceladas, cortadas no cavalete ou cortadas no ramal).

Figura 20 – Situação das Unidades Consumidoras do DMC Colônia Santana.



Fonte: Sistema Domo CASAN (2022).

Pela verificação no GIS, o quantitativo da situação das unidades são:

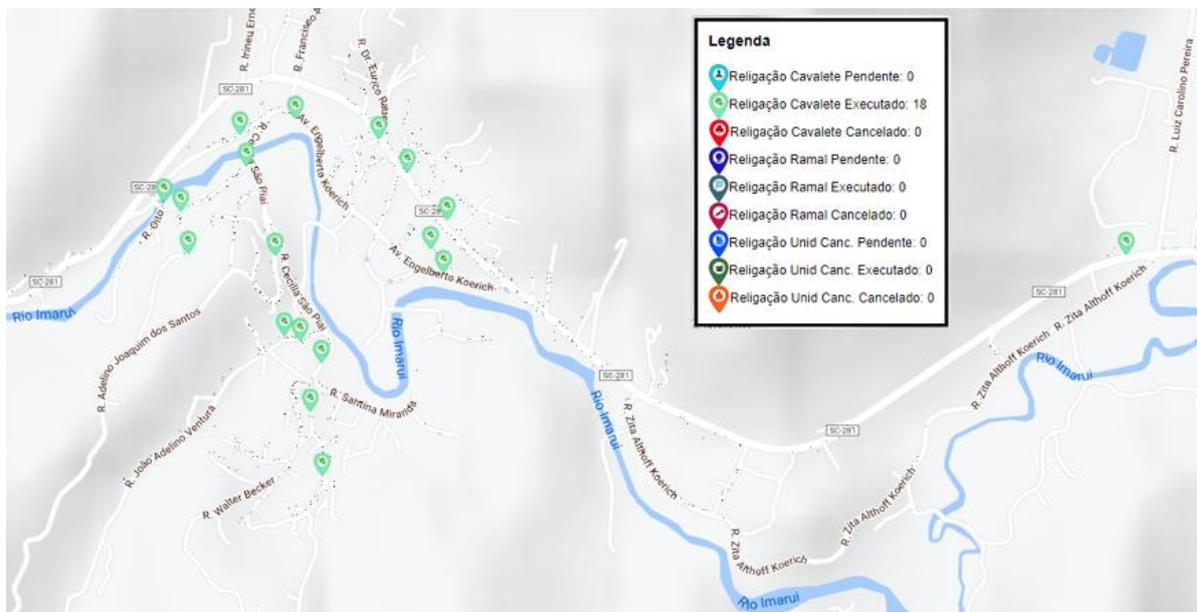
- Ativas: 797
- Canceladas: 96
- Cortadas no cavalete: 30
- Cortadas no ramal: 23

As unidades que apresentam situação como canceladas, cortadas no cavalete ou ramal necessitam de verificação para constatar a existência de irregularidades. Subentende-se que, quando uma unidade é cortada, seja no cavalete ou ramal, deve regularizar sua situação perante à Companhia, com o pagamento de faturas em atraso, parcelamento ou pagamento de multas, para que a ligação seja religada. Se o usuário teve sua unidade cortada no cavalete ou ramal e não solicitou religação, isso é um indício de possível ocorrência de fraude.

Com a verificação das unidades consumidoras no Sistema Comercial Integrado (SCI) da CASAN, é possível verificar a existência de pedidos de religação e, com isso, fiscalizar as unidades que não efetuaram o pedido, pois existe a possibilidade da existência de irregularidades.

Pelo sistema GIS é possível verificar o número de religações de cavalete ou ramal, efetuadas nos últimos 6 meses, conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 – Quantitativo dos serviços de religação (pendentes, executados ou cancelados).

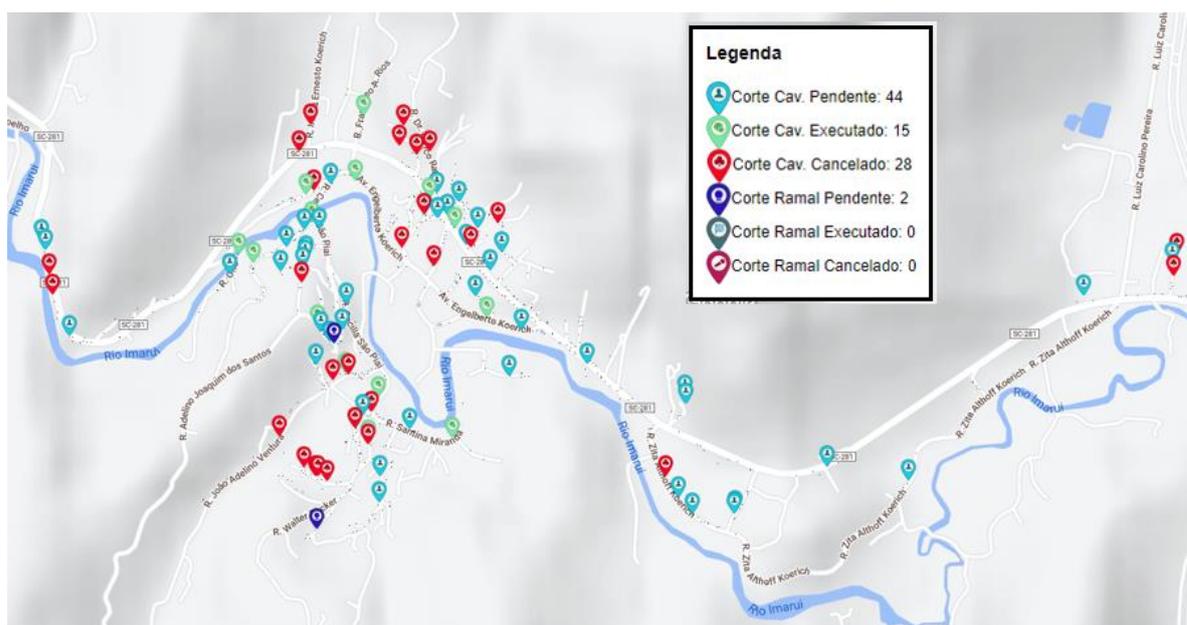


Fonte: Sistema Domo CASAN (2022).

Visualiza-se na Figura 21, que nos últimos 6 meses foram executados 18 serviços de religação de cavalete e nenhum serviço de religação no ramal foi executado. Isso reforça a ideia de que pode haver unidades irregulares, utilizando água sem que seja micromedida e faturada.

No GIS também é possível verificar as unidades consumidoras que possuam cortes de cavalete ou ramal pendentes, executados ou cancelados, como apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Quantitativo dos serviços de corte de cavalete e ramal.



Fonte: Sistema Domo CASAN (2022).

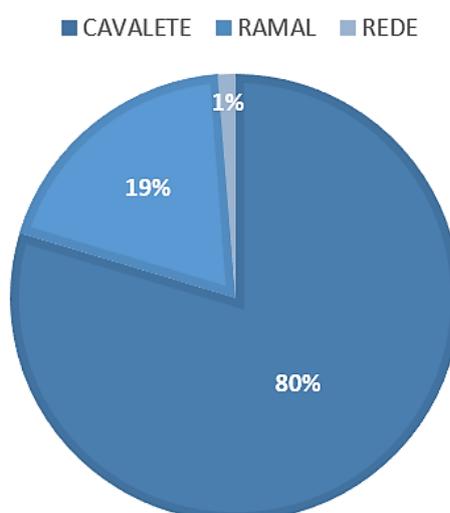
Em relação aos serviços de cortes, existem 44 solicitações pendentes para corte no cavalete, e 2 solicitações para corte no ramal. Comparando-se as Figuras 21 e 22, nota-se que existem mais cortes pendentes do que religações executadas. É válida a verificação das unidades com solicitações de corte para que, no caso de unidades que não tenham regularizado sua situação, sejam os cortes realizados para que os usuários não continuem consumindo água sem pagar, impactando no faturamento da Companhia. Para sanar essa problemática, os serviços de fiscalização devem ser mais rigorosos, para impedir o consumo de água indevido.

O controle das fraudes e ligações clandestinas é fundamental para garantir às empresas responsáveis pela distribuição de água que os volumes disponibilizados sejam efetivamente faturados, gerando aumento da receita. Essas ações podem ser realizadas a partir da constante verificação das unidades com ligações cortadas e/ou canceladas, e também dos pedidos de religação, através dos sistemas comerciais, e também pela verificação *in loco* das unidades cortadas.

## 5.7 RESULTADO DA QUANTIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

Pela análise dos serviços de manutenção executados no período do estudo, de março de 2021 a março de 2022, foram quantificadas as solicitações de conserto por tipo de serviço, conforme apresentado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Quantitativo dos serviços de manutenção executados no DMC Colônia Santana.

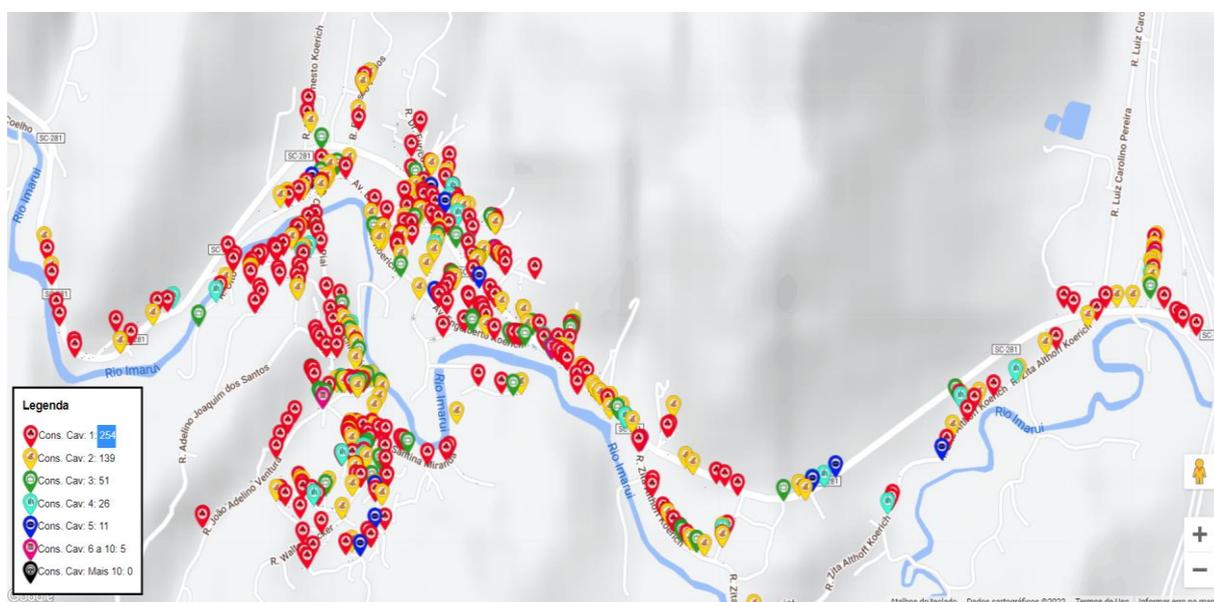


Fonte: Elaborado pela Autora, 2022.

Foram efetuados ao todo 497 serviços de manutenção, o que inclui manutenções em cavaletes, ramais e redes. Conforme o Gráfico 10, do total de manutenções, 80% foram efetuadas em cavaletes, o que sinaliza a necessidade de adoção de padronização nos consertos realizados. As pressões de abastecimento elevadas contribuem para as avarias nas estruturas dos cavaletes.

Com apoio do Sistema GIS, pode-se visualizar, por exemplo, a quantidade de manutenções de cavalete e/ou ramal por unidade consumidora, como são apresentados na Figura 23.

Figura 23 – Quantitativo dos consertos de cavalete por unidade consumidora.

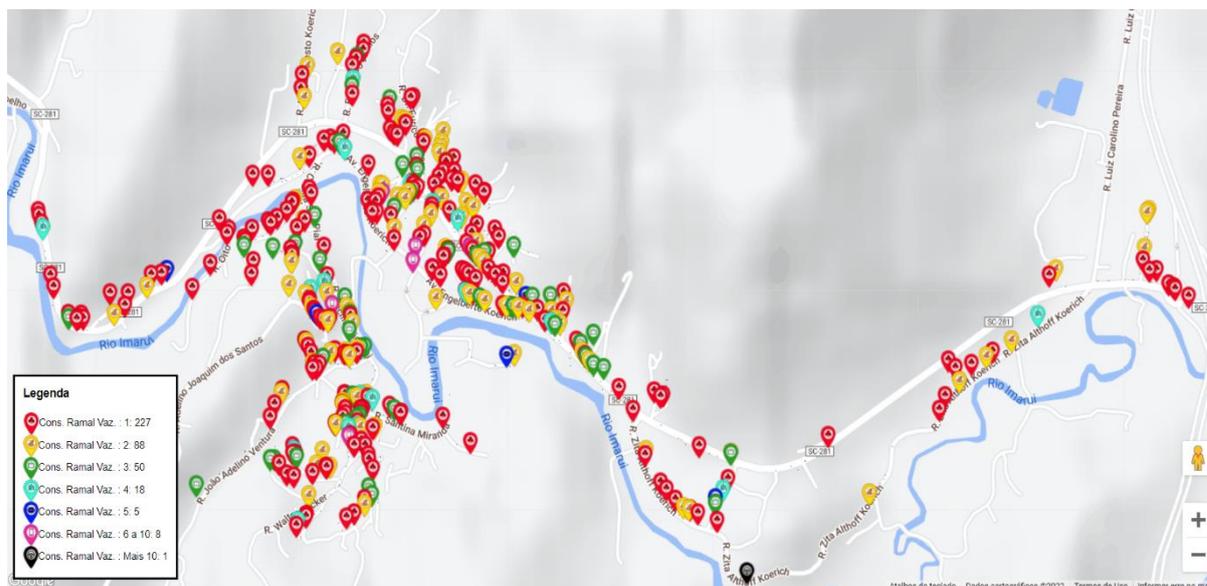


Fonte: Sistema Domo CASAN (2022).

Pela Figura 23, verifica-se a existência de 232 unidades consumidoras nas quais já foram executados dois ou mais serviços de manutenção no cavalete. Isso indica a necessidade de melhoria das peças utilizadas, ou a adoção de ligações padronizadas, utilizando-se materiais de qualidade e mão-de-obra adequada para execução.

A Figura 24 apresenta a quantidade de serviços de manutenção no ramal por unidade consumidora.

Figura 24 – Quantitativo dos consertos de ramal por unidade consumidora.



Fonte: Sistema Domo CASAN (2022).

Pelo Sistema GIS foi possível averiguar a existência de 170 unidades com mais de dois serviços de manutenção no ramal. Dessa forma, é válida a verificação dessas unidades para avaliar a necessidade de substituição do ramal de ligação e/ou cavalete, para contribuir na diminuição das perdas de água que ocorrem no DMC Colônia Santana.

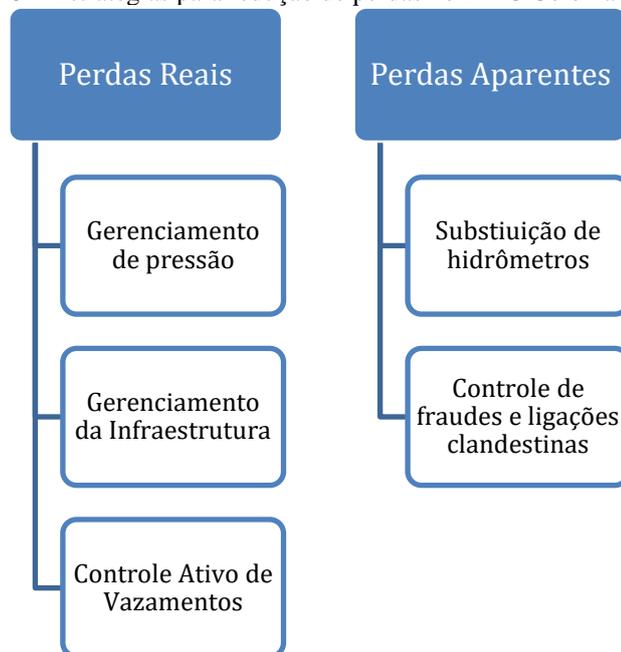
## 6 RESUMO DAS MELHORIAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS NO DMC COLÔNIA SANTANA

Após a avaliação das perdas no DMC Colônia Santana, constatou-se a necessidade de melhorias para controle e redução das perdas. Dessa forma, traçar estratégias para reduzir os volumes de água perdidos é fundamental para aumentar a eficiência dos serviços prestados. A adoção de um programa ou plano de ações para redução e controle das perdas, deve dar enfoque ao atendimento de problemas na macromedição, micromedição, vazamentos, controle de fraudes e manutenção de redes (BUSTAMANTE, 2002 *apud* BORGES, 2007, p. 04).

Com os resultados obtidos através da aplicação dos métodos para avaliação das perdas, realizou-se um levantamento das possíveis melhorias para reduzir as perdas no DMC. As propostas de melhorias foram mencionadas no item 5, e foram estabelecidas de acordo com os problemas observados na área de pesquisa: gestão de pressão, redes despadronizadas, vazamentos ocultos, substituição de hidrômetros e controle de fraudes.

A Figura 25 apresenta as propostas de melhorias para redução de perdas de água no DMC Colônia Santana, dividindo-se em perdas reais e aparentes.

Figura 25 – Estratégias para redução de perdas no DMC Colônia Santana.



Fonte: Elaborado pela Autora, 2022

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante aplicação dos métodos para avaliação das perdas, constatou-se que o DMC Colônia Santana possui elevado índice de perdas.

O monitoramento da pressão realizado nos pontos crítico e médio, expôs a necessidade de ações referentes à gestão de pressão, pois as pressões não satisfazem a NBR 12218/2017.

A média para a Vazão Mínima Noturna (VMN) foi de 4,48 L/s, e para a VMN *esperada* o valor calculado foi de 3,25 L/s. Logo, é evidente a necessidade de intervenção no local, como execução de pesquisa acústica para detectar vazamentos ocultos, para atingir a VMN ideal.

Pelo Balanço Hídrico constatou-se a necessidade de intervenção em relação às perdas reais, pois é a maior parcela do volume perdido. São indispensáveis ações de controle, visto que o comportamento dos índices de Perdas na Distribuição e Perdas por Ligação, por exemplo, foi de aumento significativo durante o período analisado.

Sobre os Indicadores de Desempenho, apenas o Índice de Hidrometração apresentou valor ótimo. O Índice de Perdas de Faturamento e Perdas na Distribuição estão acima do que é considerado ótimo pelo Instituto Trata Brasil, já que consideram padrão de excelência em perdas municípios que possuem indicadores inferiores a 25% (TRATA BRASIL, 2021). O Índice de Perdas por Ligação apresentou média superior ao que é considerado ótimo pelo Instituto Trata Brasil (250 litros/lig./dia).

Com aplicação da Matriz de Avaliação de Perdas do Banco Mundial, o DMC apresentou categoria de desempenho técnico B, para a qual a matriz indica aplicação de ações voltadas à gestão da pressão, controle ativo de vazamentos e melhor manutenção nas redes de abastecimento.

Nas avaliações das perdas realizadas, percebe-se a importância de ações para melhorar as condições de abastecimento e os índices de perdas. É imprescindível intervenções relacionadas ao combate das perdas reais e aparentes. Para redução das perdas reais, as ações indicadas são: gerenciamento da pressão, gerenciamento da infraestrutura (levando em consideração redes envelhecidas, com material obsoleto e/ou com recorrência de serviços de manutenção) e controle ativo de vazamentos; para as perdas aparentes: substituição de hidrômetros, controle de fraudes e ligações clandestinas.

Como o bairro Colônia Santana é o único Distrito de Medição e Controle do município de São José, sugere-se que o monitoramento das perdas continue, e que seja realizada intervenção na pressão do local. Como sugestão para trabalhos futuros, ressalta-se a importância da aplicação da simulação hidráulica, para dar subsídios para elaboração de melhorias que

contribuam com o aperfeiçoamento do abastecimento no DMC. Ademais, a simulação hidráulica pode contribuir para diminuição das perdas totais, o que pode ser viável também para verificar se existem redes subdimensionadas, e assim efetuar a substituição das mesmas.

Como a pressão no ponto médio escolhido deu um valor muito alto e pode não refletir a realidade da área de pesquisa, indica-se como sugestão para futuros estudos adoção de outra forma de escolha do ponto médio, como por exemplo o que a AESBE indica na Série Balanço Hídrico (2015), citada no item 2.3.1.1, para dar continuidade nas avaliações das perdas no DMC Colônia Santana.

## REFERÊNCIAS

(AESBE), Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico – Guias Práticos**. Distrito Federal, 2015. 6 v. Disponível em: <https://aesbe.org.br/novo/guias-praticos-externa/>. Acesso em: 24 abr. 2022.

(ABES) – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS NOS SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**: posicionamento e contribuições técnicas da abes. 2015. Revisão 1. Disponível em: [https://www.abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](https://www.abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf). Acesso em: 19 jun. 2022.

AGESAN – Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina. **RELATÓRIO DE FISCALIZAÇÃO: Fiscalização Inicial dos Serviços de Saneamento Básico**. Florianópolis: Diretoria de Regulação e Fiscalização – DREF, 2015. (Relatório nº 037/2015).

AGUIAR, Débora Cuneo. Avaliação de Metodologia para Gestão de Perdas em um Distrito de Medição e Controle no Município de Florianópolis/SC. 2020. 91 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

AMORIM, M. M. L.; CAMPOS, M. A. S. **Determinação da vazão de projeto para a escolha dos hidrômetros de edificações residenciais com medição individualizada**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 403-420, jan./mar. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000100511>.

BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; CHEUNG, Peter Batista. **Perdas de água: Tecnologias de Controle**. João Pessoa: Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba, 2013. 220 p. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/pdf/perdas\\_agua.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/pdf/perdas_agua.pdf). Acesso em: 10 out. 2021.

BORGES, E. J. B. **Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição**. 88 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS – MDIC. **INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO**. Portaria nº 295, de 29 de junho de 2018. Brasília, 2021. Disponível em: <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002515.pdf>

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília: Funasa, 2014. 172 p

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA**:

**DTA – Documento Técnico de Apoio nº A2 – Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água.** Brasília, DF, 2003. 80 p.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.

CIANFANELLI, Mario Manzini. **Fluxo simplificado e fórmulas para apuração das perdas de água na distribuição.** Figura 5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Fluxo-simplificado-e-formulas-para-apuracao-das-perdas-de-agua-na-distribuicao\\_fig10\\_248381200](https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Fluxo-simplificado-e-formulas-para-apuracao-das-perdas-de-agua-na-distribuicao_fig10_248381200). Acesso em: 20 maio 2021.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **MANUAL DO USUÁRIO CASAN.** 2ª Edição, Revista e atualizada Divisão de Políticas Comerciais-DIPCO/GCO. Florianópolis, 2015 Disponível em: [https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos\\_Download/20151021-ManualFinalizado-2.pdf](https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/20151021-ManualFinalizado-2.pdf). Acesso em: 15 jun. 2022.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **MANUAL BADOP ÁGUA STEC/M/001.** 2022.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **SISTEMA INTEGRADO RIO DO SUL.** Disponível em: [https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/images/Noticias\\_Conteudo/REVISTA%20RIO%20DO%20SUL%20PARA%20SITE.pdf](https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/images/Noticias_Conteudo/REVISTA%20RIO%20DO%20SUL%20PARA%20SITE.pdf). Acesso em: 16 jun. 2022.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **RENOVAÇÃO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS BENEFICIA USUÁRIOS DA COMPANHIA.** 2021. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/renovacao-do-parque-de-hidrometros-beneficia-usuarios-da-companhia#0>. Acesso em: 16 jun. 2022.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **REAFIRMA EM REPORTAGEM AÇÕES PARA REDUZIR PERDAS DE ÁGUA.** 2015. Disponível em: <https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-reafirma-em-reportagem-acoes-para-reduzir-perdas-de-agua#0>. Acesso em: 16 jun. 2022.

FEIL, Alexandre André; HAETINGER, Claus. **Previsão de consumo de água via modelagem matemática de sistema de abastecimento de água.** Revista Dae, [S.L.], v. 62, n. 195, p. 32-46, 2014. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.119>.

GOMES A. S. e outros. **Guias Práticos da Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE).** Brasília, 2014. Disponível em: [www.aesbe.org.br](http://www.aesbe.org.br).

HAMDAN, Otávio Henrique Campos; LIBÂNIO, Marcelo; COSTA, Veber Afonso Figueiredo. **Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1183-1194, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019185444>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **PERDAS DE ÁGUA 2020 (SNIS 2018): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO**. São Paulo: Trata Brasil, 2020.

MARTENDAL, Moisés Francisco. **CONTROLE OPERACIONAL DO SAA DE ÁGUAS MORNAS ESTUDO DE CASO PARA CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA**. 2020. 97 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

MARTINS, Matheus Rodrigues. **USO DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA NA TOMADA DE DECISÃO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia Prático: Técnicas de operação em Sistemas de Abastecimento de Água / organização**, Airton Sampaio Gomes. Brasília: SNSA, 2007. 5 v.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Planejamento e Gestão: Ações de assistência técnica em redução e controle de perdas de água e uso eficiente de energia elétrica**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Snsa, 2018. (Volume 2). Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/publicacoes-acertar/perdas/Vol.2-Planejamento-e-Gestao.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.

Miranda, E. C. (2002). **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade**. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM – 57/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p

MORRISON, John *et al.* **District Metered Areas: guidance notes**. Ara: International Water Association (Iwa), 2007. Version 1.

MOURA, Eulina Maria de ; DIAS, Isabelly Cícera Souza ; SILVA, Jussara Severo da ; SILVA, Ferdnando Cavalcanti da. **Abordagem sobre Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento: Breve Explicação sobre os Tipos e Principais Causas**. In: IV SEREA- Seminário Hispano-brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água, 2004, João Pessoa. IV SEREA- Seminário Hispano-brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água, 2004.

NOVAES, L. F.; BRESSANI, F.. **Plano Diretor de Combate às Perdas de Água**. XVIII Simpósio de Recursos Hídricos, 22 a 26 NOV. 2009 – Campo Grande – MS, Brasil. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/70aca6b0a6d3271042d0d2271f94531d\\_87f1d66519764c8c35cad8354e010cc6.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/70aca6b0a6d3271042d0d2271f94531d_87f1d66519764c8c35cad8354e010cc6.pdf) >. Acesso em 24 Abr. 2022. 13p.

NOVAES, Luciano Farias de; BRESSANI, Fabrício. **IMPORTÂNCIA DA PITOMETRIA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Humanos (ABRH), 22 a 26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS.

OLIVEIRA, M. L. (2016). **Desenvolvimento de Método para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Aplicação no Caso da RIDE DF e Entorno**.

Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTRH.DM – 180/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 235p.

QUEIROZ, Rogério Moura de. **Redução de perdas físicas empregando a setorização de redes de distribuição de água: estudo de caso Cocalzinho de Goiás-GO**. 137 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Engenharia Agrícola, Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2016.

RODRIGUES, Mário Leo de Oliveira; FACCIOLI, Gregorio Guirado. "**Avaliação do sistema agreste de abastecimento de água potável**". In Caracterização ambiental e hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica – volume 1. Editora Poisson, 2020. <http://dx.doi.org/10.36229/978-65-86127-79-9.cap.05>.

ROSSIGNEUX, Nanci Veriane Quintas; FERNANDES, Cristovão Vicente Scapulatempo. **ESTABELECENDO A IMPORTÂNCIA RELATIVA DO CONTROLE DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA – O EXEMPLO DE UMA REDE HIPOTÉTICA**. In: SEMINÁRIO HISPANO-BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA (SEREA), 4., 2004, João Pessoa. Seminário. João Pessoa: Serea, 2004. p. 1-6.

SANCHEZ, J. G. **Dimensionamento de Hidrômetros e análises de traços**. In: Dimensionamento de Hidrômetro, 1997, São Paulo. 19º Congresso Brasileiro Engenharia Sanitaria, 1997.

SANTOS, Danielle Dionisia. **AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PARA CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO NO RECIFE-PE**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SANTOS, Danielle Dionisia; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima. Avaliação da Metodologia para redução de perdas de água no recife-PE. **Revista Dae**, [S.L.], v. 62, n. 197, p. 56-70, 2014. *Revista DAE*. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.128>.

SANTOS, Hygor Augusto Barbosa *et al.* **ESTRATÉGIAS DE EQUILÍBRIO ECONÔMICO FINANCEIRO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ESTUDO DE CASO**. *Revista Técnico Científica do Crea PR*, n. 26, p. 1-15, jul. 2021. Quadrimestral.

SÃO PAULO. SUPERINTENDÊNCIA DE ÁGUA E ESGOTO DE CATANDUVA – SAEC. **. SETORIZAÇÃO DE REDES DE ÁGUA – PARQUE FLAMINGO**. Disponível em: <https://www.saec.sp.gov.br/site/index.php/setorizacao-de-redes-de-agua-parque-flamingo/>. Acesso em: 20 maio 2021.

SEROV, Dmitry. Information technologies implementation for reducing water losses in water supply systems. *E3S Web Of Conferences*, [S.L.], v. 164, p. 01005, 2020. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202016401005>.

SILVA, Francisco Luciveldo Braga da. **PROJETO DE OTIMIZAÇÃO DA ADUTORA DE ÁGUA TRATADA EM REDENÇÃO – CE**. 2018. 40 f. Tese (Doutorado) – Curso de Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos Para A Gestão Municipal de Recursos Hídricos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018.

SILVA, N. R. (2008). **Estudo de Metodologias Para Avaliação de Submedição de Hidrômetros Domiciliares Em Sistemas de Água**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-116/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143p.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: visão geral ano de referência 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 13 jun. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Glossário de Indicadores – Água e Esgotos: Indicadores econômico-financeiros e administrativos**. 2020. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/Glossario\\_Indicadores\\_AE2020.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/Glossario_Indicadores_AE2020.pdf). Acesso em: 13 jun. 2022.

SOUZA JÚNIOR, José do Carmo de. **DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**. 2014. 182 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

TARDELLI, Jairo. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Revista Dae, [S.L.], v. 64, n. 201, p. 6-20, 2015. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2015.012>.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2006. 643 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VINCIGUERA, V. **Avaliação do Impacto da Redução de Pressão nas Perdas Reais em Setor de Distribuição de Água do Município de Campo Grande – MS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009. 81 p.

VON SPERLING, Tiago Lages; VON SPERLING, Marcos. **Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 313-322, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522013000400003>

## APÊNDICES



**APÊNDICE A – Tabela A: Vazão Mínima Noturna (VMN)**

(continuação)

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
						3,07	3,07	2,93		
3,1	3,49	2,97	2,83		2,94	3,19	3,23			
4,65	5,24	4,52	4,58	4,4	4,53	4,6	5	4,72	4,97	4,97
3,44	3,42	3,29	3,39	3,52	3,34	3,49	3,33	3,27	3,24	
3,32	3,33	3,49	3,66	4,42	3,56	3,01	3,15	3,2	3,38	3,19
3,98	3,65	3,63	3,51	3,6	3,53	3,79	3,54	3,81	3,9	
3,89	3,99	4,22	4,03	4,15	3,94	3,76	3,85	4	4,22	4,17
4,99	5,45	5,5	4,96	4,9	5,15	4,34	4,22	4,71	4,25	4,43
4,58	4,78	4,95		4,66		4,74		5,17	4,55	
				5,75	5,43	4,44	4,74	5	4,96	4,54
4,86					4,83	5,07	4,55	-1,64	5,84	
5,3	5,33	5,22	5,77	5,82	5,46	5,4		5,79	5,41	5,30
4,75	4,96	4,93	4,76	4,68	4,67	4,69	4,43	4,59	4,48	4,76
4,98	4,84	4,77	5,19	4,96	4,9	5,1	4,98			
4,82	4,79	4,88	4,61	5,64	5,66	5,03	4,65	5,01	4,63	5,49