

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Natália da Silva

**Caracterização de um sistema de rede de distribuição de água em um Distrito de  
Medição e Controle com zonas de pressão distintas**

Florianópolis

2022

Natália da Silva

**Caracterização de um sistema de rede de distribuição de água em um Distrito de  
Medição e Controle com zonas de pressão distintas**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Coorientador: Eng.º Guilherme Augusto de Matheucci e Silva Teixeira, Me.

Florianópolis

2022

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

Silva, Natália da

Caracterização de um sistema de rede de distribuição de água em um Distrito de Medição e Controle com zonas de pressão distintas / Natália da Silva ; orientador, Ramon Lucas Dalsasso, coorientador, Guilherme Augusto de Matheucci, 2022.

87 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Sistema de abastecimento de água. 3. Distrito de Medição e Controle. 4. Rede de abastecimento de água. 5. Autorização de serviço. I. Dalsasso, Ramon Lucas . II. Matheucci, Guilherme Augusto de . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Natália da Silva

**Caracterização de um sistema de rede de distribuição de água em um Distrito de  
Medição e Controle com zonas de pressão distintas**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Florianópolis, 22 de abril de 2022.

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Elisa Magri, Dr<sup>a</sup>.

Coordenadora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

---

Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Eng.º Guilherme Augusto de Matheucci e Silva Teixeira, Me.

Coorientador

Universidade Federal de Santa Catarina

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup>. Patrícia Kazue Uda, Dr.<sup>a</sup>.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

*Para Geovani e Edinéia. É uma honra dividir esta vida com  
você. Minha eterna gratidão, por tudo.*

## AGRADECIMENTOS

Sempre gostei de escrever cartas, pois acredito que através das palavras é possível expressar meus sentimentos e principalmente gratidão pelas pessoas por quem tenho muito carinho. Então, para mim, escrever os agradecimentos do meu tão esperado TCC é uma alegria e uma honra.

Para percorrer este caminho chamado vida e conseguir chegar até aqui eu contei com o apoio dos meus pais, duas pessoas extraordinárias pelas quais eu deixo meu maior e mais sincero agradecimento.

Ao meu pai, Geovani, muito obrigada por sempre cuidar tão bem de mim, o apelido de pai protetor se encaixa perfeitamente no tipo de pai que você sempre foi. Você esteve sempre disposto a me ajudar e a garantir meu conforto para que eu conseguisse estudar. E foi por você, pai, que eu escolhi minha profissão, então se hoje estou encerrando este curso foi por influência sua, e como eu sempre digo, nada é por acaso nessa vida. Te amo pai.

A minha mãe, Edinéia, minha maior incentivadora nos estudos, quem desde o começo da minha vida escolar já tinha uma visão de como garantir que eu trilhasse o melhor caminho acadêmico. Ela, que sempre me cobrou nas notas e reforçava que fazia isso para o meu bem, pois ela sabia que eu colheria bons frutos. Minha parceira e melhor amiga para sempre, meu maior exemplo de ser humano, de mulher e de profissional. Você será sempre minha maior inspiração da vida, meu eterno muito obrigada, por tudo, eu te amo.

Uma pessoa que eu jamais esquecerei, minha avó Ivone, que sempre me escuta, dá carinho e conselhos, a pessoa que sempre reza por mim quando eu apareço na casa dela dizendo que algo na vida está difícil. Você sempre me deu amor e fez o mais importante por mim: acreditou na minha capacidade de superar tudo. Obrigada vó, te amo.

Para as pessoas que estiveram comigo durante os quase seis anos de faculdade, começo agradecendo ao meu namorado Filipe, que durante períodos de estresse na faculdade conseguia me distrair com sua alegria contagiante, mostrando que são nesses obstáculos da vida que precisamos das pessoas mais importantes ao nosso lado.

Certamente, grandes amigas que a graduação me apresentou não poderiam estar de fora deste agradecimento: Clarice, Dai e Lidi muito obrigada por tudo! Neste tudo eu me refiro desde as companhias nas filas gigantescas do RU, até nas parcerias perfeitas para os trabalhos

acadêmicos, e principalmente por todo suporte emocional que vocês me deram, porque quem vive a faculdade sabe que é muito difícil passar por ela sem amigos verdadeiros.

Os agradecimentos para a elaboração deste trabalho iniciam com meu orientador, professor Ramon, com sua ajuda consegui lapidar uma ideia básica em um tema de TCC. Obrigada também pelo suporte e incentivo para que este trabalho fosse realizado.

Ao meu coorientador, Guilherme, um muito obrigada seria irrisório comparado com o tamanho da minha gratidão. Não foram poucas as mensagens que trocamos, ou a quantidade de reunião que realizamos durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Todos os ensinamentos transmitidos, desde os mais simples na formatação do texto, até os mais complexos nas planilhas de *Excel*, jamais serão esquecidos. Sortudas são as pessoas que tem o privilégio de não apenas te conhecer, mas poder aprender contigo.

Para a obtenção dos inúmeros dados necessários para minha análise o agradecimento especial é para minha amiga, engenheira Daniela, você foi uma luz no fim do túnel que eu conheci na CASAN e por quem serei eternamente grata. Sua ajuda na obtenção das informações e nossas reuniões para desvendar algumas planilhas jamais serão esquecidos. Muito obrigada.

Também na CASAN, empresa na qual tive a oportunidade de estagiar, eu agradeço em especial minha supervisora de estágio, engenheira Adriana, uma mulher admirável, como pessoa e profissional. Obrigada por sempre estar disposta a esclarecer minhas dúvidas, seus ensinamentos ficarão sempre em minha memória.

Aos demais funcionários da CASAN, que me ajudaram nas mais simples tarefas até as mais complexas, minha gratidão. Ao amigo Marquinho, que se disponibilizou a uma saída de campo para coletar informações, muito obrigada.

Deixo registrada minha gratidão a minha cachorra Mel. Pode parecer um agradecimento incomum, mas ela é minha companheira à catorze anos, já na época da escola, enquanto eu estudava para as provas ela estava ao meu lado. Então, quando eu lembro da minha vida acadêmica ela está comigo. Por este motivo, obrigada Melzinha.

Para finalizar, todos que fizeram parte da minha vida e contribuíram de alguma maneira para minha evolução e amadurecimento, tanto pessoal, quanto acadêmica, muito obrigada. Gestos de gentileza, quando sinceros e de coração jamais serão esquecidos.

*“Mais fácil me foi encontrar as leis com que se movem os corpos celestes, que estão a milhões de quilômetros, do que definir as leis do movimento da água que escoam frente aos meus olhos”.*

(GALILEI, s.d.)

## RESUMO

Visando à universalização dos serviços de saneamento básico, o setor de abastecimento de água necessitou ampliar seu sistema de distribuição. Sendo a rede de distribuição o componente final deste sistema, há necessidade de priorizar não apenas a ação quantitativa, como também qualitativa da mesma. Por ser uma infraestrutura urbana, as redes de água também sofrem limitações e degradações em razão dos materiais utilizados, bem como, execução da obra. São os serviços de operação e manutenção que visam solucionar problemas de vazamentos e faltas de água em redes, ramais prediais e cavaletes. A partir disto, este trabalho visou a caracterizar em termos de operação e manutenção a rede de distribuição de água do Distrito de Medição e Controle Santo Antônio/Sambaqui no município de Florianópolis/SC com a finalidade de facilitar a identificação de locais e/ou características que estejam susceptíveis a vazamentos e que carecem de atenção e estudos. Para atender este objetivo foram utilizadas informações cadastrais das características construtivas da rede, um histórico de autorização de serviço no período de outubro de 2016 até setembro de 2021, indicadores de desempenho operacional e uma análise estática pelo teste *t-student*. O local de estudo caracterizou-se pela forte variação topográfica, bem como pela presença de cinco *boosters*. Pelo cadastro da rede implantada, a extensão total de tubulação em funcionamento é de 28 km, com diâmetros variando entre 32 mm e 150 mm. No período de análise foram executados 4.818 serviços, destes 1.020 enquadram-se na categoria conserto de cavalete, a mais expressiva entre os componentes do sistema. Na análise sazonal destas autorizações, a categoria Veraneio apresentou o maior número de ocorrências, sendo 2.728 casos. Neste estudo, foram calculados os indicadores de desempenho Op31, no qual destaca-se 598 avarias/100 km de rede, e Op32, que contabilizou 138 avarias em cavaletes/1000 ramais. Quanto a análise estatística temporal, o teste de hipóteses de média confirmou com mais de 95% de confiabilidade, que o número de serviços na categoria “Veraneio” é maior se comparado com a categoria “Não veraneio”. Para a análise estatística espacial, utilizando o mesmo teste e a mesma confiabilidade, foi constatado que locais com pressão acima de 40 m.c.a. há mais vazamentos em cavaletes e ramais prediais. Confirmando, portanto, que existe influência sazonal e espacial nas demandas de serviços de operação nesta rede de água.

**Palavras-chave:** Distrito de Medição e Controle. Autorização de Serviço. Indicadores de Desempenho.

## ABSTRACT

Aiming at the universalization of basic sanitation services, the water supply sector needed to expand its distribution system. Since the distribution network is the final component of this system, there is a need to prioritize not only its quantitative action, but also its qualitative one. As it is an urban infrastructure, water networks also suffer limitations and degradation due to the materials used, as well as the execution of the work. These are the operation and maintenance services that aim to solve problems of leaks and water shortages in networks, building branches and trestles. From this, this work aimed to characterize in terms of operation and maintenance the water distribution network of the District of Measurement and Control Santo Antônio/Sambaqui in the municipality of Florianópolis/SC in order to facilitate the identification of locations and/or characteristics that are susceptible to leaks and that need attention and studies. To meet this objective, cadastral information on the constructive characteristics of the network, a service authorization history from October 2016 to September 2021, operational performance indicators and a static analysis by the t-student test were used. The study site was characterized by strong topographic variation, as well as the presence of five boosters. According to the installed network register, the total length of pipeline in operation is 28 km, with diameters varying between 32 mm and 150 mm. During the analysis period, 4.818 services were performed, of which 1.020 fall into the easel repair category, the most expressive among the system components. In the seasonal analysis of these authorizations, the Summer category had the highest number of occurrences, with 2.728 cases. In this study, performance indicators Op31 were calculated, in which 598 breakdowns/100 km of network stand out, and Op32, which accounted for 138 breakdowns in trestles/1.000 branches. As for the temporal statistical analysis, the average hypothesis test confirmed, with more than 95% reliability, that the number of services in the “Summer” category is higher compared to the “Non-summer” category. For spatial statistical analysis, using the same test and the same reliability, it was found that places with pressure above 40 m.c.a. there are more leaks on trestles and building branches. Confirming, therefore, that there is seasonal and spatial influence on the demands for operating services in this water network.

**Keywords:** District of Measurement and Control. Service Authorization. Performance indicators.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema dos componentes de um sistema de abastecimento de água. ....	20
Figura 2 - Esquema de ramal predial. ....	21
Figura 3 - Tipos de vazamento e suas respectivas ações de combate. ....	25
Figura 4 - Exemplo de cavalete e locais susceptíveis a vazamentos. ....	26
Figura 5 - Exemplificação de rede de água e ramal predial, locais que onde podem ocorrer vazamentos. ....	27
Figura 6 - Situações que resultam em perdas reais e ações mitigatórias. ....	28
Figura 7 - Fluxograma metodológico. ....	31
Figura 8 - Localização do DMC Santo Antônio/Sambaqui. ....	32
Figura 9 - Configuração do abastecimento de Florianópolis. ....	33
Figura 10 - <i>Booster</i> localizado na SC-401. ....	35
Figura 11 - <i>Booster</i> localizado na Rua Isid Dutra, em frente ao nº 280. ....	35
Figura 12 - <i>Booster</i> localizado na Rua Isid Dutra, em frente ao nº 723. ....	36
Figura 13 - <i>Booster</i> localizado na Rod. Rafael da Rocha Pires. ....	36
Figura 14 - <i>Booster</i> localizado na entrada da Rua das Ostras. ....	37
Figura 15 - Organização da CASAN em relação às AS. ....	40
Figura 16 - Código de AS solicitadas e suas respectivas categorias. ....	42
Figura 17 - Segregação dos dados após aquisição. ....	44
Figura 18 - Etapas para a execução da análise estatística. ....	48
Figura 19 - Obtenção dos dados para a variável qualitativa da análise estatística espacial. ....	51
Figura 20 - Número de economias, taxa ocupacional e população atendida. ....	53
Figura 21 - Mapa de localização dos <i>boosters</i> no DMC. ....	54
Figura 22 - Área de influência de cada <i>booster</i> . ....	55
Figura 23 - Mapa de caracterização da rede de água do DMC. ....	57
Figura 24 - Mapa de caracterização da rede de água, com foco nos <i>boosters</i> da Rua Isid Dutra. ....	57
Figura 25 - Mapa de caracterização da rede de água com foco nos <i>boosters</i> Rua das Ostras e Antônio Carneio. ....	58
Figura 26 - Mapa topográfico do DMC. ....	59
Figura 27 - Número de serviços executados por período. ....	60
Figura 28 - Número de serviços executados por período e por categoria. ....	61
Figura 29 - Logradouros com o maior registro de serviços. ....	63

Figura 30 - Quantidade de serviço executado considerando os meses do ano.....	64
Figura 31 – Serviços executados por período para as categorias Veraneio e Não veraneio. ...	65
Figura 32 - Serviços executados por categoria de serviço e por categoria de sazonalidade. ...	66
Figura 33 - Resultado dos cálculos para o ID Op31.....	68
Figura 34 – Resultados do cálculo do ID Op32. ....	69
Figura 35 - Visão espacial da pressão estática das economias do DMC.....	72
Figura 36 – Visão espacial do número de ocorrências por economia. ....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição dos componentes de um sistema de abastecimento de água.....	19
Quadro 2 - Tipos de perdas de água. ....	24
Quadro 3 - Indicadores de desempenho operacional estabelecido pela IWA. ....	29
Quadro 4 - Categorias adotadas para a análise estatística temporal .....	50
Quadro 5 – Categorias adotadas para a análise estatística espacial.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Localização dos <i>boosters</i> e suas respectivas pressões de sucção e recalque.....	33
Tabela 2 - Caracterização da rede de distribuição de água do DMC. ....	56
Tabela 3 - Síntese resultados quantitativos de serviços por período e categoria.....	61
Tabela 4 - Logradouros que apresentaram mais de cem serviços dentro do período total de análise. ....	62
Tabela 5 - Serviços executados por período para as categorias Veraneio e Não veraneio.....	65
Tabela 6 - Síntese dos resultados para o indicador de desempenho Op31. ....	68
Tabela 7 – Síntese dos resultados para o indicador de desempenho Op32. ....	69
Tabela 8 – Resultados preliminares para posterior análise estatística temporal.....	70
Tabela 9 - Valores obtidos para a análise temporal com o teste <i>t-student</i> .....	70
Tabela 10 - Resultados preliminares para posterior análise estatística espacial.....	74
Tabela 11 - Valores obtidos para a análise espacial com o teste <i>t-student</i> .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AS Autorização de Serviço

DEFofo Diâmetro equivalente aos tubos de ferro fundido

DMC Distrito de Medição e Controle

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID Indicadores de Desempenho

IWA *Internacional Water Association*

PEAD Polietileno de alta densidade

PVC Policloreto de vinila

SAA Sistema de Abastecimento de Água

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIF Sistema Integrado de distribuição de água de Florianópolis

SCN Sistema Costa Norte

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	USO DA ÁGUA .....	18
2.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Rede de Distribuição de Água .....</b>	<b>21</b>
2.2.1.1	<i>Materiais.....</i>	22
<b>2.2.2</b>	<b>Perdas de água .....</b>	<b>22</b>
2.2.2.1	<i>Perdas Reais .....</i>	23
2.3	INDICADORES DE DESEMPENHO .....	28
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	31
<b>3.1.1</b>	<b><i>Boosters .....</i></b>	<b>33</b>
<b>3.1.2</b>	<b>População atendida.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Rede de distribuição de água.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Escolha da área de estudo .....</b>	<b>38</b>
3.2	OBTENÇÃO DOS DADOS DE AS .....	39
<b>3.2.1</b>	<b>Intervalo de análise.....</b>	<b>40</b>
3.3	SEGREGAÇÃO DOS DADOS.....	41
<b>3.3.1</b>	<b>Segregação para solicitação dos dados .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Segregação para a análise dos dados .....</b>	<b>43</b>
3.4	ESCOLHA DOS INDICADORES DE DESEMPENHO .....	45
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	47

<b>3.5.1</b>	<b>Análise quali-quantitativa.....</b>	<b>47</b>
3.5.1.1	<i>Análise Temporal.....</i>	49
3.5.1.2	<i>Análise espacial.....</i>	50
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	53
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS AS EM TERMOS DE NATUREZA E FREQUÊNCIA.....	60
<b>4.2.1</b>	<b>Avaliação das ocorrências de sazonalidade.....</b>	<b>64</b>
4.3	INDICADORES DE DESEMPENHO .....	67
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	69
<b>4.4.1</b>	<b>Análise estatística temporal .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Análise estatística espacial .....</b>	<b>71</b>
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE A - Tabela auxiliar para a análise estatística. ....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE B – Número de serviços executados por logradouro e por categoria de serviço.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE C - Número de serviços executados por mês considerando todo o período de análise. ....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO A – Códigos de AS solicitadas. ....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO B – Caracterização da rede de abastecimento de água no DMC. ....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sexto objetivo apresentado pela Organização das Nações Unidas (ONU) para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) é garantir acesso à água potável e saneamento para todos. Estes objetivos surgiram na conferência realizada em 2012 e apresentam, no total, 17 metas para transformar o mundo (ONU, 2021).

No Brasil, o saneamento já se tornou um direito com a promulgação da Lei Nº 11.445/2007, a qual apresenta como um dos princípios fundamentais, a universalização do acesso ao saneamento básico, visando à sua ampliação progressiva para todos os domicílios (BRASIL, 2007).

O sistema de abastecimento de água corresponde a um conjunto de infraestruturas e serviços, que tem como principal finalidade proporcionar ao usuário água de boa qualidade, em quantidade adequada e com pressão suficiente. Seus componentes incluem a captação, o tratamento, a reservação e a rede distribuição de água (TSUTIYA, 2006).

Todavia, assim como diversos setores de infraestrutura urbana, o sistema de abastecimento de água possui limitações, que vão desde a vida útil dos materiais até a execução incorreta das obras (TSUTIYA, 2006). Outro problema, também nesta área, é a tendência geral em supervalorizar a “construção”, em detrimento da “operação e manutenção” (TARDELLI FILHO, 2006).

O setor de abastecimento de água, em alguns casos, se restringe a superar as deficiências na cobertura do atendimento com rede de água para a população, deixando a qualidade dos serviços em segundo plano. Esta qualidade de serviço refere-se a buscar uma melhoria contínua e estabelecer padrões para o atendimento das necessidades do usuário (SOARES, 2015).

Torna-se, portanto, equivocada a idealização do funcionamento perfeito das estruturas e equipamentos, da experiência infalível dos operadores ou ainda, da duração infinita dos materiais (TARDELLI FILHO, 2006). Disto, resultam as perdas, que estendem por todos os componentes do sistema de abastecimento (PINTO, 2012).

Conforme ressalta Tardelli Filho (2015), se não forem feitas, regularmente, ações de combate às perdas, estas irão gradativamente aumentar no sistema. Logo, o combate às perdas reais em um sistema de abastecimento de água é uma ação primordial quando pretende-se melhorar sua eficiência (BARRASO e GASTALDINI, 2010).

Segundo Morais, Cavalcante e Almeida (2010) essas perdas devem ser analisadas e gerenciadas com medidas preventivas, buscando melhorar os procedimentos de manutenção e operação das redes de distribuição, atingindo todos os interessados nestes processos, desde o usuário até o funcionário da Empresa, tornando-se, portanto, uma estratégia empresarial.

Diante desse contexto, o presente trabalho está inserido na linha de pesquisa: Sistema de Abastecimento de Água e tem como objetivo caracterizar em termos de operação e manutenção a rede de distribuição de água em um Distrito de Medição e Controle.

O distrito faz parte dos bairros Santo Antônio de Lisboa e Sambaqui, localizados em Florianópolis/SC, e são operados pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN). Para isso, foram utilizadas informações cadastrais das características construtivas da rede, um histórico de autorização de serviço (AS), indicadores de desempenho (ID) operacional e análises estáticas.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho estão apresentados nos itens 1.1.1 e 1.1.2 respectivamente.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar em termos de operação e manutenção a rede de distribuição de água em um Distrito de Medição e Controle, com a finalidade de facilitar a identificação de locais e/ou características que estejam susceptíveis a vazamentos e que carecem de atenção e estudos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar em termos planialtimétrico, da infraestrutura implantada para distribuição de água, e das condições de operação e manutenção em um DMC do Sistema Integrado de distribuição de água de Florianópolis (SIF);
- Caracterizar as ocorrências de manutenção na área de estudo, em termos de sua natureza e frequência;

- Avaliar, através de indicadores de desempenho, a distribuição temporal de ocorrências de manutenção na área de estudo;
- Avaliar a existência de associação entre os serviços de operação e manutenção com a sazonalidade e/ou com a pressão estática na rede.

Hipótese: A partir da análise de dados de Autorização de Serviço (AS), é possível identificar a existência de influência sazonal e/ou espacial nas demandas de serviços de operação e manutenção em uma rede de distribuição de água.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 USO DA ÁGUA

A água sempre foi um elemento vital em todas as culturas e dominá-la sempre foi o alvo de diversos povos, pois disto dependia sua sobrevivência (PITERMAN e GRECO, 2005). No início, as povoações sempre se localizavam próximas às fontes de água, mas com a transformação dos povoados em cidades, aumentando sua extensão, viu-se a necessidade de execução de técnicas para proporcionar a circulação da água (SILVA, 1998).

Segundo Piterman e Greco (2005), as civilizações egípcia, mesopotâmica e grega foram as pioneiras na construção de poços, chafarizes, barragens e aquedutos. Silva (1998) afirma que os aquedutos, embora não tivessem sido criados pelos romanos, foram disseminados por todo o seu Império, por volta do século V a.C.

Com o decorrer do tempo, registrou-se o transporte de água potável das montanhas para as cidades, também por esses dispositivos, em países como Alemanha, Itália, França, Espanha (SILVA, 1998). No Brasil, até metade do século XIX o acesso à água era através de uma distribuição coletiva e gratuita através de chafarizes, bicas e fontes (MURTHA, CASTRO e HELLER, 2015).

Posterior a esta época, houve a transição para o modo baseado em redes de distribuição de água para as residências, sendo São Paulo um ótimo exemplo na aceitação desta mudança (MURTHA, CASTRO e HELLER, 2015). Segundo Silva (1998), apesar dos serviços de abastecimento de água estarem sob encargo do Estado, a infraestrutura era responsabilidade das empresas estrangeiras, restando ao Estado somente a regulamentação das concessões.

Conforme apresentado por Murtha, Castro e Heller (2015), devido a urbanização acelerada e o expressivo crescimento populacional no início do século XX, o país percebeu a necessidade de estabelecer regulações sobre o uso da água. Entre as ações, tomadas com o decorrer dos anos, destaca-se a criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), em 1971, com o objetivo de implantar uma política nacional para provimento, principalmente, de serviços de abastecimento de água (SILVA, 1998).

Para permitir orientar e viabilizar os investimentos no âmbito governamental em relação ao saneamento básico, foi estabelecida por meio da Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, a Política Federal de Saneamento Básico (LEONETI, PRADO E OLIVEIRA, 2011).

Quanto aos aspectos técnicos, a Lei nº 11.445/2007 estabelece que:

Art. 43 - A prestação dos serviços atenderá a requisitos mínimos de qualidade, incluindo a regularidade, a continuidade e aqueles relativos aos produtos oferecidos, ao atendimento dos usuários e às condições operacionais e de manutenção dos sistemas, de acordo com as normas regulamentares e contratuais. (BRASIL, 2007).

Em geral, a lei orienta a ação do governo federal através da definição de um conjunto amplo de diretrizes, objetivos e metas para a universalização do saneamento e define programas, estratégias e ações para investimentos no setor (BRASIL, 2007).

## 2.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo Rossetto e Lerípio (2012) as políticas de saneamento básico tem papel fundamental na melhoria das condições de vida das populações, portanto podem ser consideradas não apenas políticas ambientais, como também sociais. Neste caso, entende-se por saneamento básico um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais, de acordo com o Art. 3º da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020).

Entre os serviços dispostos na lei, está o abastecimento de água potável (BRASIL, 2020). Segundo Tsutiya (2006), um sistema de abastecimento de água é formado por diversos componentes, sendo eles, de maneira geral: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição.

A definição de cada componente encontra-se no Quadro 1 e o esquema da concepção deste sistema está apresentado na Figura 1.

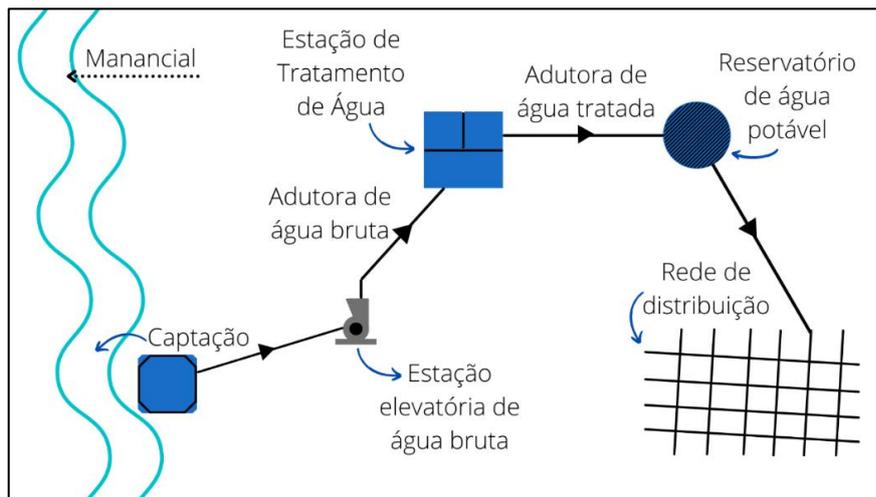
Quadro 1 - Definição dos componentes de um sistema de abastecimento de água.

<b>Componente</b>	<b>Definição</b>
<b>Manancial</b>	É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário.
<b>Captação</b>	Conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para retirada de água destinada ao sistema de abastecimento.
<b>Estação elevatória</b>	Conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar a água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há

Componente	Definição
	várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória tipo <i>booster</i> , que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água.
<b>Adutora</b>	Canalização que se destina a conduzir água entre as unidades que precedem a rede de distribuição. Não distribuem a água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são as sub-adutoras.
<b>Estação de tratamento de água</b>	Conjunto de unidades destinado a tratar a água de modo a adequar as suas características aos padrões de potabilidade.
<b>Reservatório</b>	É o elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.
<b>Rede de distribuição</b>	Parte do sistema de abastecimento de água formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendada.

Fonte: Adaptado de TSUTIYA (2006).

Figura 1 - Esquema dos componentes de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: Adaptado de TSUTIYA (2006).

O sistema de abastecimento de água, segundo o Ministério Público de Santa Catarina é uma solução coletiva que apresenta como vantagens maior facilidade tanto para proteção do manancial que abastece a população quanto para a manutenção e supervisão das unidades que compõe o sistema (SANTA CATARINA, 2008).

Uma vez que só há um ponto de distribuição de água, mesmo que vários locais de captação desse manancial, além de permitir um maior controle da qualidade da água consumida e por fim, ganhos de escala (SANTA CATARINA, 2008).

### 2.2.1 Rede de Distribuição de Água

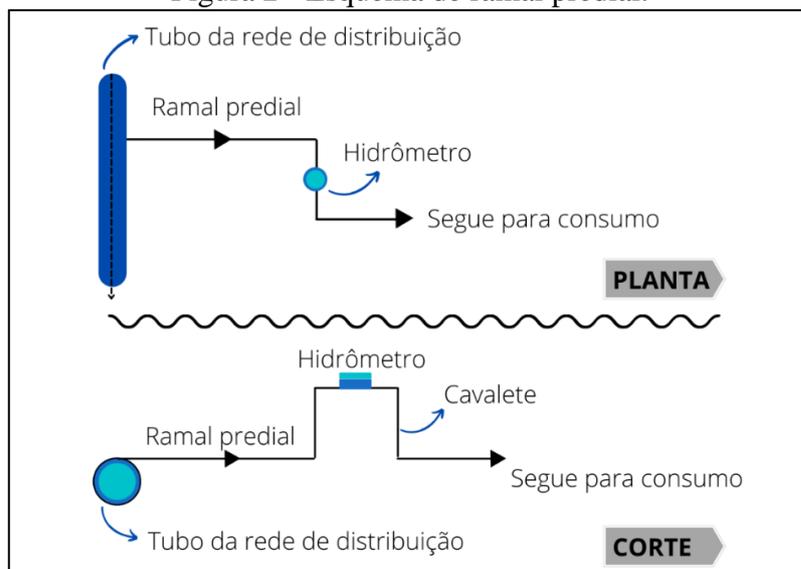
Como parte do sistema de abastecimento, a rede de distribuição de água é formada de tubulações e órgãos acessórios, que visam a disponibilizar aos consumidores água potável de forma contínua, com quantidade, qualidade e pressão adequadas (TSUTIYA, 2006).

Segundo Vicentini (2012), uma rede de distribuição de água compreende as canalizações designadas a transportar a água do reservatório ou adutora para os ramais prediais, compreendendo tanto as linhas principais, que abrangem as linhas-tronco e os anéis, quanto as linhas secundárias.

Vale ressaltar que conforme NBR 12586 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) os ramais prediais compreendem as canalizações locadas entre a rede de distribuição de água e o medidor ou controlador de vazão da instalação hidráulica do consumidor final.

Com base na afirmação de Tardelli Filho (2015), a maioria das tubulações encontra-se disposta no reticulado urbano, em todas as ruas, conectadas ao trecho final da ligação do cliente (ramal predial, com hidrômetro, para medição do consumo e faturamento). Estabelecendo, portanto, o conjunto que se denomina “distribuição”, conforme ilustrado na Figura 2. Logo, nessa parte do sistema de água, com seus zoneamentos piezométricos, que se concentrará este trabalho.

Figura 2 - Esquema de ramal predial.



Fonte: Adaptado de Tardelli Filho (2015).

### 2.2.1.1 Materiais

Segundo Tsutiya (2006), alguns aspectos operacionais são determinantes para a execução adequada da rede e para a decisão do material. Como, por exemplo, o peso das tubulações e das peças, os tipos de juntas, o diâmetro da tubulação, capacidade de suportar variação de pressões e esforços externos, durabilidade e a facilidade de fazer interligações.

Os principais materiais empregados em sistemas de distribuição de água são: ferro fundido cinzento, ferro fundido dúctil, policloreto de vinila (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD) e fibrocimento (SARZEDAS, 2009).

Geralmente, a rede de distribuição é o componente de maior custo no sistema de abastecimento de água, representando cerca de 50 a 75% do gasto total que envolvem as obras para abastecimento (TSUTIYA, 2006). Além disto, segundo Leal (2009), outra despesa resultará da deterioração das tubulações e, portanto, necessidade de manutenção, soma-se a isto a redução da qualidade da água, decréscimo da capacidade hidráulica da rede e reclamações por parte dos consumidores.

### 2.2.2 Perdas de água

Segundo Tardelli Filho (2006), nos sistemas de abastecimento de água, assim como em vários setores de infraestrutura urbana, há uma atenção maior para a construção em detrimento da operação e manutenção.

Torna-se, portanto, equivocada a idealização do funcionamento perfeito das estruturas e equipamentos, da experiência infalível dos operadores ou ainda, da duração infinita dos materiais (TARDELLI FILHO, 2006).

Disto, resultam as perdas, que estendem por todos os componentes do sistema de abastecimento, desde a captação no manancial até a entrega da água tratada ao consumidor final (PINTO, 2012).

No Brasil, por exemplo, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, em 2019, o Índice de perdas na distribuição de água (IN049) foi de 39,2%, valor 0,7 ponto percentual superior ao de 2018 (BRASIL, 2019).

Também segundo o SNIS, em Santa Catarina, considerando a análise deste mesmo índice, o resultado foi de 39,8%, com base nos dados fornecidos pela CASAN, companhia de

saneamento com atuação majoritária neste estado. Portanto, este percentual representou o volume de água que foi disponibilizado, mas que não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores (BRASIL, 2019).

Este volume entendido como perda, segundo a IWA (Associação Internacional da Água), refere-se a toda perda de água, seja ela real ou aparente, que determina um aumento do custo do funcionamento, ou ainda, que impeça a realização plena da receita operacional (BRASIL, 2014).

Segundo Moraes, Cavalcante e Almeida (2010) essas perdas devem ser analisadas e gerenciadas com medidas preventivas, buscando melhorar os procedimentos de manutenção e operação das redes de distribuição, atingindo todos os interessados nestes processos, desde o usuário até o funcionário da Empresa, tornando-se, portanto, uma estratégia empresarial.

Tardelli Filho (2015) enfatiza que não existe “perda zero” em um sistema de abastecimento de água, entretanto a Organização Mundial da Saúde esclarece que para uma concessionária de água ser considerada eficiente e eficaz precisa atender algumas condições que só são possíveis com um adequado monitoramento deste sistema (MORAIS, CAVALCANTE e ALMEIDA, 2010).

Conforme ressalta Tardelli Filho (2015), se não forem feitas, regularmente, ações de combate às perdas, estas irão gradativamente aumentar no sistema. Logo, o combate às perdas reais em um sistema de abastecimento de água é uma ação primordial quando pretende-se melhorar sua eficiência (BARRASO e GASTALDINI, 2010).

#### *2.2.2.1 Perdas Reais*

Segundo Paula e Lima (2019) as perdas de água em sistemas de abastecimento estão associadas às condições da infraestrutura instalada e da eficiência operacional e comercial da concessionária que opera esse sistema.

Conforme definido pela IWA, essas perdas podem ser diferenciadas em reais e aparentes, e suas principais diferenças estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de perdas de água.

<b>Tipo de perda</b>	<b>Definição</b>	<b>Importante</b>
<b>Perdas Reais</b>	São perdas físicas de água decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e extravasamentos em reservatórios	Este tipo de perda impacta a disponibilidade de recursos hídricos superficiais.
<b>Perdas Aparentes</b>	São perdas não físicas, decorrentes de submedição nos hidrômetros, fraudes e falhas do cadastro comercial.	A água é consumida, porém não é faturada pela empresa de saneamento.

Fonte: Adaptado de Brasil (2014).

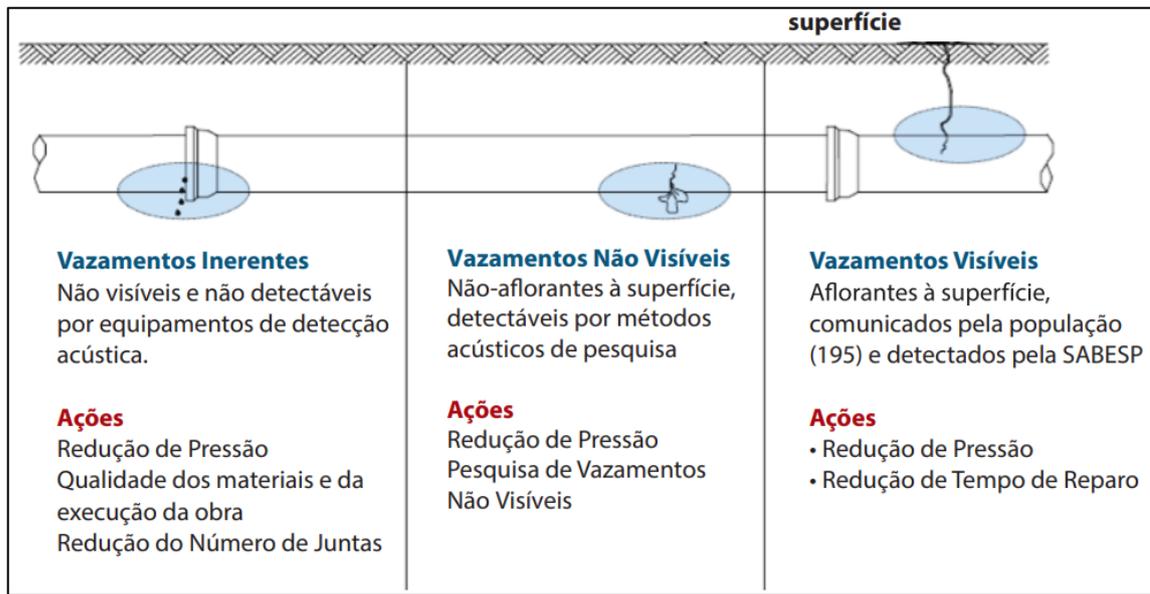
Com as perdas reais, além dos pontos importantes citados no Quadro 2, destaca-se também, segundo Tardelli Filho (2006) que os volumes perdidos nos vazamentos acarretam custos de energia elétrica, produtos químicos e mão de obra.

Outros infortúnios de vazamentos estão associados ao risco à saúde pública, uma vez que essas situações permitem o ingresso de agentes patogênicos, ou outros componentes físico-químicos responsáveis pela degradação da qualidade da água que será entregue à população (GAMBOA-MEDINA e REIS, 2011).

Ainda segundo Gamboa-Medina e Reis (2011), poderá ocorrer a saturação do solo devido ao volume de água dos vazamentos, comprometendo portando a estabilidade de algumas obras, uma vez que modifica as condições do terreno.

Em relação à classificação dos vazamentos na rede de distribuição de água, estes podem ser nomeados de vazamentos inerentes, ou vazamentos não visíveis, ou ainda vazamentos visíveis, conforme apresentado pela Figura 3.

Figura 3 - Tipos de vazamento e suas respectivas ações de combate.



Fonte: Brasil (2014).

Segundo a ABES (2015), pela avaliação das perdas reais o componente da rede de distribuição que mais detêm as ocorrências de vazamento e, portanto, os volumes perdidos são os ramais prediais. Possíveis justificativas para esta situação são pela quantidade de juntas e peças empregas nos ramais e que, apresentam problemas na qualidade dos materiais com frequência, ou ainda em razão da mão de obra aplicada na implantação (ABES, 2015).

Outra evidência desta informação é apresentada por Costa (2009), em um estudo realizado nos setores Itaquera, Ermelino Matarazzo e Suzano, todos atendidos pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo).

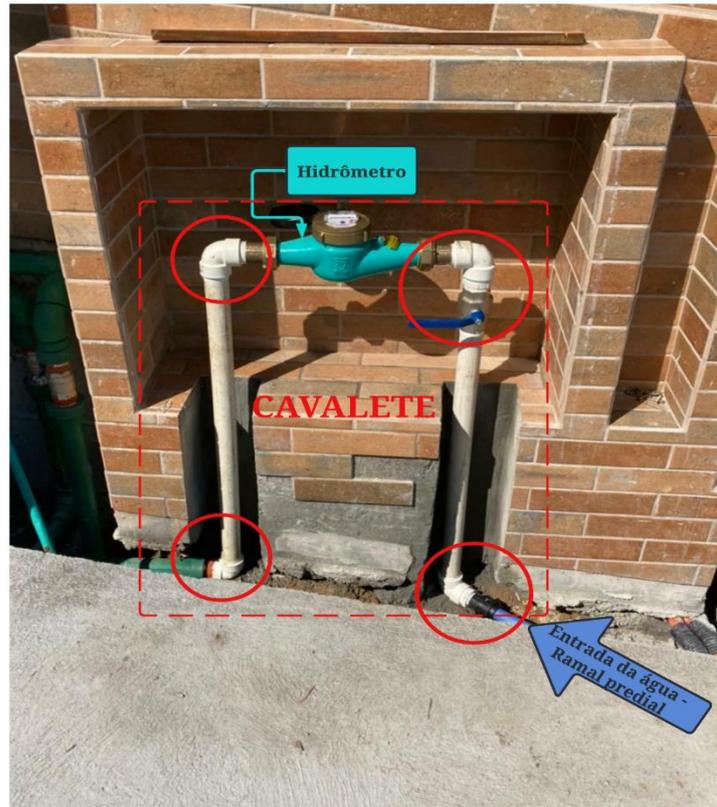
Através do acompanhamento dos dados de reparos de vazamentos no período de um ano, foi possível concluir que 90% dos vazamentos estavam localizados nos ramais, em razão do material empregado (83% de PEAD preto), associado com a má execução (COSTA, 2009).

Em concordância, Soares (2015) analisou um histórico serviços de 2009 a 2013 em um dos sistemas de abastecimento de água da cidade de Florianópolis/SC, sendo este atendido pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Como resultado, aferiu que 44,4% dos vazamentos foram de cavalete, seguido por 40,8% de serviços em ramais prediais, apresentando como causa provável pressão elevada, falha na obra de assentamento, má qualidade dos materiais utilizados, falta de treinamento dos operadores ou ainda devido a idade da rede (SOARES, 2015).

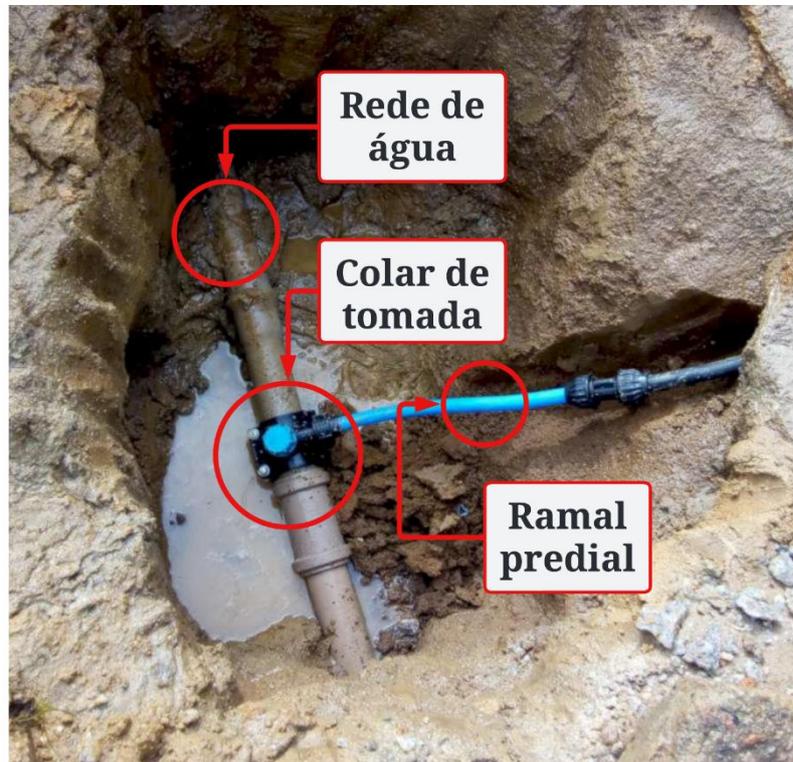
Na Figura 4, há um exemplo do que constitui o cavalete e nos círculos vermelhos, locais susceptíveis a vazamentos, que neste caso são os locais onde estão os acessórios. Seguindo a mesma ideia, a Figura 5 também exemplifica locais nos quais podem ocorrer vazamentos, sendo eles: a rede de água e o ramal predial.

Figura 4 - Exemplo de cavalete e locais susceptíveis a vazamentos.



Fonte: A autora (2022).

Figura 5 - Exemplificação de rede de água e ramal predial, locais que onde podem ocorrer vazamentos.

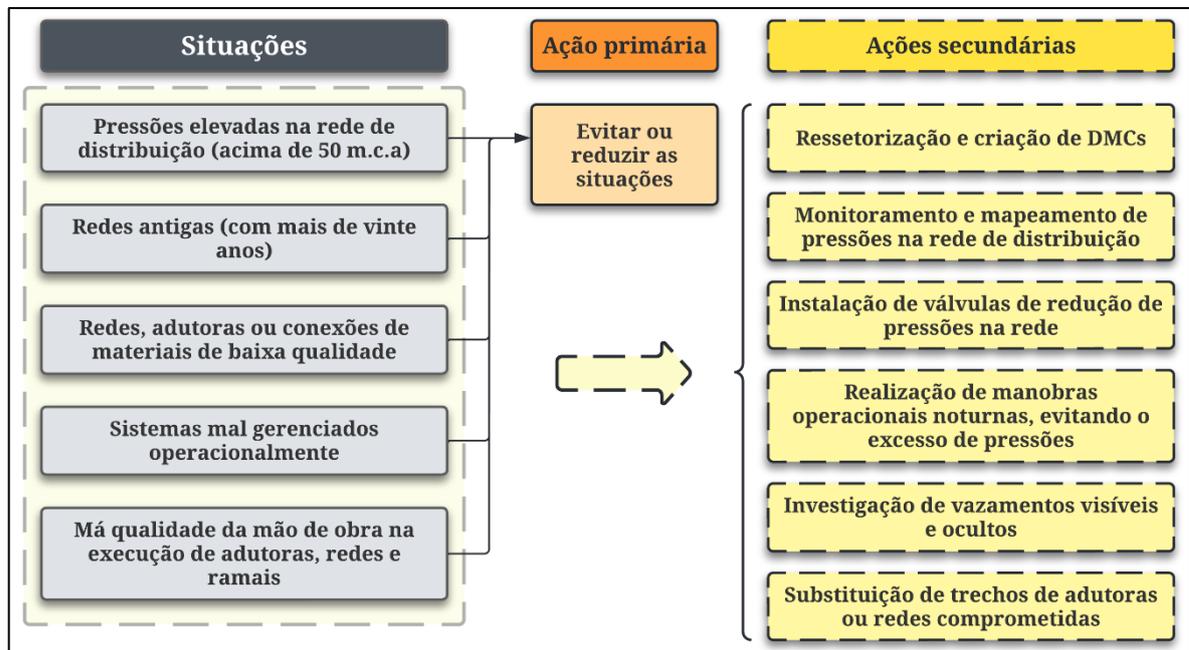


Fonte: A autora (2022).

Considerando todos os componentes do sistema, o excesso de pressão é unânime quando se refere ao agente que provoca os vazamentos, conforme afirma Brasil (2019), Thornton et al. (2005) apud Gonçalves et. al. (2015), e também segundo Lambert & Hirner (2000) apud Morais, Cavalcante e Almeida (2010).

Entretanto, deve-se destacar também que outras situações podem culminar no aparecimento de vazamentos, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Situações que resultam em perdas reais e ações mitigatórias.



Fonte: Adaptado de Pinto (2012).

Além das ações apresentadas na Figura 6, Pinto (2012) também enfatiza que um ponto-chave no gerenciamento das perdas reais está no conhecimento da existência de um vazamento até o tempo gasto para sua efetiva localização e seu estancamento, e expõe também, que a qualidade do reparo é fundamental para garantir que não haverá reincidência do vazamento pouco tempo após o serviço.

Desta forma, reduzir as perdas de água resultará não só em um retorno financeiro como também permite otimizar a operação do sistema, aumentar a capacidade de atendimento e postergar o início de novas obras (MORAIS, CAVALCANTE e ALMEIDA, 2010).

### 2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

A eficiência e a eficácia das companhias de saneamento podem ser medida através do acompanhamento do comportamento dos sistemas através de indicadores de desempenho, avaliando, portanto, diversos aspectos das atividades desenvolvidas e comparando os parâmetros entre instituições ou pela análise temporal (MARCHI et. al., 2014).

Segundo Alegre (1998) cada indicador expressa o nível de desempenho atingido pela empresa, tornando possível comparar os objetivos com os resultados alcançados, permitindo visualizar os pontos fortes e fracos e conseqüentemente servindo de incentivo para a adoção de medidas corretivas.

Quanto a adoção de indicadores de desempenho pelas prestadoras de serviços de saneamento no Brasil, a Lei nº 11.445/2007 estabelece que:

Art. 19 - A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano, que poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo: ...

I - Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas (BRASIL, 2007).

Segundo Molinari (2006 apud SOARES, 2015), no cenário internacional a associação que se destaca no que diz respeito ao sistema de abastecimento de água é a *Internacional Water Association (IWA)*, a qual tem como meta unificar critérios e definições no mundo para tornar mais compatível e comparáveis os estudos realizados em todo o mundo.

Assim, a IWA propôs diversos indicadores de desempenho que possuem relação desde os recursos humanos, até a situação financeira e com o sistema de abastecimento em si (ALEGRE, 1998). No Quadro 3 são apresentados os indicadores operacionais, que representam um grupo entre os indicadores da IWA.

Quadro 3 - Indicadores de desempenho operacional estabelecido pela IWA.

<b>Código</b>	<b>Grupo</b>	<b>Indicador (unidade)</b>
Op1	Inspeção e manutenção	Inspeção de instalações elevatórias (nº/ano)
Op2		Limpeza de reservatórios (nº/ano)
Op3		Inspeção das redes (%/ano)
Op4/Op5		Deteção de fugas (%/ano)
Op6		Inspeção de hidrantes (nº/ano)
Op7/Op8/Op9/Op10/Op11		Calibração de instrumentação (nº/ano)
Op12/Op13/Op14		Inspeção de equipamento elétrico (nº/ano)
Op15		Disponibilidade de veículos (nº/100 km)
Op40/Op41/Op42/Op43/Op44	Monitorização de qualidade da água	Amostras analisadas (%)
Op16	Manutenção preventiva	Reabilitação de redes (%/ano)
Op20		Substituição de ramais (%/ano)
Op18		Substituição de condutas (%/ano)
Op21/Op22		Reabilitação de bombas (%/ano)
Op23/Op24/Op25/Op26/Op27 /Op28	Perdas de água	Perdas de água totais <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cada código deste grupo possui uma unidade diferente.

<b>Código</b>	<b>Grupo</b>	<b>Indicador (unidade)</b>
Op30	Avarias e reparações	Avarias em grupos eletrobombas (dias/grupo/ano)
Op31		Avarias em condutas (nº/100 km/ano)
Op32		Avarias em ramais (nº/1000 ramais/ano)
Op33		Avarias em hidrantes (nº/100 hidrante/ano)
Op34		Falhas de energia (horas/estação elevatória/ano)
Op36/Op37	Medição caudal	Eficiência da leitura dos contadores (nº)
Op38		Porcentagem de contadores operacionais (%)
Op39		Água não medida (%)

Fonte: Adaptado de Alegre *et. al.* (2004).

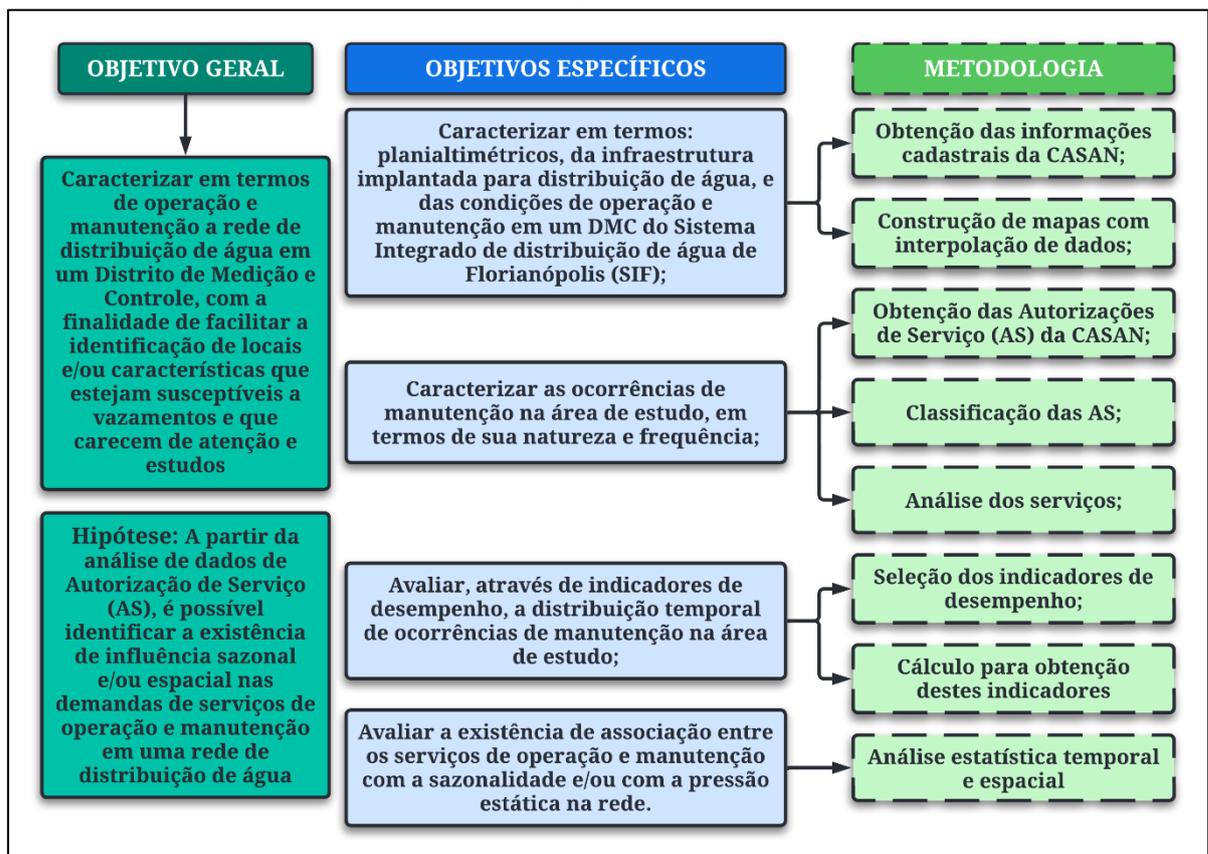
Segundo Alegre *et. al.* (2004) o sistema de indicadores de desempenho da IWA foi preparado em uma base anual, e, portanto, recomenda-se que o ano seja utilizado como período de referência.

Soares (2015) enfatiza que a utilização dos ID é uma ferramenta relevante para o diagnóstico dos serviços de operação e manutenção de um sistema de abastecimento de água, uma vez que fornece subsídios para a comparação entre a situação atual e a desejada.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos específicos listados no item 1.1.2 foram traçados procedimentos metodológicos, conforme estão esquematizados na Figura 7, sendo que cada processo será abordado com mais detalhamento nos próximos itens.

Figura 7 - Fluxograma metodológico.



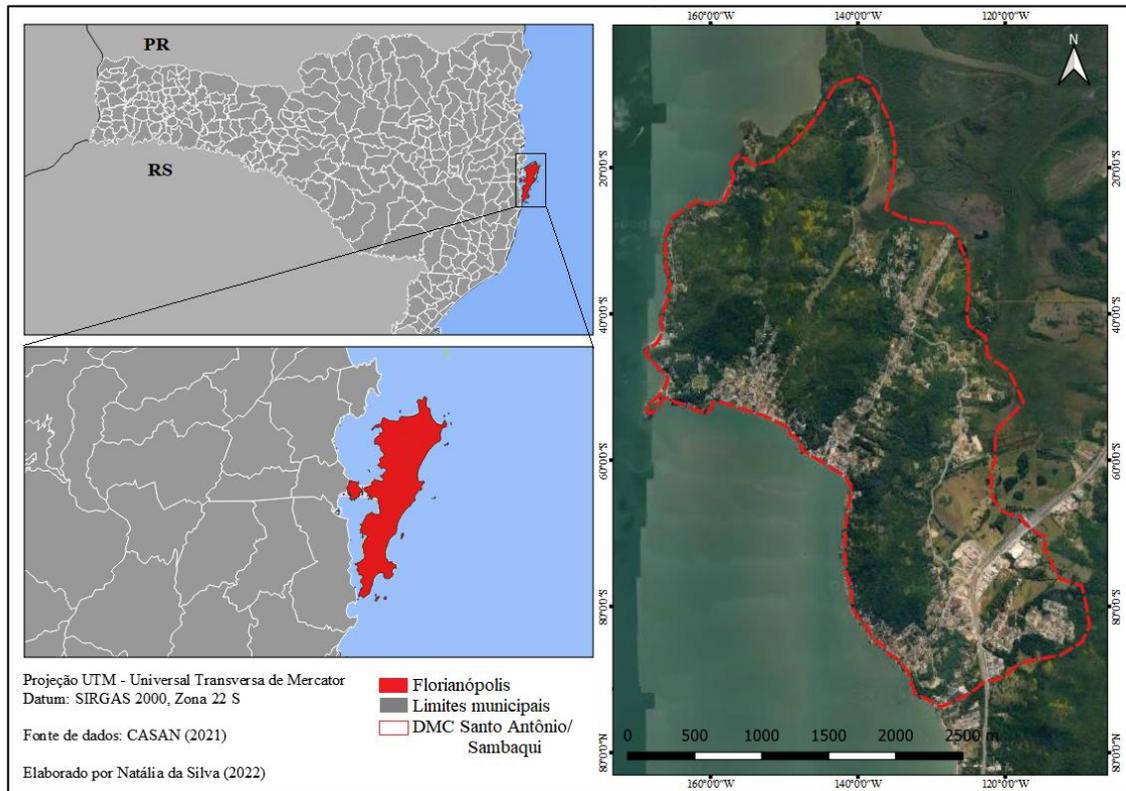
Fonte: A autora (2022).

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados históricos de Autorização de Serviço (AS), relacionados com serviços de operação e manutenção de um sistema de abastecimento de água, localizado na cidade de Florianópolis (SC). Este sistema pertence ao

Distrito de Medição e Controle Santo Antônio/Sambaqui, operado pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), e está representado no mapa de localização da Figura 8.

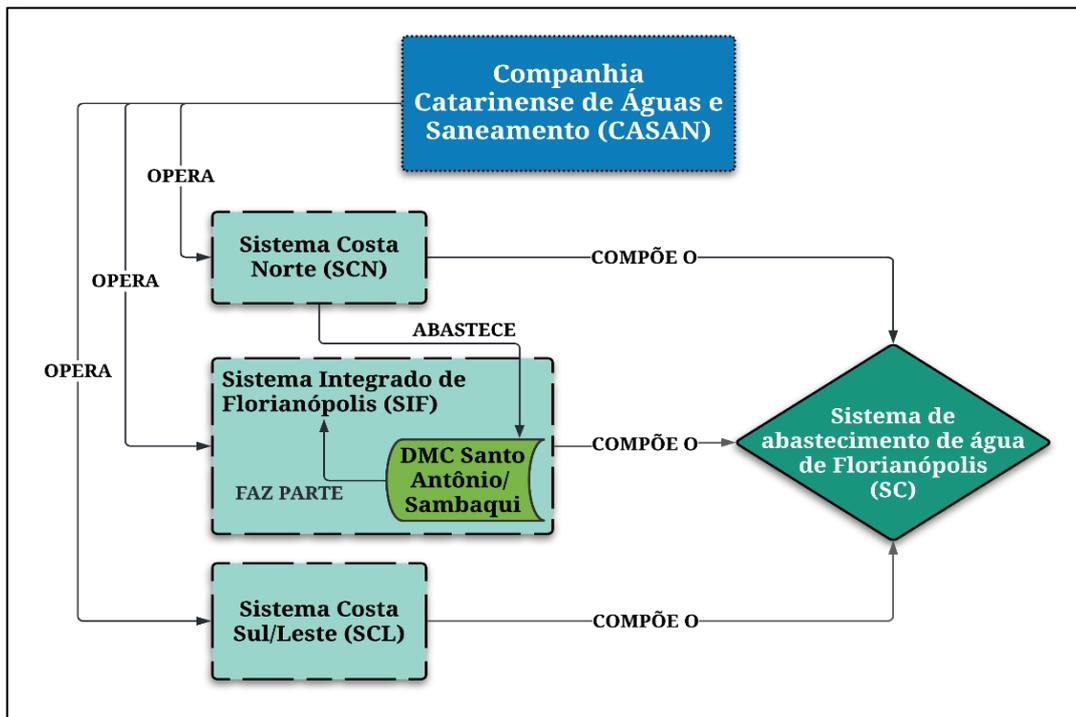
Figura 8 - Localização do DMC Santo Antônio/Sambaqui.



Fonte: A autora (2022).

Como já mencionado anteriormente e reforçado pela Figura 8, o DMC é um dos componentes do sistema de abastecimento de água do município de Florianópolis. Todavia essa rede de abastecimento está setorizada conforme esquema representado pela Figura 9.

Figura 9 - Configuração do abastecimento de Florianópolis.



Fonte: A autora (2022).

Logo, apesar de fazer parte do Sistema de Abastecimento de Água Integrado de Florianópolis (SIF) o DMC de Santo Antônio/Sambaqui é abastecido pelo Sistema Costa Norte (SCN). Os detalhes sobre a captação e reservação desses sistemas não representam o foco desse estudo, portanto a descrição será apenas da rede de distribuição de água.

### 3.1.1 Boosters

Neste DMC, como componente da rede de água, estão inseridos cinco *boosters*. Suas respectivas localizações, bem como cota topográfica e pressões de funcionamento estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1- Localização dos *boosters* e suas respectivas pressões de sucção e recalque.

Nome do <i>booster</i>	Localização	Cota topográfica (m)	Pressão de sucção (m.c.a)	Pressão de recalque (m.c.a)
<i>Booster</i> Rua das Ostras	Rua das Ostras	2	15	79
<i>Booster</i> Isid Dutra I	Estrada Isid Dutra (frente nº 280)	9	23	69

<b>Nome do <i>booster</i></b>	<b>Localização</b>	<b>Cota topográfica (m)</b>	<b>Pressão de sucção (m.c.a)</b>	<b>Pressão de recalque (m.c.a)</b>
<i>Booster</i> Isid Dutra II	Estrada Isid Dutra (frente nº 723)	26	64	82
<i>Booster</i> Antônio Carneiro	Rod. Rafael da Rocha Pires	0	13	80
<i>Booster</i> SC-401	Rod. SC – 401	5	33	55

Fonte: Adaptado de CASAN (2021).

O *booster*, denominado Isid Dutra II e o *booster* Antônio Carneiro, com pressões de recalque de 82 m.c.a. e 80 m.c.a., respectivamente, atendem as residências que estão localizadas nas maiores cotas topográficas do DMC. Portanto, a pressão na saída desses *boosters* é maior que os demais.

Essas informações de cotas e pressões fazem parte de um banco de dados da CASAN, referente a todos os *boosters* operados pela mesma. Esses valores foram fundamentais para a análise espacial que será descrita no item 4.4.2. Outros detalhes técnicos, referentes à mecânica dessas bombas não serão explanados, uma vez que esta informação não é necessária para alcançar os objetivos propostos.

Em relação à situação atual de cada *booster*, iniciando pelo situado na Rodovia SC-401, responsável pelo bombeamento da água na entrada do DMC, este é o único que possui um gerador de energia (Figura 10) e em relação à estética externa encontra-se colorido conforme o padrão da CASAN.

Na Rua Isid Dutra, estão posicionados dois *boosters*, o primeiro, em frente ao nº 280, (Figura 11) encontra-se com desenhos e possui algumas pichações. O segundo, em frente ao nº 723 (Figura 12) encontra-se de acordo com o padrão estético da CASAN.

Figura 10 - *Booster* localizado na SC-401.



Fonte: A autora (2022).

Figura 11 - *Booster* localizado na Rua Isid Dutra, em frente ao nº 280.



Fonte: A autora (2022).

Figura 12 – *Booster* localizado na Rua Isid Dutra, em frente ao nº 723.



Fonte: A autora (2022).

O *booster* localizado na Rod. Rafael da Rocha Pires (em frente à Rua Fernando José de Andrade) foi reformado em 2021 (Figura 13) e não possui identificação da companhia. O que está situado na entrada da Rua das Ostras (Figura 14) apesar de estar conforme o padrão da CASAN, possui um desenho na vista frontal.

Figura 13 - *Booster* localizado na Rod. Rafael da Rocha Pires.



Fonte: A autora (2022).

Figura 14 - *Booster* localizado na entrada da Rua das Ostras.



Fonte: A autora (2022).

Os detalhes estéticos mencionados anteriormente são relevantes apenas para a identificação da companhia responsável pela operação e manutenção dos mesmos, entretanto em nada interferem na operação e no funcionamento dessas bombas.

### 3.1.2 População atendida

Para caracterizar o DMC, em relação ao número de economias e população atendida, foi utilizado o cadastro comercial da CASAN que está inserido no *software* utilizado pela companhia denominado *GisCASAN*. Determinando a área de interesse foi possível extrair um histórico de economias para cada mês e ano definidos.

Com essa informação fez-se uma média e posterior a isto, determinou-se a população atendida com base na taxa ocupacional do IBGE. Esta taxa é específica para cada município e bairro do estado de Santa Catarina, e multiplicando-se esse valor pelo número de economias do DMC foi possível estimar a população.

### 3.1.3 Rede de distribuição de água

No que diz respeito as características construtivas da rede de abastecimento, foi utilizado o cadastro técnico da CASAN, armazenado no *software AutoCAD*. Nele, estão inseridas informações cadastrais referentes a localização espacial, material, diâmetro e comprimento da rede.

Portanto, os detalhes da rede da região de estudo representam um panorama aproximado da realidade instalada, contendo as informações mais recentes da rede existente. O destrinchamento será abordado no tópico 4.1, com o amparo de tabela e mapas.

### **3.1.4 Escolha da área de estudo**

A premissa para a escolha do DMC Santo Antônio/Sambaqui deu-se pela presença dos *boosters*, que interferem diretamente na pressão da rede, e permite categorizar o distrito em zonas de análise por área de influência de cada um.

A topografia da região também foi determinante para a escolha do local, uma vez que a cota topográfica sofre forte variação, sendo o DMC orlado pelo nível do mar na parte oeste, e detentor de logradouros com elevações próximas de 80 m no lado leste. O detalhamento desta topografia, bem como, o cálculo da área total do distrito, foram executados com o auxílio do *software QGis* e o resultado será abordado posteriormente no item 4.1.

Junto a isso, o fato de ser um Distrito de Medição e Controle, favoreceu a análise do sistema, e da possibilidade de obtenção de informações, por parte da companhia de saneamento, da área de caracterização. Uma vez que a setorização da rede por distritos permite um gerenciamento mais eficaz do sistema (CRUZ e COSTA, 2017).

Essa justificativa é reforçada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), a qual informa que a melhor forma de realizar análises e avaliações referentes a perdas de água é por intermédio dos DMC. Estes caracterizam-se por áreas delimitadas, que geralmente contam com um número de ligações que podem chegar até 5.000 e possuem um macromedidor na entrada para acompanhar o comportamento das vazões (ABES, 2015).

Portanto, além de ter uma delimitação da área definida, o número de ligações enquadra-se na caracterização, sendo que o valor estimado será apresentado no tópico 4.1, e o DMC Santo Antônio/Sambaqui possui um macromedidor, que se encontra próximo ao *booster*

localizado na Rodovia SC-401. Entretanto, detalhes sobre este instrumento não serão abordados, por não terem uma relação direta com os objetivos.

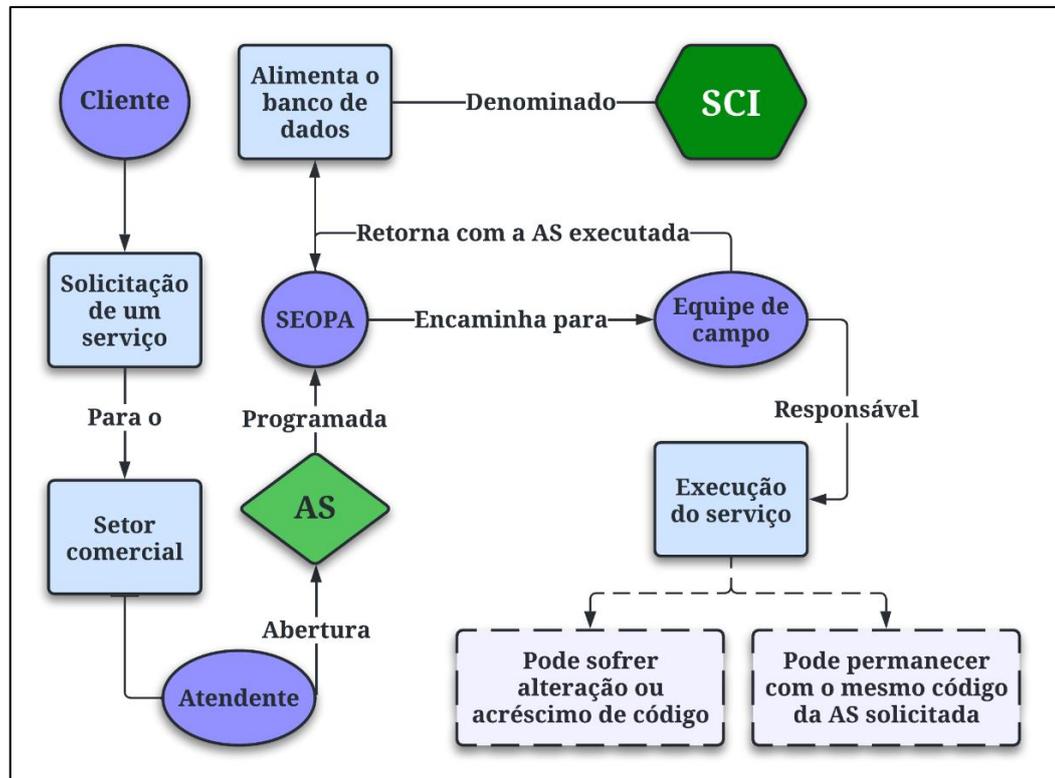
### 3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE AS

Conforme mencionado no item 3.1, a área de estudo é operada pela CASAN e, portanto, os dados das Autorizações de Serviço solicitadas nessa região são registrados pela companhia, onde quem administra é o setor comercial.

O compilado dessas autorizações encontra-se no Sistema Comercial Integrado (SCI) da empresa, no qual armazena os serviços de acordo com códigos próprios da companhia. Estes códigos são compostos por 4 dígitos e abrangem diversos setores. Cada AS, além do código, possui informações como: data, horário, logradouro, entre outros elementos que variam de acordo com o serviço.

As AS utilizadas nesse trabalho estão relacionadas com o Setor Operacional de Água (SEOPA), uma vez que correspondem aos serviços de operação e manutenção de redes, ramais e cavaletes. Para ilustrar a organização dentro da CASAN desde a solicitação de uma AS, até seu armazenamento, foi feito um esquema que está representado na Figura 15.

Figura 15 - Organização da CASAN em relação às AS.



Fonte: A autora (2022).

Iniciando o processo na solicitação de serviço por parte do cliente, a AS é aberta de acordo com o código determinado pelo atendente do setor comercial. Segue, então, a programação da autorização por parte do setor SEOPA. O mesmo repassa o serviço para a equipe de campo que após a execução do serviço pode manter ou alterar o código inicial. Há também, em algumas situações, o acréscimo de códigos, em razão da execução de atividades complementares.

Portanto, apesar da solicitação dos dados de AS ter sido realizada pelos códigos de solicitação de serviço para permitir uma análise mais verídica, o estudo foi baseado nos códigos informados após a execução do serviço.

### 3.2.1 Intervalo de análise

Tendo estipulado a área de interesse, a próxima etapa foi a definição do intervalo de análise dos dados de AS. Sendo que este intervalo abrangeu um período de 5 anos (60 meses), indo de outubro de 2016 a setembro de 2021. Foram escolhidos os últimos 5 anos de registro

de AS, para possibilitar o estudo de informações mais recentes do local de análise e, portanto, avaliar a situação atual do DMC.

Um período exato de 5 anos viabilizou distribuir os dados de maneira homogênea, avaliando a sazonalidade dos serviços executados. Também, a escolha de 60 meses teve como objetivo adquirir uma amostra representativa de dados, possibilitando análises estatísticas detalhadas e com maior grau de confiabilidade.

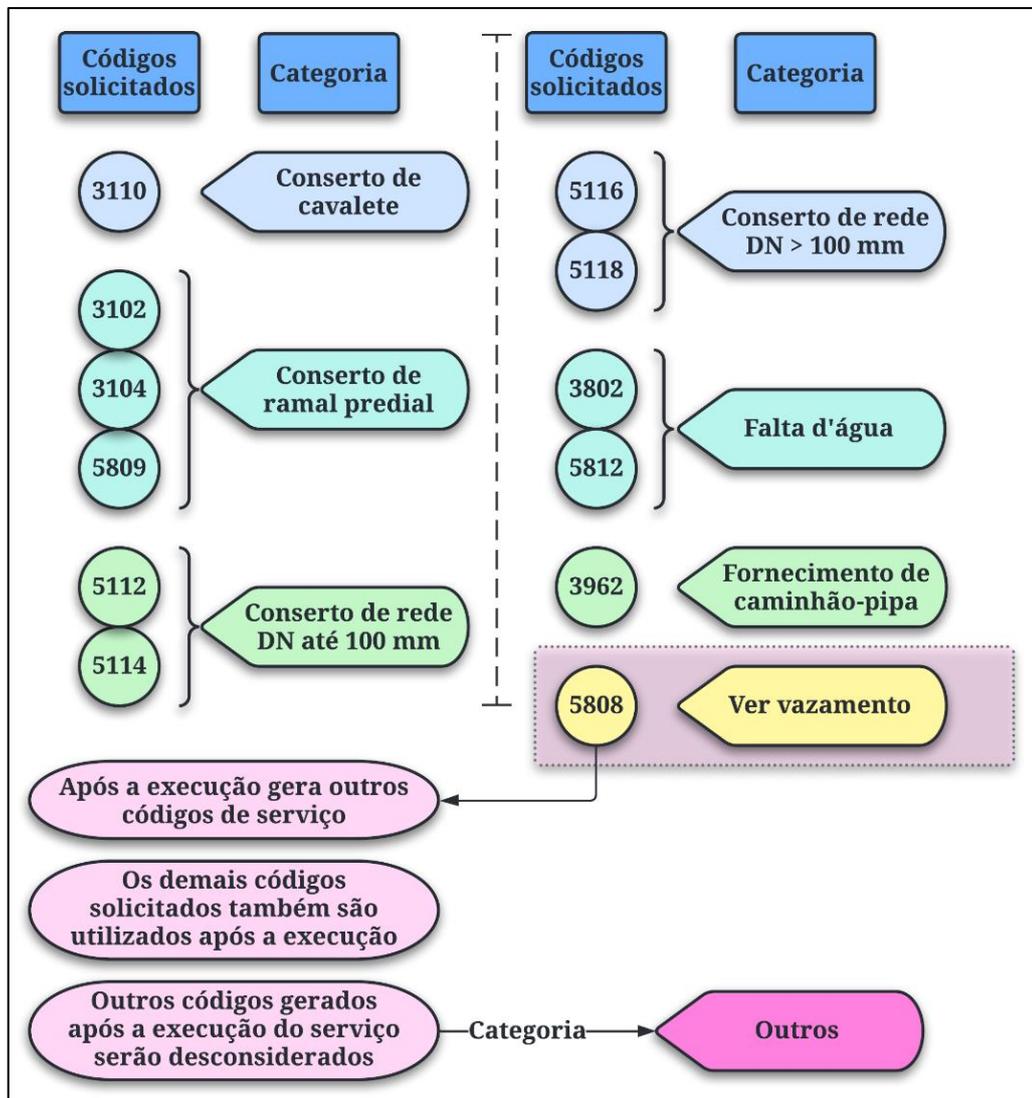
### 3.3 SEGREGAÇÃO DOS DADOS

#### **3.3.1 Segregação para solicitação dos dados**

Para possibilitar uma análise eficiente e focada no assunto pertinente a este trabalho, foram solicitados os códigos apresentados na Figura 16. A escolha deles foi baseada no documento da companhia: Lista de Serviços – SCI (2021), e nas sugestões dos funcionários, que explicaram quais códigos são mais usuais e quais poderiam ser descartados por estarem em desuso.

No Anexo A há listagem dos códigos escolhidos, bem como, a descrição estabelecida pela CASAN e a quantidade recebida. Logo, após a definição do local, do período análise e dos códigos de serviço, a quantidade total de AS recebidas para estudo foi de 3.141.

Figura 16 - Código de AS solicitadas e suas respectivas categorias.



Fonte: A autora (2022).

A CASAN já possui estabelecido quais códigos compreendem cada categoria de serviço. Portanto, definido o foco da análise como: operação e manutenção de rede de água, as categorias utilizadas representaram serviços nos componentes das redes - cavalete e ramal- bem como, serviços na própria rede de água.

Além dos códigos de conserto foram analisados os serviços de falta d'água e fornecimento de caminhão-pipa, pois um resultado elevado destas AS poderia representar uma má operação neste sistema.

Ainda, o código 5808 foi solicitado, pois conforme instrução dos funcionários da CASAN após a execução estas autorizações de serviço tendem a serem recodificadas para códigos referentes a consertos. Portanto permitiria ampliar a pesquisa sobre os reparados.

Esta recodificação serve como um exemplo de situação que justifique o surgimento de outros códigos, ainda que não solicitados. Outro caso, refere-se à execução de serviços complementares, entre eles, repavimentação, que possui um código específico e não represente interesse na pesquisa. Portanto eles serão desconsiderados nos resultados apresentados posteriormente.

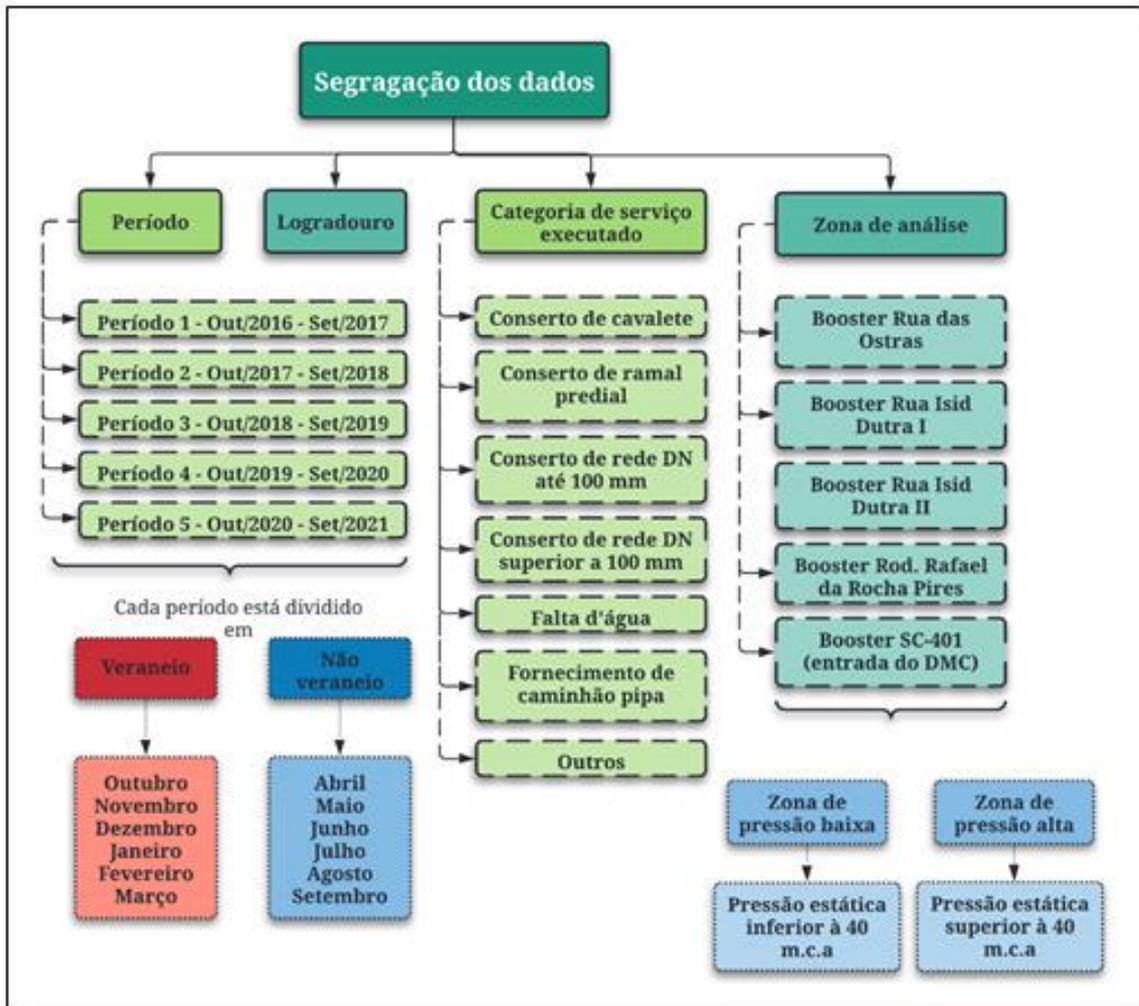
Com relação à numeração atribuída para cada serviço a principal diferença entre eles está no primeiro número, desta forma, os serviços que começam com o número 3 estão relacionados com a matrícula do cliente e, portanto, representam serviços de cavalete ou ramal e é possível identificar o número da residência. Esta identificação facilitará a análise espacial, como será discutido posteriormente.

Em contrapartida, serviços que começam com o número 5 estão relacionados com um logradouro, não sendo possível identificar pela AS qual a localização exata do vazamento. Esses serviços englobam os consertos de rede, com exceção do código 5809, uma vez que, apesar de ter sua abertura pelo logradouro corresponde a um serviço de cavalete ou ramal predial.

### **3.3.2 Segregação para a análise dos dados**

Para permitir a análise quantitativa do histórico de AS, estes foram segregados conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Segregação dos dados após aquisição.



Fonte: A autora (2022).

A separação em 5 períodos visou a segmentar a análise igualmente, portanto 12 meses para cada período. Esta separação anual permite verificar se houve uma constância, redução ou aumento no número de serviços.

Já a divisão nas categorias Veraneio e Não veraneio auxiliou a análise estatística temporal abordada no item 3.5.1.1, uma vez que essas serão as categorias da variável qualitativa "Sazonalidade".

Em seguida, foram contabilizados e listados os logradouros que registraram pelo menos um serviço, esta informação foi utilizada para identificar quais logradouros registraram mais casos e posteriormente verificar se estes locais possuem alguma possível causa para justificar os vazamentos ou ainda, a falta d'água.

Já com relação às categorias de serviço executados, conforme já mencionado no item 3.3.1, as categorias solicitadas permanecem como as categorias para análise de execução, com exceção da categoria: Ver vazamento.

Ainda, a categoria acrescentada “Outros”, listada entre os códigos executados, por representar diversos serviços complementares para a execução dos consertos, não foi explorada a contabilização desse item, uma vez que não representa o foco da análise.

A categorização dos serviços por componente do sistema do abastecimento permitiu verificar qual deles apresentou maior necessidade de reparo, podendo ser o cavalete, o ramal ou a rede de distribuição. Houve também, uma análise de falta d’água e fornecimento de caminhão-pipa que permitiram identificar se o DMC está sofrendo muita variação no abastecimento.

Essa variação pode ter relação com manutenções de rede, necessitando o fechamento de registros e a interrupção no abastecimento, ou por causas naturais, como por exemplo, períodos de estiagem. Neste caso, há uma diminuição na reservação e conseqüente alteração e redução na vazão e pressão da água na rede de distribuição.

Por fim, a segregação da zona de análise decorre da presença dos *boosters* na região de estudo, considerando que cada um deles possui uma área de influência, ou seja, uma parte da rede de água que funciona de acordo com a pressão de recalque do *booster*. Para conhecimento do alcance de influência de cada bomba foi realizado um mapeamento da rede de água. O resultado dessa etapa será abordado no item 4.1.

Como desfecho desta caracterização, há uma divisão em duas zonas de pressão. Sendo elas: Pressão estática inferior a 40 m.c.a. e Pressão estática superior a 40 m.c.a. Esta divisão decorre desta pressão ser a máxima estabelecida pela NBR 5626/1998 para a rede predial de distribuição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). Portanto, locais com pressão superior à 40 m.c.a. tem condições de ocorrer transientes hidráulicos e conseqüentemente, risco de rompimento e vazamentos.

### 3.4 ESCOLHA DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Após o tratamento dos dados históricos das autorizações de serviço do DMC Santo Antônio/Sambaqui, foram calculados os indicadores de desempenho (ID). Para este estudo, foram selecionados dois ID da lista de indicadores da IWA, em razão da relação deles com o

objetivo do trabalho de pesquisa e também com os dados disponíveis nas AS. Logo, os indicadores analisados foram: Op31 – Avarias em redes de abastecimento de água; e Op32 – Avarias em ramais prediais.

Para obter esses valores foram utilizadas, para cada indicador, respectivamente as Equações 1 e 2.

$$Op31 = \frac{\frac{D_{28} * 365}{H_1}}{C_8} * 100 \quad (1)$$

Onde,

Op31 – avarias em redes (nº avarias/100 km/ano);

D28 – avarias em redes (nº);

H1 – duração do período de referência (dias);

C8 – comprimento da rede (km).

$$Op32 = \frac{\frac{D_{29} * 365}{H_1}}{C_{24}} * 1000 \quad (2)$$

Onde,

Op32 – avarias em ramais (nº avarias/1000 ramais/ano);

D29 – avarias em ramais (nº);

H1 – duração do período de referência (dias);

C24 – número de ramais (nº).

Vale ressaltar que, para o indicador Op31, foram calculados, separadamente, as ocorrências em redes com diâmetro até 100 mm das redes com diâmetro superior a 100 mm e, portanto, o valor de C8 será distinto entre os casos.

Já o indicador Op32, da mesma forma que foram calculados os indicadores para avarias em ramais, foi calculado também avarias em cavaletes, e, apesar de ter diferença na quantidade de avarias, o valor de C24 permanecerá o mesmo.

Tanto a variável C8 -comprimento da rede-, quanto a C24 -número de ramais-, serão calculadas posteriormente, no item 4.1.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Visando confirmar se há ou não uma correlação estatística entre os dados de AS, utilizou-se testes de hipóteses. O tipo de teste depende das variáveis utilizadas e seu resultado é transformado em um coeficiente denominado *pvalor*, que representa um parâmetro probabilístico (NASSAR ET AL., 2022).

Para o estudo desenvolvido neste trabalho, há três variáveis observadas: número de ocorrências, sazonalidade e zona de pressão. A primeira é composta por dados numéricos e, portanto, uma variável quantitativa, enquanto as outras duas por categorias, sendo, assim, qualitativas (NASSAR ET AL. 2022).

Para a realização da análise, foi estabelecido um nível de significância ( $\alpha$ ) que representa a probabilidade máxima de erro aceitável para o teste selecionado. Segundo Nassar et al. (2022), após o desenvolvimento o teste poderá gerar duas alternativas: H1 ou H0, que variam de acordo com o teste escolhido.

Essas alternativas resultam da comparação entre o *pvalor* e o nível de significância, de modo que o *pvalor* retrata a probabilidade de erro ao se inferir a hipótese H1. Quando este for menor do que  $\alpha$ , ou a metade de  $\alpha$  (dependendo da categoria de correlação buscada), considera-se que o erro está dentro da faixa aceitável e, portanto, a hipótese H1 é verdadeira.

Logo, descrevendo as duas hipóteses possíveis temos que: “A hipótese H1 é uma hipótese de afirmação da existência de associação, e declara o que o pesquisador busca afirmar em sua pesquisa. Enquanto a hipótese H0 é uma hipótese que não confirma a correlação, isto é, não permite afirmar se há ou não associação entre as variáveis” (NASSAR ET. AL., 2022).

O detalhamento de qual análise foi utilizada e qual teste foi escolhido será apresentado no item 3.4.1.

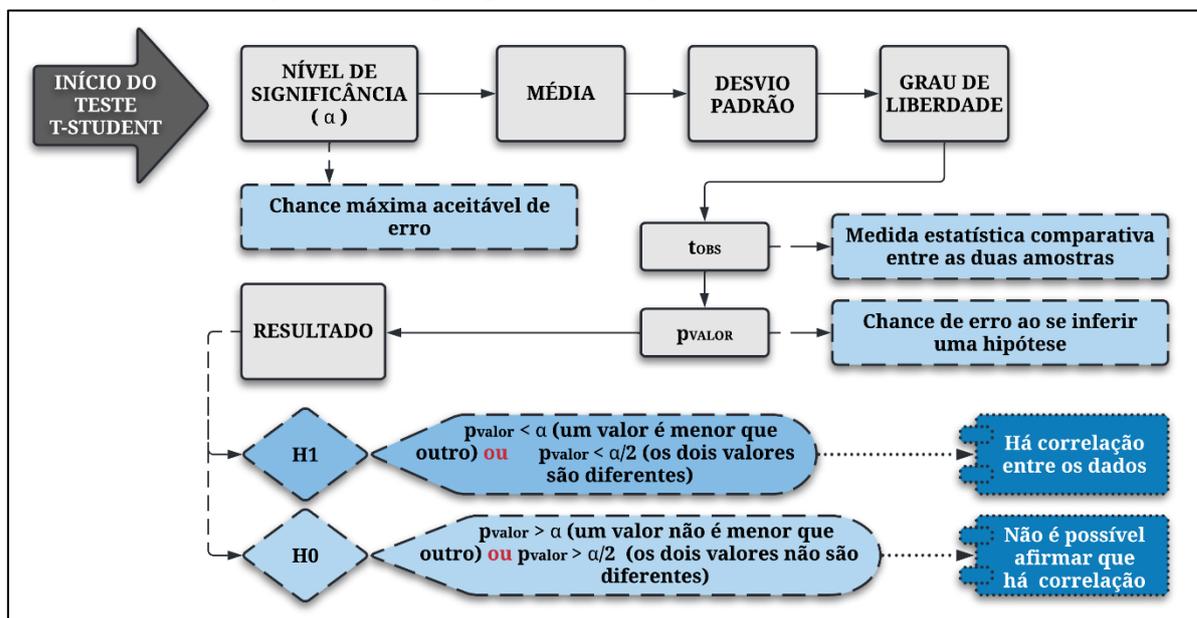
#### 3.5.1 Análise quali-quantitativa

Conforme apresentado no item 3.5, neste trabalho, as variáveis estudadas classificam-se como quantitativas e qualitativas, portanto, a análise será quali-quantitativa. Neste caso

buscou-se verificar se a alteração na categoria da variável qualitativa resultou em uma alteração significativa dos valores da quantitativa.

O teste escolhido para a análise será o *t-student*, visto que as variáveis qualitativas (sazonalidade e zona de pressão) terão duas categorias e porque este é um teste de hipótese de médias, possibilitando comparar os valores de duas categorias distintas. Estas categorias serão detalhadas nos itens 3.5.1.1 e 3.5.1.2. Na Figura 18 são apresentadas, de forma resumida, as principais etapas seguidas para a obtenção dos resultados.

Figura 18 - Etapas para a execução da análise estatística.



Fonte: A autora (2022).

Conforme apresentado na figura acima, para alcançar um resultado, seja ele H1 ou H0, é necessário comparar o nível de significância adotado no início do teste, com o valor obtido para o *pvalor*. Caso o tipo de teste seja unilateral, compara-se com  $\alpha$  e, se for bilateral, compara-se com o nível de significância dividido por dois ( $\alpha/2$ ).

Neste estudo busca-se responder se uma das médias da variável quantitativa nas categorias, é maior que a outra, portanto, nas duas análises, temporal e espacial, será utilizado o teste unilateral e conseqüentemente comparado com o nível de significância que será adotado.

A obtenção do erro ao se inferir uma hipótese depende da medida estatística de *t-student*, ou seja, o *tobs* calculado através da Equação 3.

$$t_{OBS} = \frac{\mu_A - \mu_B}{\sqrt{\frac{s_A^2}{n_A} + \frac{s_B^2}{n_B}}} \quad (3)$$

Onde,

$t_{OBS}$  – Medida estatística de *t-student*;

$\mu_A$  – Média da primeira categoria da variável qualitativa;

$\mu_B$  – Média da segunda categoria da variável qualitativa;

$s_A^2$  – Variância amostral da primeira categoria da variável qualitativa;

$s_B^2$  – Variância amostral da segunda categoria da variável qualitativa;

$n_A$  – Número de elementos da primeira categoria da variável qualitativa;

$n_B$  – Número de elementos da segunda categoria da variável qualitativa.

Utilizando o *software Excel* as variáveis que fazem parte da Equação 3 foram determinadas, além de outras variáveis que seriam necessárias para o teste como: desvio padrão, grau de liberdade e *pvalor*.

### 3.5.1.1 Análise Temporal

Para realizar a análise temporal das AS e utilizando o teste *t-student*, seria possível aferir se a média de ocorrências de serviços de manutenção e reparos no DMC Santo Antônio/Sambaqui no período de “Não veraneio” é menor que no período de “Veraneio”. Ou seja, é necessário aplicar um teste unilateral.

Os dados foram contabilizados mês a mês, de acordo com o ano de execução, resultando, portanto, em 60 informações referentes a mês/ano diferentes. Em seguida, estes foram segregados em duas categorias, referentes à estação do ano, sendo elas: Veraneio e Não veraneio. A primeira abrange os meses de outubro a março e a segunda os meses de abril a setembro (Quadro 4).

Quadro 4 - Categorias adotadas para a análise estatística temporal

Variável qualitativa		Variável quantitativa
Mês	Categoria	Nº de ocorrências
Outubro até março	Veraneio	
Abril até setembro	Não Veraneio	

Fonte: A autora (2022).

Assim, o teste de hipótese de médias foi realizado, considerando observar a correlação entre duas variáveis: categoria (qualitativa) e número de ocorrências de serviço (quantitativa). Desta forma, foi determinada a média ( $\mu_x$ ) do número de serviços executados mês a mês para todo o período de estudo. A quantidade de serviços detalhada encontra-se no Apêndice A.

### 3.5.1.2 Análise espacial

Equivalente a análise anterior, para a espacial utilizou-se o mesmo teste, portanto o *t-student*, bem como a mesma variável quantitativa: número de ocorrências de serviços. A distinção está na variável qualitativa, uma vez que esta é referente a zona de análise.

Logo, as categorias escolhidas foram: Zona alta e Zona baixa, ou seja, na primeira estão inseridas as economias com pressão estática superior à 40 m.c.a. e na segunda categoria as que registraram pressão igual ou inferior à 40 m.c.a. (Quadro 5).

Quadro 5 – Categorias adotadas para a análise estatística espacial.

Variável qualitativa		Variável quantitativa
Zona alta	Zona baixa	Nº de ocorrências
Pressão estática superior à 40 m.c.a.	Pressão estática igual ou inferior à 40 m.c.a.	

Fonte: A autora (2022).

A variável quantitativa, para esta análise, representou apenas uma amostra dos serviços de conserto de cavalete e ramal predial, ou ainda falta d'água e fornecimento de caminhão-pipa quando estes foram solicitados pela matrícula do morador. Como já mencionado no item 3.3.1, códigos de AS que iniciam com o número 3, informam na sua maioria o número da residência.

Foi considerado uma amostra, pois além da exclusão das categorias de rede de água, algumas AS que deveriam ter a informação exata do endereço estavam em branco, impossibilitando sua inclusão na análise estatística.

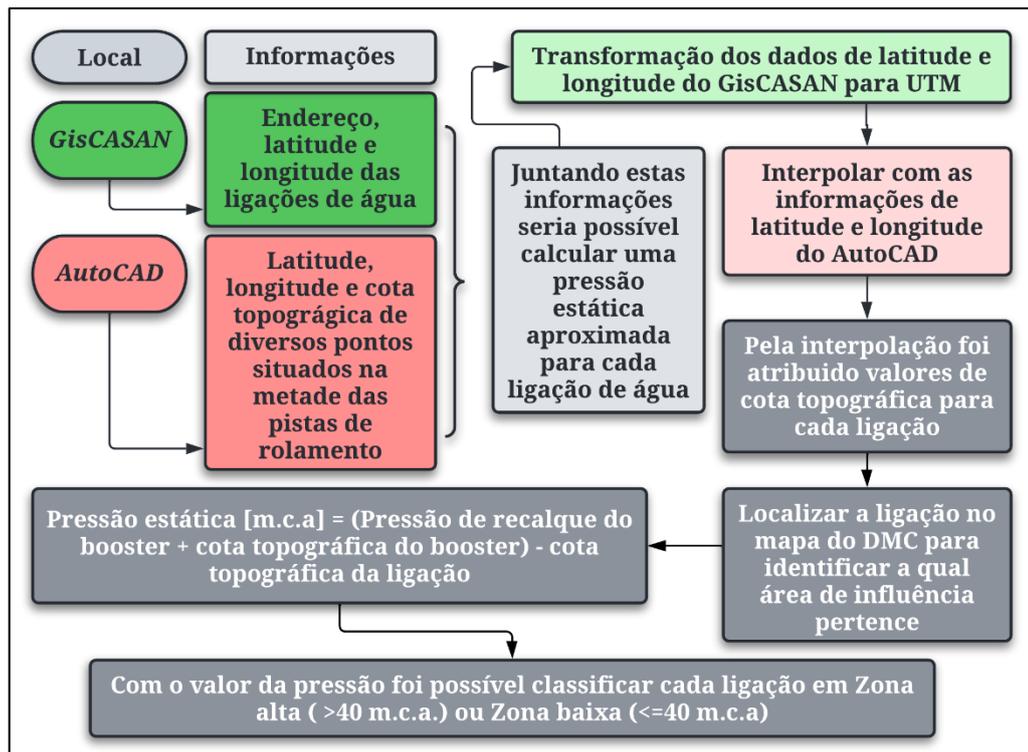
Para conseguir realizar distinção entre as duas categorias da variável qualitativa foi realizada a interpolação de duas fontes de dados: o *AutoCAD* e o *GisCASAN*. Pelo primeiro

programa foram disponibilizadas as coordenadas de latitude e longitude de vários pontos pela extensão dos logradouros do DMC, aproximadamente no meio da pista de rolamento, além da cota topográfica de cada ponto.

Pelo *GisCASAN*, foi possível extrair uma planilha com as seguintes informações: logradouro, número da casa, latitude e longitude. Entretanto a latitude e a longitude não estavam em coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), sistema no qual usa-se o metro como unidade de medida.

Então foi feito o tratamento dos dados retirados do *GisCASAN*, transformando todas as coordenadas em UTM, e assim permitir a interpolação com as coordenadas geradas pelo *AutoCAD* que já estavam neste sistema. Logo, de cada ligação de água obteve-se uma cota topográfica aproximada, e sabendo-se a zona de análise na qual ela estava inserida foi possível determinar a pressão estática (Figura 19).

Figura 19 - Obtenção dos dados para a variável qualitativa da análise estatística espacial.



Fonte: A autora (2022).

Estas pressões estáticas resultaram da diferença entre a pressão de recalque dos *boosters* somada a sua respectiva cota topográfica, com a cota topográfica dos pontos de

análise.<sup>2</sup> Portanto, foram utilizados os dados apresentados na Tabela 1 para o cálculo desta etapa.

Por conseguinte, em posse das pressões, e utilização a função de condição do *Excel*, os dados foram classificados em Zona alta ou Zona baixa, permitindo, portanto, a realização da análise estatística.

---

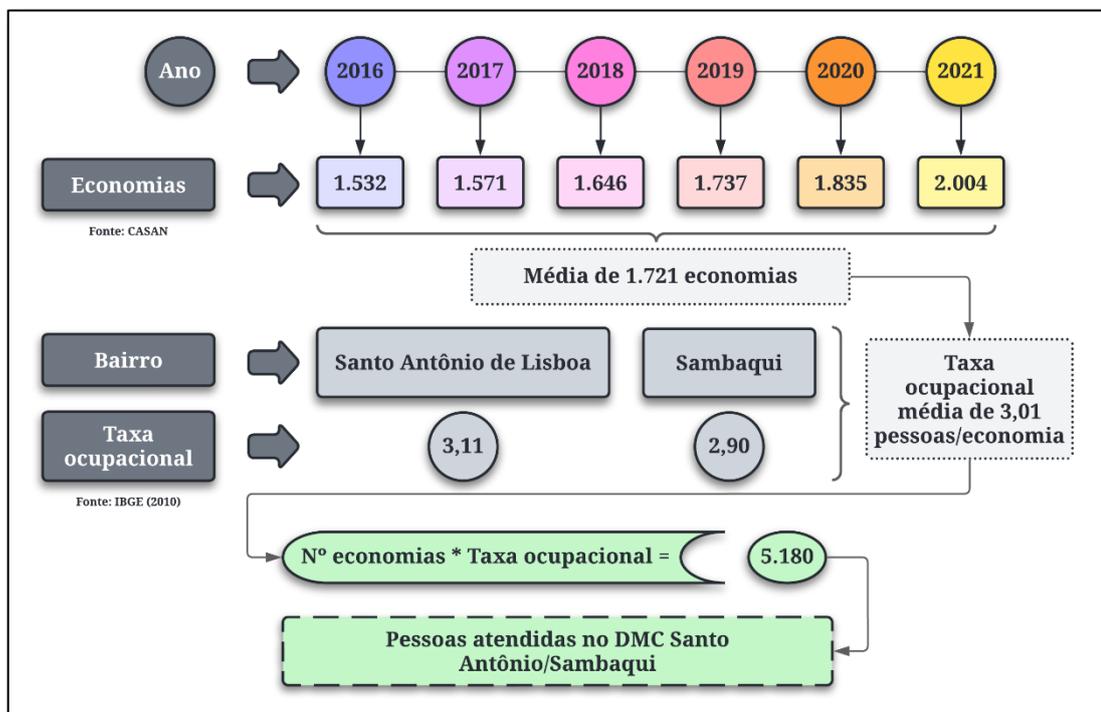
<sup>2</sup> Cota topográfica (m) e pressão de recalque (m.c.a.) dos *boosters*: Rua das Ostras= 2 e 79; Isid Dutra I= 9 e 69; Isid Dutra II= 26 e 82; Antônio Carneio=0 e 80; SC-401= 5 e 55

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O DMC Santo Antônio/Sambaqui, em uma área de 722 ha, atende em média 5.180 pessoas. A consideração de uma média, neste caso, decorre do número de economias inseridas no DMC sofrer variação dentro do período de análise. Considerando o histórico da CASAN, entre os anos de 2016 e 2021, 1.721 economias estão ativas (Figura 20).

Figura 20 - Número de economias, taxa ocupacional e população atendida.



Fonte: A autora (2022).

Essas taxas de ocupação foram cedidas pela CASAN, a qual faz uso de uma planilha estabelecida pela gerência de planejamento da empresa baseado no censo do IBGE. Como o DMC engloba os bairros Santo Antônio e Sambaqui foi utilizado a média entre a taxa desses bairros, resultando em 3,01 pessoas por economia.

Dando continuidade na caracterização da área de estudo, foi elaborado um mapa de localização para identificar a posição dos *boosters* que operam nesse sistema (Figura 21).

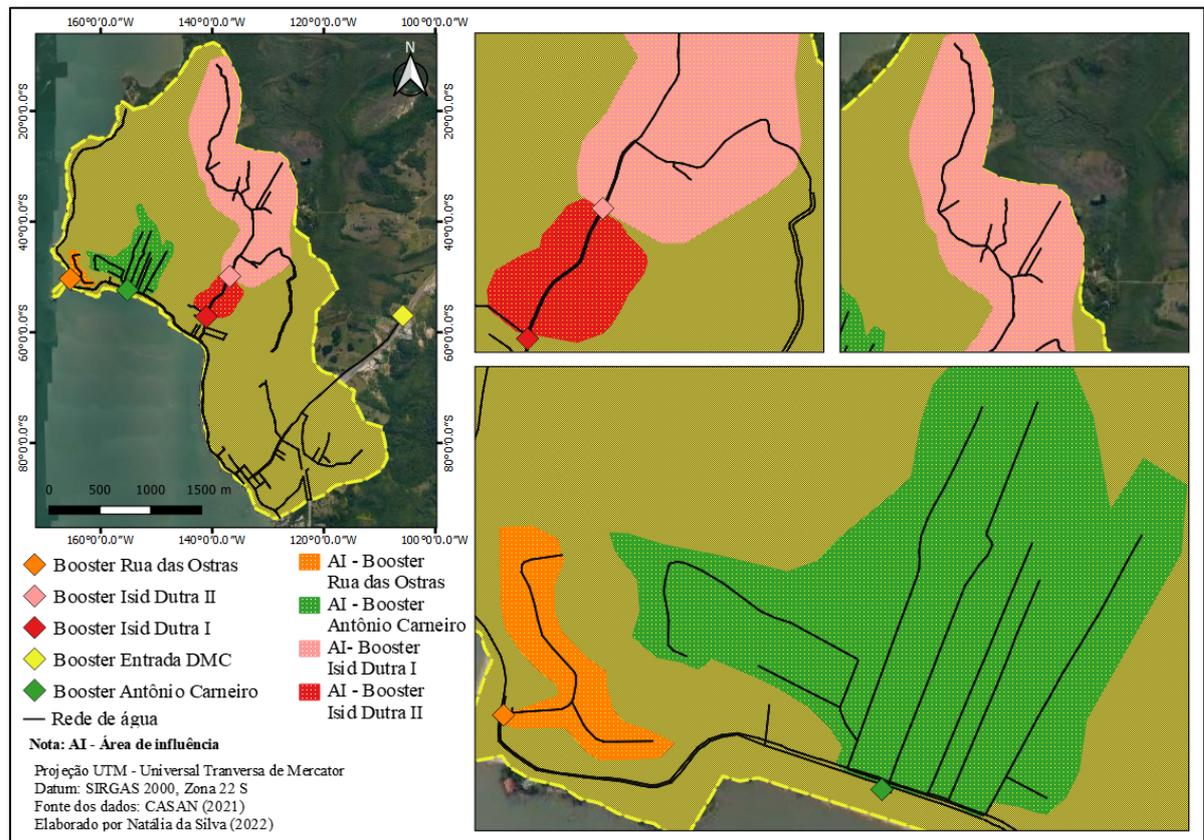
Figura 21 – Mapa de localização dos *boosters* no DMC.



Fonte: A autora (2022).

Como já mencionado no item 3.1.1, o distrito conta com cinco *boosters*, sendo que, pelo mapa, é possível observar que o *booster* da SC-401 está fora do limite que delimita o DMC. Isto se deve pela localização do macromedidor de vazão do DMC estar localizado após esse *booster*, e, portanto, na entrada e marcação limite do DMC.

Ainda, vale ressaltar que dois desses *boosters* estão localizados no mesmo logradouro, porém em pontos diferentes, de forma que o primeiro irá encaminhar a água recalçada para o segundo, então este irá abastecer as residências seguintes (Figura 22).

Figura 22 - Área de influência de cada *booster*.

Fonte: A autora (2022).

Os *boosters* Antônio Carneiro e Rua das Ostras recebem água recalçada pelo **booster** de entrada, localizado na Rod. SC-401, este atende maior área do DMC, entretanto a maior extensão das tubulações está localizada na orla da distribuição, encontrando-se, portanto, em cotas topográficas baixas.

Uma diferença significativa entre estes dois *booster* está na quantidade de logradouros que fazem parte da sua área de abrangência, o primeiro abastece apenas a Rua das Ostras, já o segundo, localizado em frente à Rua Fernando José de Andrade, atende 6, e mesmo com esta distinção a desigualdade entre a pressão de recalque entre eles é de apenas 1 m.c.a.<sup>3</sup>

Em relação as características de rede, através da análise do cadastro da CASAN foram aferidos os dados de: material, diâmetro, número de trechos e comprimento total, expostos na Tabela 2.

<sup>3</sup> Pressão de recalque *booster* Rua das Ostras = 79 m.c.a.; Pressão de recalque *booster* Antônio Carneiro = 80 m.c.a.

Tabela 2 - Caracterização da rede de distribuição de água do DMC.

<b>Material</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Nº trechos</b>	<b>Comprimento total (m)</b>
DEFoFo	150	10	2.844
	100	14	3.452
PVC	75	4	1.633
	50	75	14.647
PEAD	63	12	3.242
	32	6	2.063
<b>Total</b>		<b>121</b>	<b>27.881</b>

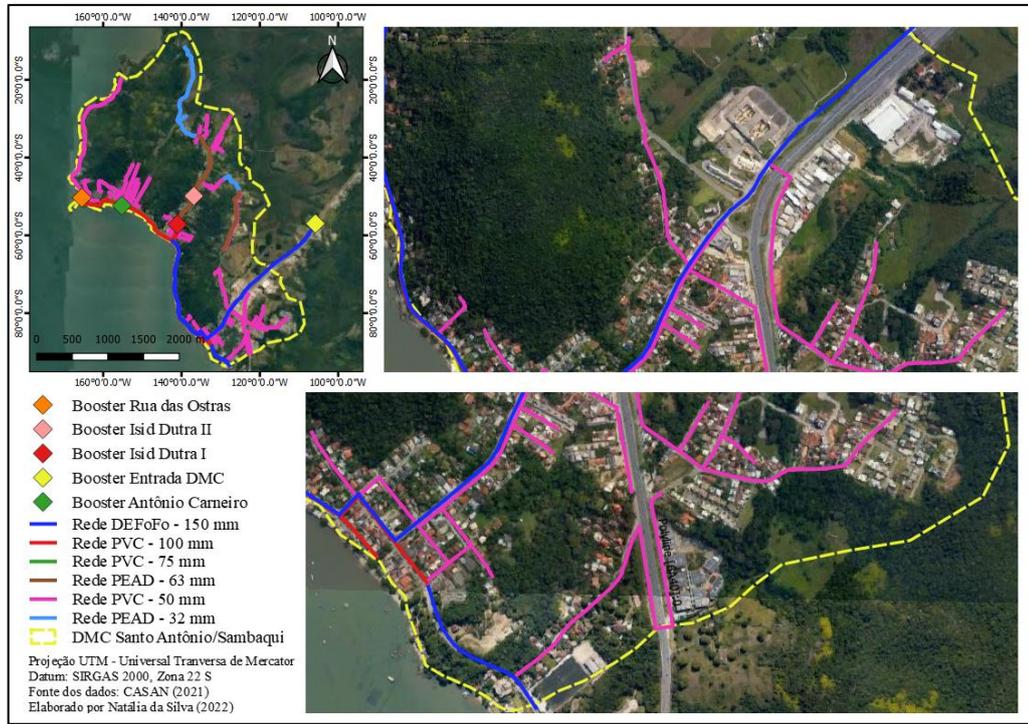
Fonte: A autora (2022).

A dominância é da rede de material PVC e diâmetro de 50 mm, utilizada em 75 trechos e totalizando uma extensão de 14.647 m. Na retaguarda, está a rede de mesmo material, porém com diâmetro de 75 mm. Segundo informações da CASAN esta rede foi implantada apenas em um intervalo da Rod. Rafael da Rocha Pires para abastecer as residências localizada após a Rua das Ostras, local onde há a presença de um *booster*.

Segundo estudo realizado pela companhia, este equipamento causava a diminuição da pressão na tubulação de DN 50 mm que abastece o final do DMC, e, portanto, a área mais afasta da entrada de água. A representação destas redes e dos demais trechos encontram-se nas Figuras 23, 24 e 25.

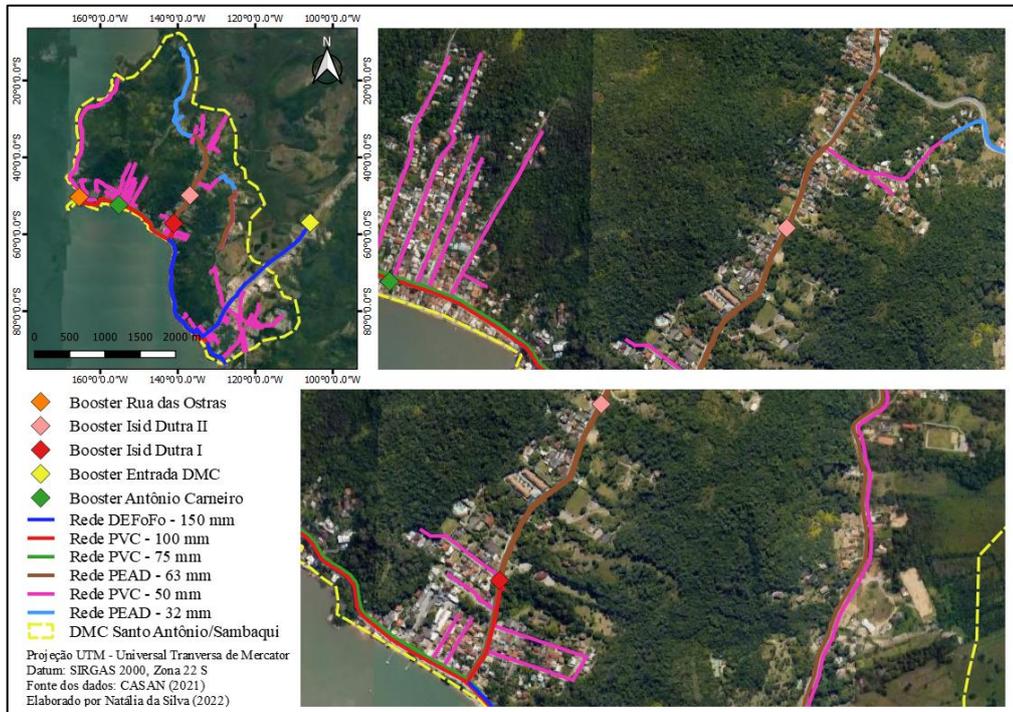
Para ilustrar cada diâmetro e material utilizado na área de estudo, no Anexo B, encontram-se algumas fotos nas quais é possível visualizar alguns trechos das redes de água que compõe o DMC.

Figura 23 – Mapa de caracterização da rede de água do DMC.



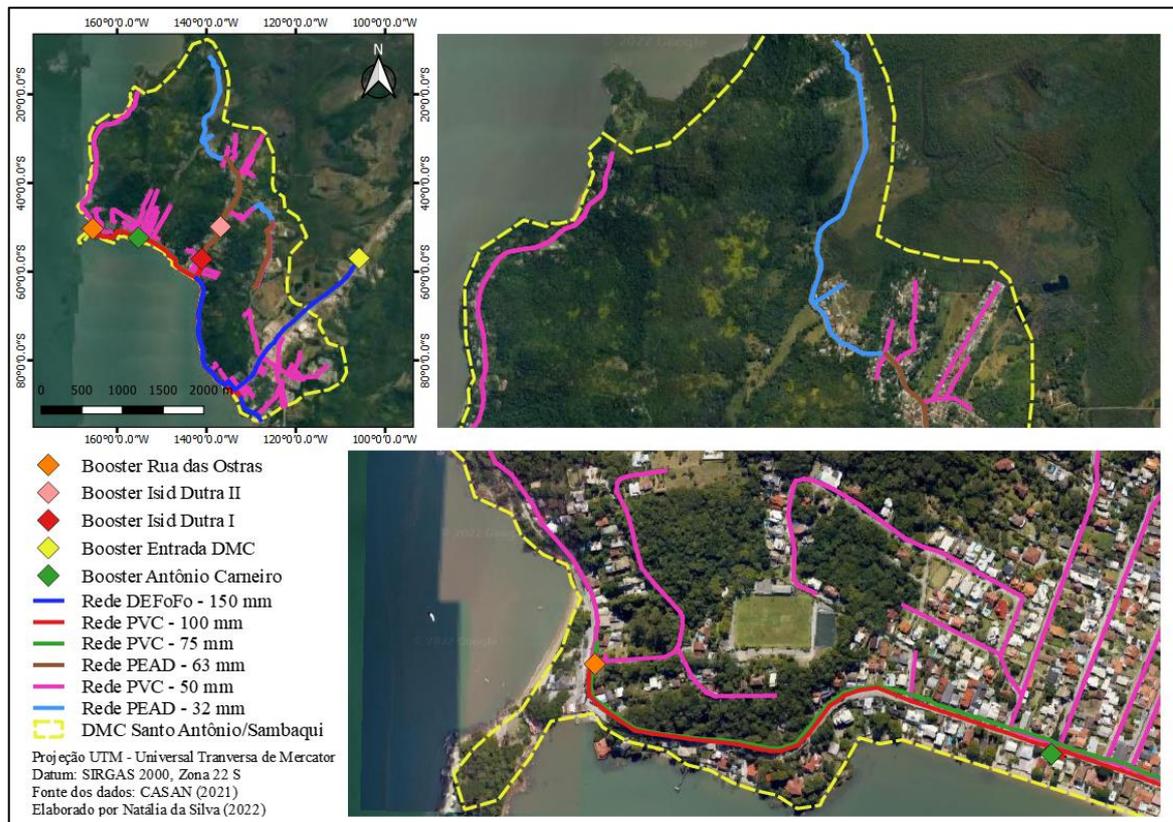
Fonte: A autora (2022).

Figura 24 - Mapa de caracterização da rede de água, com foco nos boosters da Rua Isid Dutra.



Fonte: A autora (2022).

Figura 25 - Mapa de caracterização da rede de água com foco nos *boosters* Rua das Ostras e Antônio Carneiro.



Fonte: A autora (2022).

Pela Figura 23 é possível observar que a rede de maior diâmetro (150 mm) corresponde à tubulação principal da entrada do DMC, portando, após passar pelo *booster* na Rod. SC-401 é ela que abastece a região. Seguindo esta tubulação, tem-se a rede de 100 mm, que se prolonga pela orla do DMC e atende o *booster* Antônio Carneiro.

Após esses diâmetros, em ordem decrescente, tem-se o DN 50 mm, que representa a maioria das tubulações. Porém, segundo alguns funcionários da CASAN, alguns anos atrás na Rua Isid Dutra houve uma renovação da rede de água, substituindo a de PVC por PEAD 63 mm, locada em ambos os passeios.

Os poucos trechos que possuem tubulação de PEAD com DN 32 mm atendem residências menos residências, e, portanto, uma demanda menor de água, além de estarem localizadas em uma cota topográfica menos íngreme.

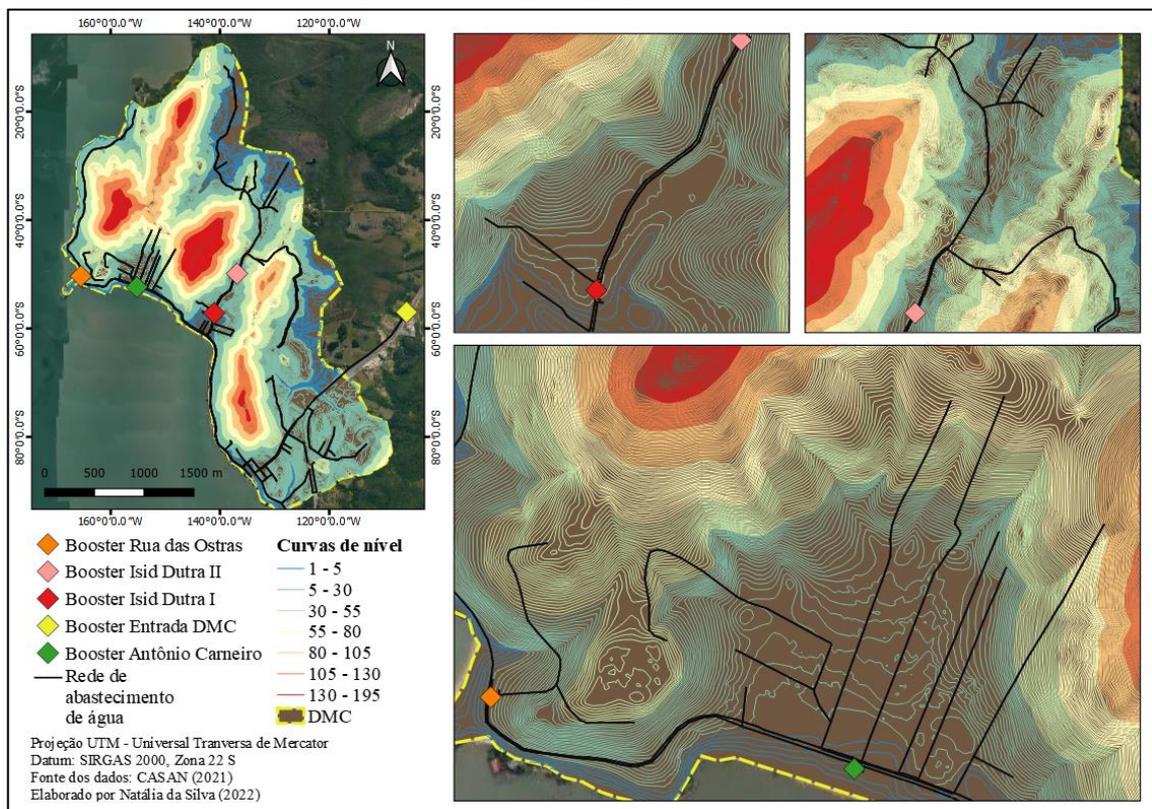
Vale ressaltar que estes mapas, representam, a princípio, o cadastro mais recente do DMC Santo Antônio/Sambaqui, isto porque mesmo havendo um projeto da rede, à medida que

as manutenções são executadas, sem uma atualização cadastral rotineira, algumas informações podem se perder.

Com relação aos acessórios que compõe a rede de água, sejam eles, registros, luvas, reduções, entre outros, não foi possível representá-los no *QGis*, considerando que são muitas peças e a intenção principal da caracterização da rede refere-se à material, diâmetro e disposição no espaço.

Complementando a visão holística do DMC, na qual foi considerado que para caracterizar o distrito era necessário apresentar a localização dos *boosters*, as características da rede de água e a topografia da região, tem-se na Figura 26 a última componente.

Figura 26 - Mapa topográfico do DMC.



Fonte: A autora (2022).

O mapa só confirmou a discrepância da cota topográfica entre algumas ruas, principalmente nos logradouros que se estendem pela orla, com outros transversais, como por exemplo, a Rua Fernando José de Andrada, incluída na zona de influência do *booster* Antônio Carneiro, a qual aproxima-se da cota 80 m no final de sua extensão. Estas ruas e suas paralelas,

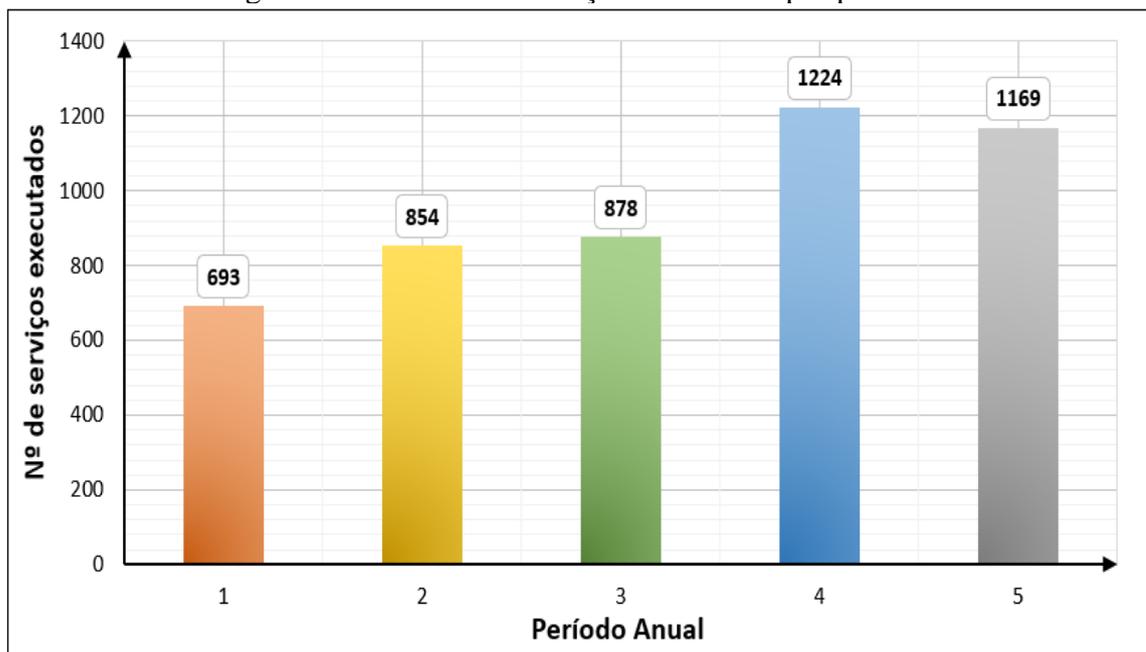
são inclusive, de difícil acesso, destoando bastante com as residências e os comércios que estão na beira-mar.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AS EM TERMOS DE NATUREZA E FREQUÊNCIA

Em relação ao número de dados total, no período de análise, foram abertas e solicitadas 3.141 autorizações de serviços, considerando os códigos solicitados mencionados no item 3.3.1. Entretanto, em uma mesma AS, mais de um serviço pode ser desenvolvido, desta forma, 4.818 serviços foram executados.

Dentro do intervalo de estudo, buscou-se avaliar primeiramente qual período apresentou mais serviços executados, sendo o Período 1 e o Período 4<sup>4</sup>, que apresentaram as menores e maiores contabilizações de serviços, respectivamente (Figura 27).

Figura 27 - Número de serviços executados por período.



Fonte: A autora (2022).

De uma maneira geral, analisando a Figura 27 nota-se o aumento no número de serviços com o decorrer do tempo. Possíveis razões podem ter interferido nesse resultado, como

<sup>4</sup> Período 1 (Outubro/2016-Setembro/2017); Período 2 (Outubro/2017-Setembro/2018); Período 3 (Outubro/2018-Setembro/2019); Período 4 (Outubro/2019-Setembro/2020); Período 5 (Outubro/2020-Setembro/2021).

por exemplo, o aumento populacional, conforme ilustrado na Figura 20. Desta forma, o aumento da demanda pode exigir da rede de abastecimento uma condição melhor de adução a qual ela não está preparada.

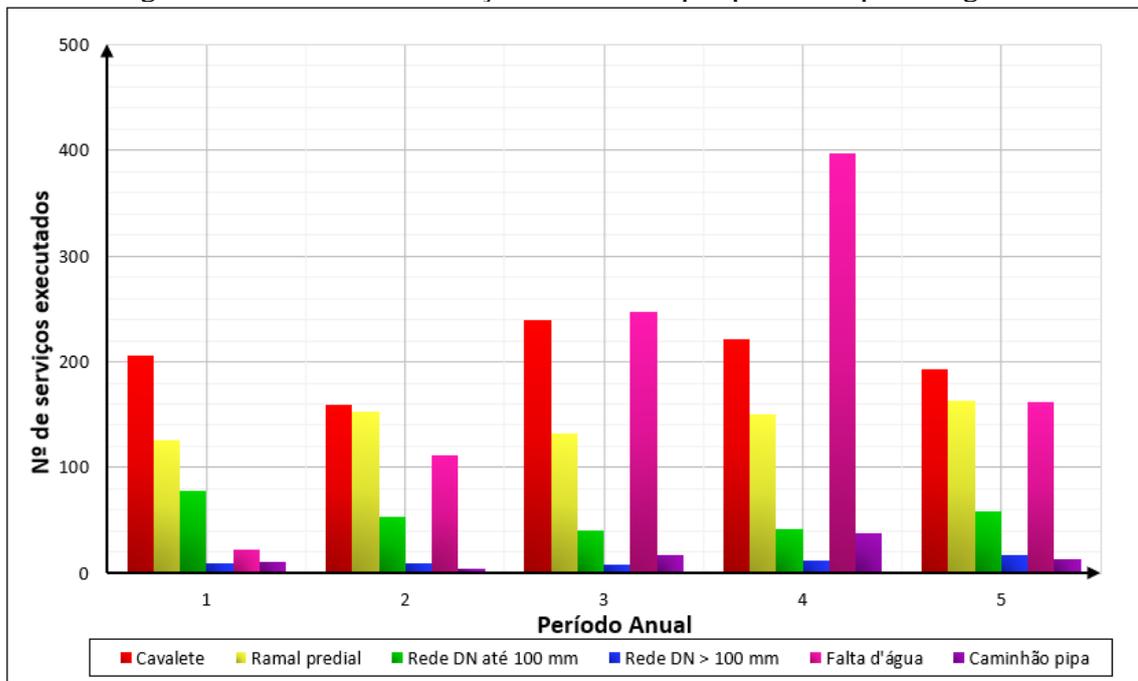
Por conseguinte, para permitir uma análise mais detalhada de cada período, foi analisado qual categoria teve maior demanda, dessa forma o resultado está exposto na Tabela 3, e representado na Figura 28. Destaca-se que a categoria “Outros”, por não representar o foco do estudo não estará detalhada nos resultados.

Tabela 3 - Síntese resultados quantitativos de serviços por período e categoria.

Período	Conserto de cavalete	Conserto de ramal predial	Conserto de rede DN até 100 mm	Conserto de rede DN > 100 mm	Falta d'água	Fornecimento de caminhão-pipa
Período 1	206	126	78	9	23	11
Período 2	160	153	54	10	112	5
Período 3	239	132	40	8	247	17
Período 4	222	151	42	12	397	38
Período 5	193	163	59	17	162	13
Total	1.020	725	273	56	941	84

Fonte: A autora (2022).

Figura 28 - Número de serviços executados por período e por categoria.



Fonte: A autora (2022).

Conforme observado na Tabela 3, a categoria conserto de cavalete foi a mais expressiva nos dois primeiros períodos, bem como no último. Já no Período 3 e no Período 4, a categoria falta d'água representou os maiores valores.

Em concordância com isto, mas agora, considerando todo o histórico de análise, portanto todos os 5 períodos, o conserto de cavalete também representou a categoria com maior número de serviços, totalizando 1.020 serviços executados. Segue-se as categorias falta d'água e conserto de ramal predial com 941 e 725 serviços, respectivamente.

Uma hipótese para este fato, é a alta pressão ao qual estão sujeitos os cavaletes. Considerando que o número de serviços de vazamento é maior em zonas de pressão acima de 40 m.c.a, a análise espacial, abordada no item 4.4.2 confirmará se esta teoria é verdadeira, ou não.

Com relação aos logradouros que mais apresentaram ocorrências, entre 50 analisados, 10 registraram mais de 100 serviços, considerando todas as categorias de serviço analisadas e todo o período de análise.<sup>5</sup> Esta síntese dos resultados está exposta na Tabela 4 e a localização de cada logradouro está representada na Figura 29. A planilha completa, identificando o valor de cada logradouro encontra-se no Apêndice B.

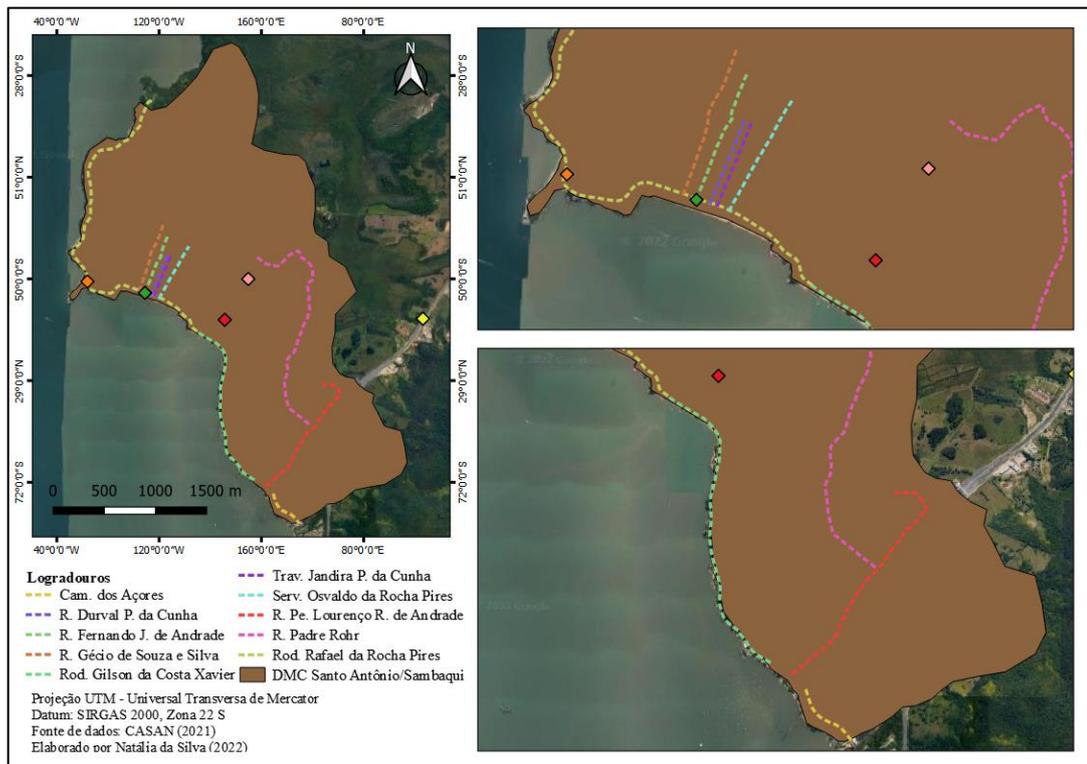
Tabela 4 - Logradouros que apresentaram mais de cem serviços dentro do período total de análise.

<b>Qtd.</b>	<b>Logradouro</b>	<b>Nº total de serviços</b>
1	R. Pe. Rohr	348
2	Rod. Rafael Da Rocha Pires	325
3	Rod. Gilson Da Costa Xavier	303
4	Cam. Dos Açores	276
5	R. Durval Pires Da Cunha	211
6	R. Gécio De Souza E Silva	169
7	R. Fernando José De Andrade	155
8	Serv. Osvaldo Da Rocha Pires	148
9	Trav. Jandira Pires Da Cunha	148
10	R. Pe. Lourenço R. De Andrade	103

Fonte: A autora (2022).

<sup>5</sup> Período de análise total = Outubro/2016 – Setembro/2021.

Figura 29 - Logradouros com o maior registro de serviços.



Fonte: A autora (2022).

Destes 10 logradouros a primeira posição é ocupada pela Rua Padre Rohr, na qual, detalhando os tipos de serviços prestados, destaca-se a falta d'água com 136 AS executadas. Esta rua apesar de não ter concentração de residências, ou mesmo comércios, passou por obras dentro do período de estudo. Devido às alterações de tráfego, realizadas pela Prefeitura Municipal de Florianópolis, houve desligamento de alguns trechos de rede do local, e implantação e ativação, por parte da CASAN, do projeto da rede de água deste logradouro.

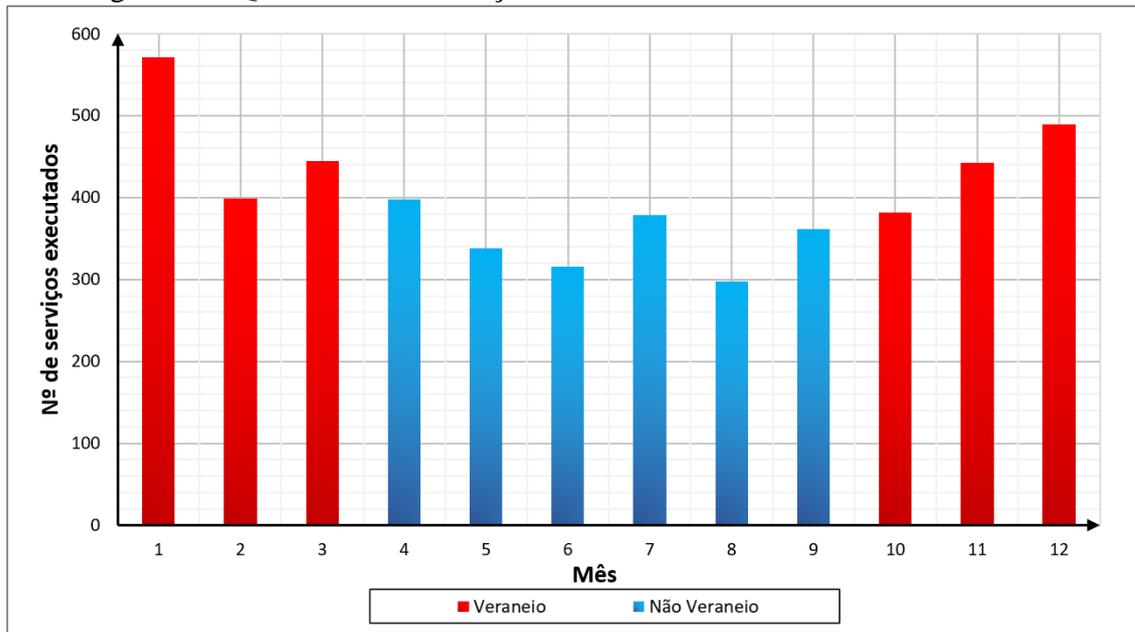
Os dois logradouros seguintes, são rodovias que apresentam a maior concentração de passagem de veículos, e ainda, são os endereços de grande parte da área comercial, abrigada na orla e que garante a atração de muitos turistas todos os anos. Portanto, são locais mais sensíveis, que recorrentemente necessitam de manutenção da CASAN, e constantes manobras hidráulicas que incluem fechamento de registros.

Para o restante, há grande possibilidade da alta pressão local ter influência direta nesses números de serviços. A visão espacial destas pressões será descrita posteriormente.

#### 4.2.1 Avaliação das ocorrências de sazonalidade

Primeiramente, foi verificado o número de serviços executados em cada mês, considerando todo o período de análise (Figura 30).

Figura 30 - Quantidade de serviço executado considerando os meses do ano.



Fonte: A autora (2022).

Pelo gráfico acima, observa-se que há uma possível relação entre o número de ocorrências e o período do ano (Veraneio ou Não Veraneio). Desta forma, o início e o final do gráfico, que representam os meses de janeiro e dezembro, respectivamente, registraram mais ocorrências. Em contra partida, os meses de junho e agosto, que fazem parte da estação inverno, mostraram menos serviços. A demonstração do número de serviços executados em cada mês está no Apêndice C.

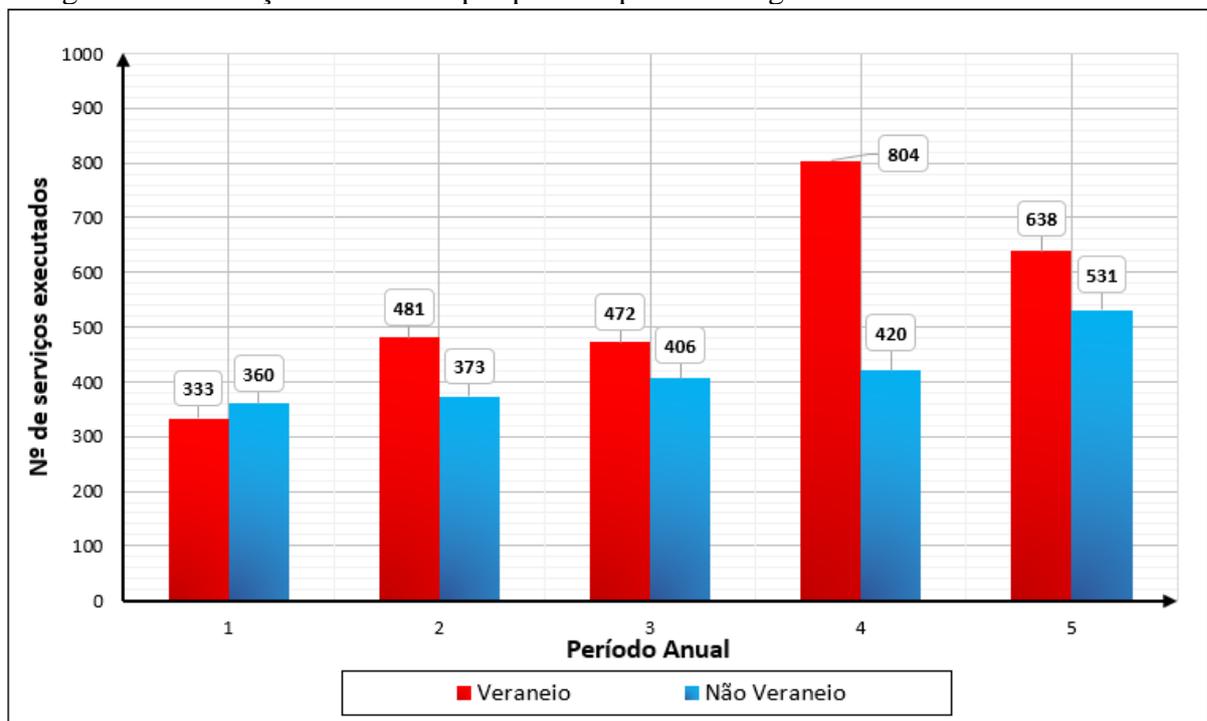
Dando prosseguimento na contabilização dos dados em relação a sazonalidade, foi avaliado quantos serviços por período cada categoria registrou. Sendo estas categorias já mencionadas anteriormente, portanto: Veraneio e Não veraneio. Os respectivos resultados estão apresentados na Tabela 5 e sua representação gráfica está apresentada na Figura 31.

Tabela 5 - Serviços executados por período para as categorias Veraneio e Não veraneio.

Período	Veraneio	Não Veraneio
	Outubro - Março	Abril - Setembro
Período 1	333	360
Período 2	481	373
Período 3	472	406
Período 4	804	420
Período 5	638	531
Total	2728	2090

Fonte: A autora (2022).

Figura 31 – Serviços executados por período para as categorias Veraneio e Não veraneio.



Fonte: A autora (2022).

Observa-se que, com exceção do primeiro período, a quantidade de serviços nos meses de veraneio mostrou-se mais significativa. A principal discrepância deu-se no quarto período, no qual registrou 804 no veraneio em comparação com os 420 executados no período de não veraneio.

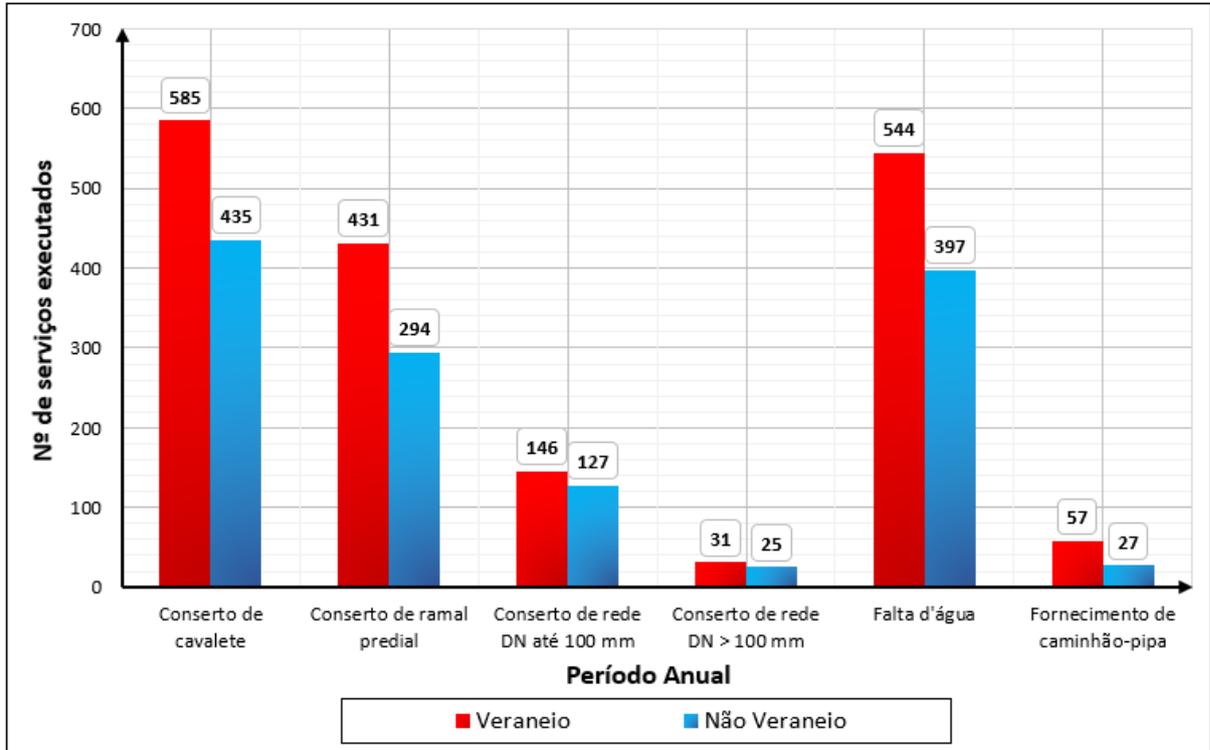
A confirmação da diferença entre as duas categorias será analisada estatisticamente no item a seguir. Mas a priori, por representar a estação de verão, na qual há um maior consumo de água e a presença de uma população flutuante, a categoria veraneio registrou mais serviços de operação e manutenção.

Ao analisar os serviços de operação e manutenção, de 2009 à 2013, no sistema de abastecimento Costa Sul/Leste, também pertencente ao município de Florianópolis (Figura 9), Soares (2015) contabilizou mais serviços de conserto de cavalete e de redes com DN superior à 100 mm nos primeiros e últimos meses do ano, coincidindo com a temporada de verão. O aumento dos vazamentos pode ser justificado, pois muitas casas só são habitadas nesse período, quando é feita a reclamação.

Segundo Soares (2015) as reclamações de falta d'água nesses meses também foram maiores tendo como causas prováveis às oscilações no fornecimento de água devido as variações de pressão e entrada de ar na tubulação, bem como em função dos transientes hidráulicos decorrentes de manobras de rede, pois as operações não são padronizadas.

Visando comparar o DMC Santo Antônio/Sambaqui com a área de abastecimento estudada por Soares (2015), considerando que ambos pertencem ao município de Florianópolis, foi realizada uma divisão dos serviços não apenas pela categoria de sazonalidade, mas também por categoria de serviço, conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32 - Serviços executados por categoria de serviço e por categoria de sazonalidade.



Fonte: A autora (2022).

Similar ao estudo de Soares (2015) no DMC Santo Antônio/Sambaqui os consertos de cavalete, além de terem se destacado na quantidade, notoriamente foram mais executados na categoria Veraneio. O mesmo serve para consertos de ramal predial. As faltas d'água, apesar de mostraram-se maior no Veraneio é difícil afirmar a causa que culminou em tantas situações de interrupção no abastecimento.

Mas, considerando a proximidade das duas áreas estudadas, bem como, empresa que é responsável pela operação e manutenção ser a mesma, acredita-se que as variações de pressão, principalmente decorrentes de manobras de rede são a principal justificativa.

#### 4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Para obter os indicadores de desempenho operacional Op31 e Op32 foram utilizadas respectivamente as variáveis C8 e C24, obtidas anteriormente na caracterização da área de estudo. Portanto, C8 foi 25,04 km para redes com DN até 100 mm e 2,84 km para redes com DN superior a 100 mm. Já a variável C24 foi utilizada com base nos números de economias anual exposto na Figura 20.

O cálculo do indicador de desempenho (ID) Op31 – avarias em redes de água – utilizou o número de consertos contabilizado no item 4.2, como resultado mostrou que, para tubulações com diâmetro de até 100 mm, o primeiro período apresentou o maior número de vazamentos, portanto, 312 avarias para cada 100 km de rede. Nos períodos seguintes houve uma diminuição neste ID, com exceção do último período que apresentou um pequeno aumento quando comparado com o período 4.

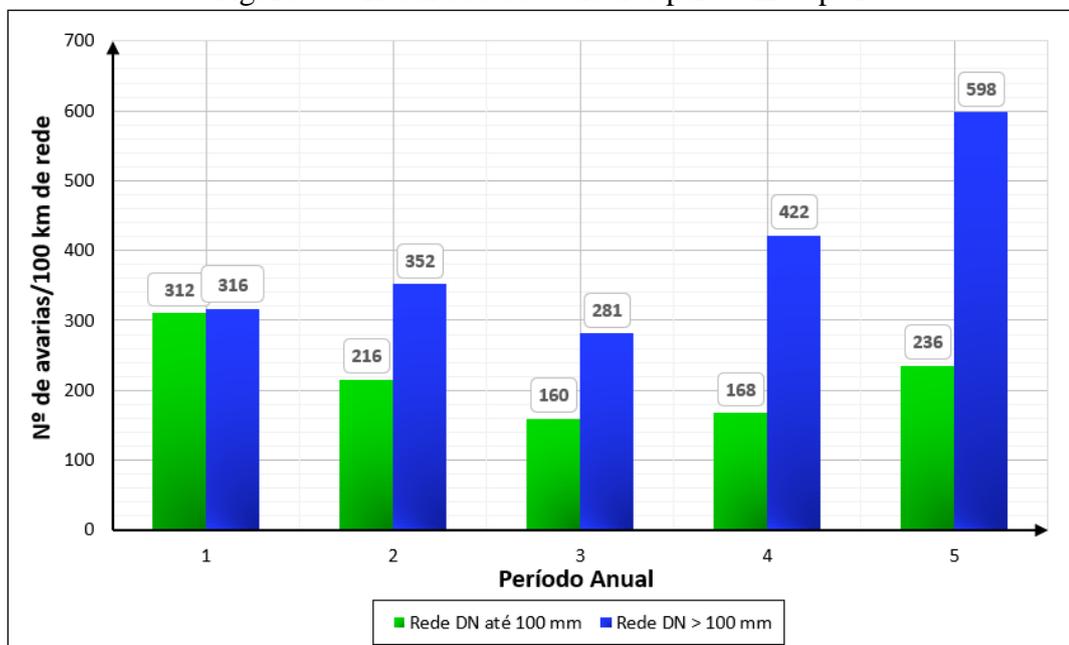
Para as redes com diâmetro superior à 100 mm o período 5 registrou o valor mais expressivo, sendo 598 avarias/100 km de rede. O número de ocorrências bem como o valor do Op31 nos dois casos está apresentado na Tabela 6 e sua ilustração na Figura 33

Tabela 6 - Síntese dos resultados para o indicador de desempenho Op31.

Período	Conserto de rede DN até 100 mm	Op 31 (rede DN até 100 mm)	Conserto de rede DN >100 mm	Op 31 (rede DN >100 mm)
Período 1	78	312	9	316
Período 2	54	216	10	352
Período 3	40	160	8	281
Período 4	42	168	12	422
Período 5	59	236	17	598

Fonte: A autora (2022).

Figura 33 - Resultado dos cálculos para o ID Op31.



Fonte: A autora (2022).

Já o cálculo do indicador de desempenho (ID) Op32 – avarias em ramais prediais – mostrou que para os ramais prediais, apesar da pouca diferença entre os períodos, o segundo apresentou o maior número de vazamentos, portanto, 93 avarias para cada 1000 ramais prediais.

Ao comparar todos os períodos foi possível verificar que houve consonância no terceiro período, uma vez que este registrou os menores indicadores nos dois casos, de 160 e 281 respectivamente.

Considerando o mesmo indicador, porém analisando os vazamentos em cavaletes, o terceiro período registrou o valor mais significativo, igual a 138 avarias de cavalete/1000

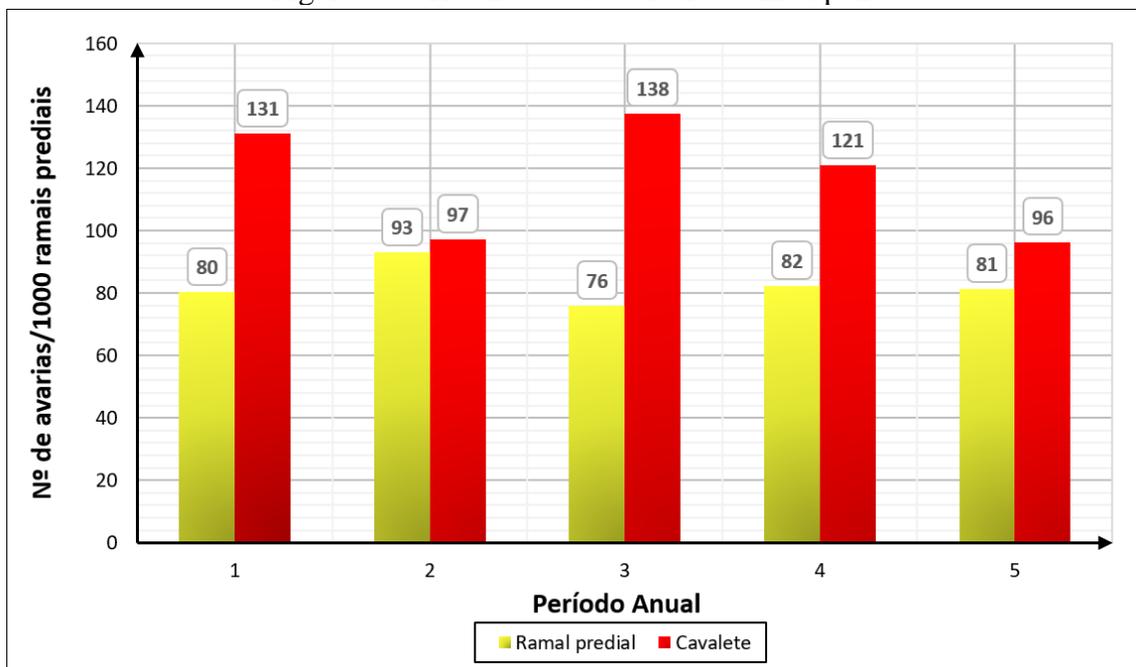
ramais. A exposição de todos os resultados obtidos encontra-se na Tabela 7 sua representação na Figura 34.

Tabela 7 – Síntese dos resultados para o indicador de desempenho Op32.

Período	Nº de ligações ativas	Conserto de ramal predial	Op 32 (ramal predial)	Conserto de cavalete	Op 32 (cavalete)
Período 1	1.571	126	80	206	131
Período 2	1.646	153	93	160	97
Período 3	1.737	132	76	239	138
Período 4	1.835	151	82	222	121
Período 5	2.004	163	81	193	96

Fonte: A autora (2022).

Figura 34 – Resultados do cálculo do ID Op32.



Fonte: A autora (2022).

Entre os ID para ramais prediais o segundo período registrou 93 serviços, e, portanto, o maior número, porém os demais períodos não se distanciam muito deste valor. Vale destacar que a quantidade de serviços de AS relacionados com conserto de cavalete e ramal foram os mais expressivos, entretanto os valores de Op31 são todos maiores, mesmo comparando com o menor Op32.

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

#### 4.4.1 Análise estatística temporal

Para iniciar a análise, foi adotado o nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% e os dados de entrada para a realização deste teste estão descritos da Tabela 8. Como já mencionado anteriormente a variável qualitativa será o período do ano, portanto as categorias estabelecidas foram: Veraneio (outubro até março) e Não veraneio (abril até setembro).

Já a variável quantitativa representa o número de ocorrências executadas por mês/ano considerando todas as categorias de serviço. Desta forma para cada grupo de análise houve uma média de serviços. Destaca-se que o número de elementos corresponderá aos 60 meses de análise e em razão da presença equalitária dos meses cada categoria teve 30 elementos.

Tabela 8 – Resultados preliminares para posterior análise estatística temporal.

<b>Categoria</b>	<b>Média amostral</b>	<b>Nº de elementos</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Veraneio</b>	91 ± 18	30	42
<b>Não veraneio</b>	70 ± 12	30	28

Fonte: A autora (2022).

Nota-se que, aparentemente, a média de ocorrências de serviços na categoria “Veraneio” é superior à categoria “Não veraneio”, o que indica uma possível correlação, entretanto é necessário dar continuidade na análise estatística para confirmá-la. Uma segunda observação refere-se à variação dos dados, uma vez que a primeira categoria aparentou uma variação mais significativa, portanto um maior desvio padrão quando comparada com a segunda categoria.

Em seguida, com estas informações, foi determinado o grau de liberdade total, considerando as duas categorias. Por conseguinte, calculou-se a medida estatística *t<sub>obs</sub>*, utilizando a Equação 3, citada anteriormente, e em seguida o valor para o *p<sub>valor</sub>*, sendo estes resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores obtidos para a análise temporal com o teste *t-student*.

<b>Categoria A</b>	<b>Categoria B</b>	<b>GL<sub>AB</sub></b>	<b>t<sub>OBS</sub></b>	<b>p<sub>valor</sub></b>	<b>Teste</b>	<b>Resultado</b>
Veraneio	Não veraneio	58	-2,34	1,14%	Unilateral	H1

Fonte: A autora (2022).

Esse *pvalor*, de 1,14%, foi comparado com o nível de significância ( $\alpha$ ), pois neste caso o teste utilizado é o unilateral, portanto 5%. Como resultado desta comparação, tem-se que o *pvalor* é menor que  $\alpha$ , enquadrando-se na hipótese H1.

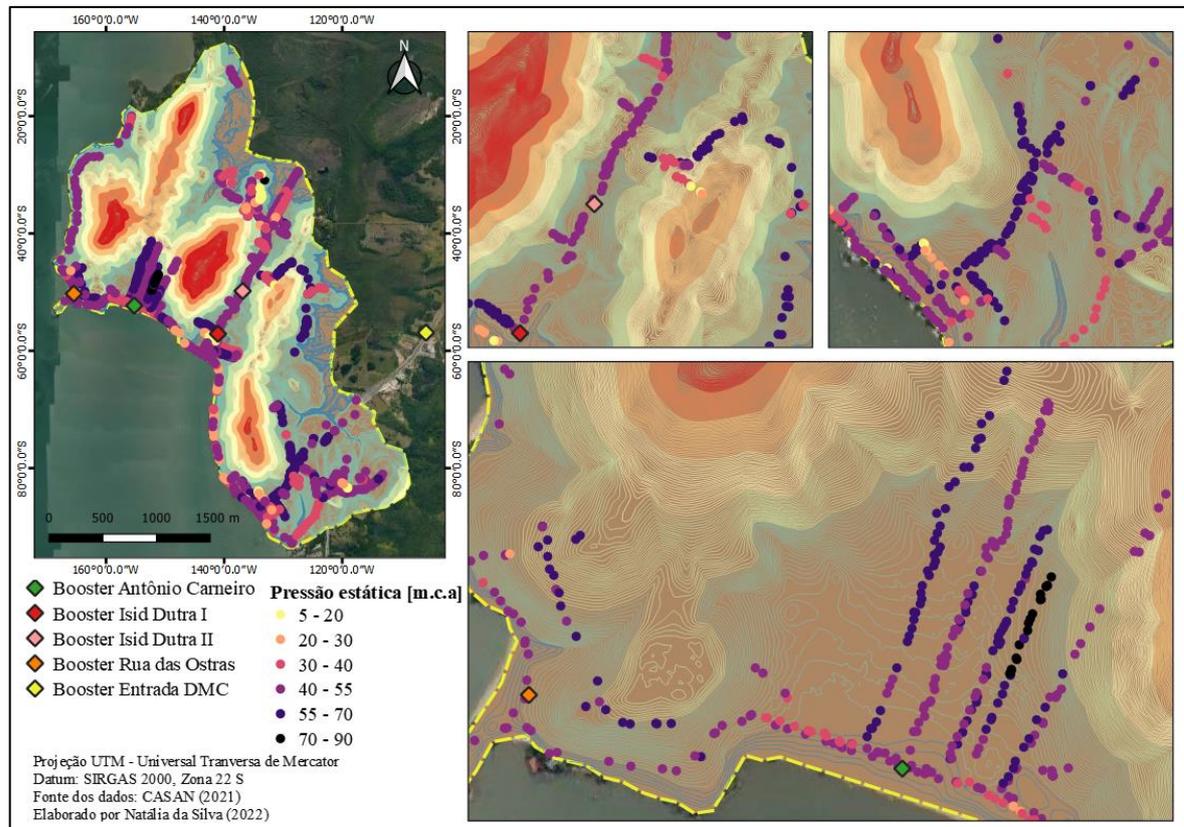
Como já mencionado no item 3.5.1 e, também, apresentado Figura 18 o resultado H1 confirma a correlação estatística com o nível de confiabilidade adotado. Portanto, com 1,14% de erro, é possível afirmar que a estação Não Veraneio possui menos ocorrências que na estação de Veraneio.

Este resultado atende o esperado, pois os meses identificados como Veraneio representam uma época de maior consumo de água, além da presença de uma população flutuante. Este aumento populacional pode estar associado com o turismo presente no município de Florianópolis, onde está inserido o DMC.

#### **4.4.2 Análise estatística espacial**

Os primeiros resultados referentes à análise estatística espacial são as pressões estáticas. Para permitir sua visualização e posicionamento no DMC, a Figura 35, mostra a localização aproximada das economias atendidas no DMC Santo Antônio/Sambaqui, bem como, suas respectivas pressões estáticas calculadas como mencionado no item 3.5.1.2.

Figura 35 - Visão espacial da pressão estática das economias do DMC.

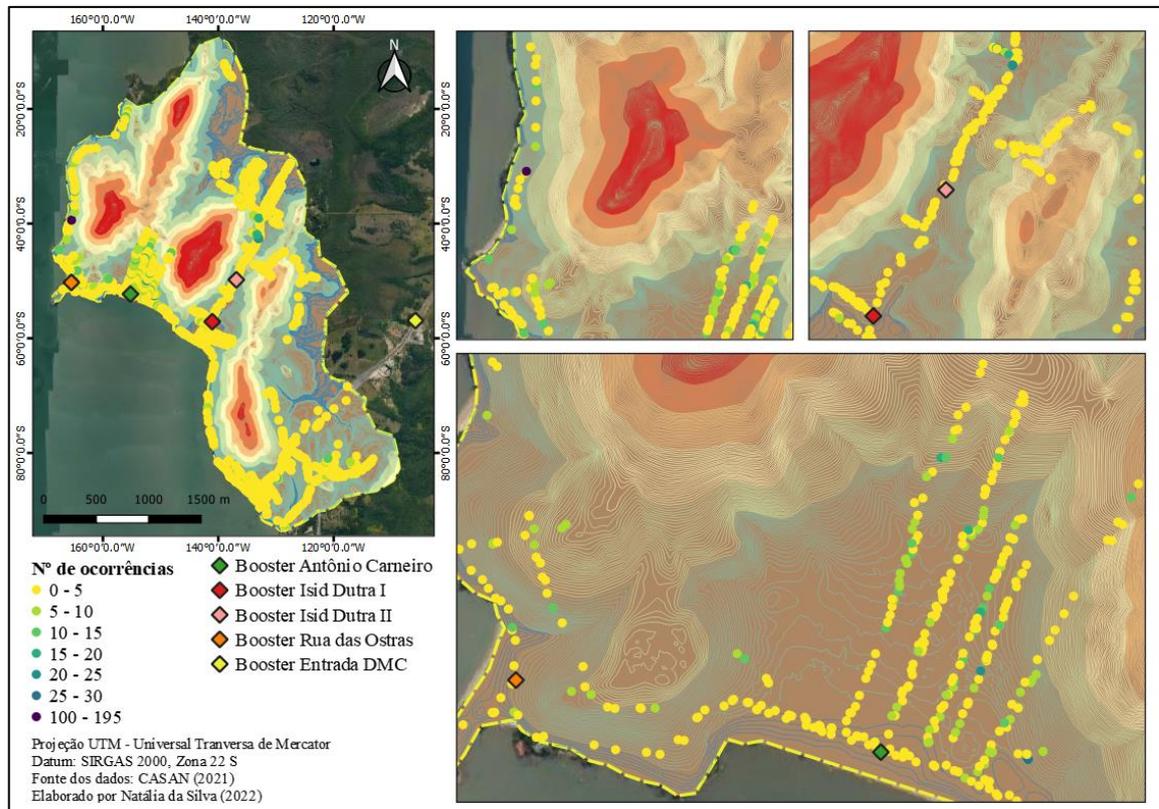


Fonte: A autora (2022).

Pela Figura 35 é possível verificar que muitos pontos estão representação com tonalidades de roxo, portanto, possuem pressão estática superior a 40 m.c.a., dando destaque para a Travessa Jandira Pires da Cunha que possui ligações com pressão acima de 70 m.c.a. Vale destacar que este mesmo endereço registrou 148 serviços, sendo 76 deles de conserto de cavalete, levantando, portanto, a hipótese de que as pressões elevadas podem ter desencadeado os vazamentos neste logradouro.

Em seguida, foi elaborado outro mapa, utilizando os mesmos pontos, porem desta vez, ilustrando o número de ocorrências (Figura 36).

Figura 36 – Visão espacial do número de ocorrências por economia.



Fonte: A autora (2022).

Grande parte do DMC registrou até 5 serviços, outros pontos, em minoria, entre 5 e 15 serviços, isto considerando apenas AS que possuíam o registro do número do imóvel no detalhamento da autorização. O destaque ficou por conta dos logradouros que fazem parte da área de influência do *booster* Antônio Carneiro, uma vez que todas os seis logradouros apresentaram pontos com mais de cinco serviços, entre eles a Travessa Jandira Pires da Cunha, citada anteriormente devido ao elevado número de consertos de cavaletes.

Outro ponto a levantar diz respeito à Rod. Rafael da Rocha Pires que apresentou um local com mais de 100 registros de ocorrências. Neste caso é difícil comprovar uma justificativa para esta situação. Sendo muito específico apenas conversando com as equipes de campo que atendem no local para tentar identificar qual o principal agente causador deste inconveniente.

Seguindo a mesma lógica da análise temporal, apresentada anteriormente no item 4.4.1, na análise espacial foi adotado o mesmo nível de significância de 5% e a variável quantitativa manteve-se a mesma. Entretanto, a amostra utilizada foi menor, se comparado com

a outra análise, pois, como já explicado no item 3.5.1.2 apenas AS com o número da residência foram consideradas, logo o número de AS executadas estudadas foi de 689.

Em relação a variável qualitativa, esta foi categorizada em Zona alta (pressão estática maior que 40 m.c.a) e Zona baixa (pressão estática igual ou menor que 40 m.c.a). Diferentemente da análise anterior, nesta o número de elementos da primeira categoria contabilizou 517, e a segunda 172 casos (Tabela 10).

Os casos contabilizados abrangem apenas consertos de cavalete e de ramal, uma vez que para determinar a pressão estática foi necessário ter conhecimento da localização exata do serviço. Desta forma, como as autorizações de serviço nessas situações possuem o número da residência apenas estas foram trabalhadas na análise estatística.

Tabela 10 - Resultados preliminares para posterior análise estatística espacial.

<b>Categoria</b>	<b>Média amostral</b>	<b>Nº de elementos</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Zona alta</b>	4 ± 1	517	9
<b>Zona baixa</b>	2 ± 1	172	4

Fonte: A autora (2022).

Pela Tabela 10, aparentemente, a média de ocorrências de serviços na categoria “Zona alta” é maior em detrimento à outra, indicando uma possível correlação. Porém é necessário dar seguimento na análise para garantir esta hipótese. Esta mesma categoria apresentou um maior desvio padrão, portanto, uma maior variação dos dados.

Dando continuidade à análise, as mesmas variáveis da análise temporal foram determinadas: grau de liberdade total, *tobs* e o *pvalor*. O resultado está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores obtidos para a análise espacial com o teste *t-student*.

<b>Categoria A</b>	<b>Categoria B</b>	<b>GL<sub>AB</sub></b>	<b>t<sub>OBS</sub></b>	<b>p<sub>valor</sub></b>	<b>Teste</b>	<b>Resultado</b>
Zona baixa	Zona alta	687	-2,28	1,13%	Unilateral	H1

Fonte: A autora (2022).

Comparando o *pvalor* obtido de 1,13% com o nível de significância de 5%, tem-se a hipótese H1 e, portanto, é possível afirmar que: considerando o nível de confiança de mais de 95% há uma menor média de serviços em zonas baixa em relação às zonas altas.

Este resultado também atende o esperado, pois baseado na revisão bibliográfica abordada neste estudo, pressões altas tem relação direta com os vazamentos e seu controle é fundamental para diminuir perdas reais em sistemas de distribuição de água.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de abastecimento de água do DMC Santo Antônio/Sambaqui, entre os anos de 2016 e 2021 abrigou, em média 1.721 ligações, atendendo, portanto, 5.180 pessoas. Em relação à caracterização da rede, destaca-se a presença de cinco *boosters*, responsáveis por aumentar a pressão nas tubulações que alcançam cotas topográficas elevadas, com destaque para o *booster* Antônio Carneiro que possui uma pressão de recalque de 80 m.c.a. e abastece a Rua Fernando José De Andrade, na qual localiza-se a residência com a cota mais desfavorável do DMC.

Para identificar as características físicas da rede implantada, foram utilizados os cadastros da CASAN. Desta forma, somando os 121 trechos, tem-se aproximadamente 28 km de rede de água na área de estudo, com diâmetros que variam entre 32 mm, de material PEAD, até 150 mm, de PVC modificado, sendo esta última a rede que transporta a água na entrada do distrito de medição e controle.

Em relação ao histórico de AS, no período de análise, que iniciou em outubro de 2016 e finalizou em setembro de 2021, foram executados 4.818 serviços, destes 1.020 enquadram-se na categoria conserto de cavalete, a mais expressiva. Em seguida as categorias: falta d'água e conserto de ramal contabilizaram 941 e 725 serviços respectivamente.

Além da divisão da análise por categoria do serviço destaca-se a divisão em cinco períodos, cada um composto por 12 meses, iniciando em outubro e terminando em setembro. Neste caso, o período que mais somou serviços foi o quarto, representado por 1.224 AS, considerando todas as categorias.

Combinando a análise por categoria e por período, nos consertos de cavalete, o terceiro período foi o mais crítico, com 239 serviços, entre os meses de outubro de 2018 até setembro de 2019.

Já a análise sazonal, na qual dividiu os meses do ano em duas categorias: Veraneio (outubro até março) e Não veraneio (abril até setembro), a primeira categoria apresentou o maior número de AS, sendo 2.728 serviços, dando destaque para o quarto período que registrou 804 serviços no Veraneio.

O cálculo do indicador de desempenho Op32 reforçou a fraqueza do DMC, sendo, portanto, os consertos de cavalete com 138 avarias/1000 ramais. Para o indicador Op31 o

destaque está no quinto período que resultou em 598 avarias/1000 km de rede com diâmetro superior a 100 mm.

Quanto à análise estatística temporal, o teste de hipóteses de média confirmou, com 95% de confiabilidade, que o número de serviços na categoria “Veraneio” é maior se comparado com a categoria “Não veraneio”. Para a análise estatística espacial, utilizando o mesmo teste e a mesma confiabilidade, foi confirmado que em locais com pressão acima de 40 m.c.a. há mais vazamentos em cavaletes e ramais prediais.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho, como um todo, conseguiu atingir seu objetivo geral, de caracterizar em termos de operação e manutenção a rede de distribuição de água do DMC Santo Antônio/Sambaqui. Com relação aos objetivos específicos, também houveram resultados satisfatórios.

O uso de indicadores de desempenho operacional foi uma ferramenta útil que permitiu verificar as avarias do sistema com base no histórico das autorizações de serviço. Recomenda-se, a exploração deste tópico, através do cálculo de outros indicadores que enriqueçam ainda mais o conhecimento desta rede, bem como a comparação dos resultados não apenas temporal, mas espacial, utilizando outros DMC como base.

Na análise estatística, pelo teste de médias *t-student*, as necessidades foram atendidas, mostrando-se eficiente para a verificação temporal e espacial. A constatação de relação entre maiores casos de vazamentos nos meses categorizados como veraneio apesar de satisfatória, para trabalhos futuros recomenda-se a apuração de dados que possam justificar a maior incidência nessa época.

Ainda, a fim de analisar com mais detalhes as pressões no DMC, mesmo tendo um bom resultado estatístico, que assegurou a hipótese de que locais com pressão superior à 40 m.c.a. ocorreram mais vazamentos em ramais e cavaletes, sugere-se a ampliação deste estudo, permitindo a verificação das ocorrências de vazamento nas redes de distribuição.

Também, com relação aos serviços de cavalete e ramais, como estes foram os mais expressivos, estudos detalhados sobre o material empregado no colar de tomada, bem como a identificação dos ramais que registraram muitos serviços de manutenção em um curto período de tempo, possibilitariam averiguar razões mais concretas que expliquem e validem esses valores elevados.

Para ampliar o estudo neste DMC para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de modelagem hidráulica para simular possíveis ajustes que permitiriam um controle da pressão, como por exemplo, através da implantação de uma válvula redutora de pressão (VRP), ou ainda, verificando a viabilidade na instalação de um reservatório.

## REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água.** 2015

ALEGRE, Helena. Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 4., 1998, Lisboa. **Trabalho em curso no âmbito da ISWA.** Lisboa: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 1998. p. 1-15.

ALEGRE, Helena *et al.* **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água.** Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004. 276 p. Tradução e adaptação para português: Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime Melo Baptista.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: Abnt, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12586:** Cadastro de sistema de abastecimento de água. Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 12 p.

BRASIL. **Lei nº 11.445,** de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2007.

BRASIL. **Lei nº 14.026,** de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera outras leis. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério das Cidades, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA Fundação Nacional da Saúde. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.** Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019.** Brasília, 2020.

CRUZ, Cléverson Souza; COSTA, Rafael José Magalhães da. **Análise da importância da utilização de válvulas redutoras de pressão (VRP) no controle de perdas na rede de distribuição de água:** estudo de caso: distrito de medição e controle (dmc) sampaio luz no município de Maceió-AL. 2017. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2017.

GAMBOA-MEDINA, Maria Mercedes; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro. Detecção de vazamentos em redes de distribuição de água para abastecimento: estado da arte. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 19., 2011, Maceió. **Anais [...]** Maceió: ABRH, 2011. p. 1-20.

GONÇALVES, Aline Azeredo *et al.* A redução das perdas através do controle de pressões no abastecimento de água no município de canoas: estudo de caso em uma empresa de saneamento. **Revista Ciência e Conhecimento**, São Jerônimo, v. 9, n. 2, p. 37-56, jul. 2015.)

LEAL, Felipe Gautério. **Determinação do tempo ótimo de substituição de tubulações de sistemas de abastecimento de água**. 2009. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública (Rap)**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, abr. 2011.

MARCHI, Chélsa Eichholz *et al.* Proposta de metodologia de gestão para sistemas de abastecimento de água utilizando modelagem hidráulica computacional e indicadores de desempenho. In: III Simpósio Internacional De Gestão De Projetos e II Simpósio Internacional De Inovação E Sustentabilidade, 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SINGEP, 2014. p. 1-13.

MORAIS, Danielle Costa; CAVALCANTE, Cristiano A. Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, [s. l], v. 30, n. 1, p. 15-32, abr. 2010.

MURTHA, Ney Albert; CASTRO, José Esteban; HELLER, Léo. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 193-210, set. 2015.

NASSAR, Silvia M., WRONSCKI, Vilson R., OHIRA, Ma-sanio *et al.* **SEstatNet** - Sistema Especialista para o Ensino de Estatística na Web. URL de acesso: <http://sestatnet.ufsc.br>. Florianópolis - SC, Brasil. Acesso em 21 fev. 2022.

ONU, 2021. **Organização das Nações Unidas. Sobre o nosso trabalho para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> >. Acesso em 23 de set. de 2021.

PAULA, Marcos Vinícius Pereira de; LIMA, Matheus dos Santos. **Perdas no sistema de abastecimento de água potável: análise dos indicadores de desempenho na cidade de Jaraguá - go**. 2019. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Jaraguá, Jaraguá, 2019.

PINTO Luiz Celso Braga. Gestão de Perdas no saneamento básico. In: PHILIPPI JR, A; GALVÃO, A.C. (Org.). **Gestão do saneamento Básico: Abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri, SP: Manole, 2012. p. 355-391.

PITERMAN, Ana; GRECO, Rosângela Maria. A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. **Revista Aps**, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, p. 151-164, dez. 2005.

ROSSETTO, Adriana Marques; LERÍPIO, Alexandre de Ávila. Gestão de Políticas Públicas de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JR, A; GALVÃO, A.C. (Org.). **Gestão do saneamento Básico: Abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri, SP: Manole, 2012. p. 18-41.

SANTA CATARINA. Ministério Público. **Guia do saneamento básico: perguntas e respostas**. Coordenação geral do promotor de justiça Luís Eduardo Couto de Oliveira Souto, supervisão da Procuradoria Geral da Justiça. Florianópolis: Coordenadoria de Comunicação Social/Gráfica Propress, 2008.

SARZEDAS, Guaraci Loureiro. **Planejamento para a substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água**: aplicação na rede de distribuição de água da região metropolitana de são paulo. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, Elmo Rodrigues da. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. 1998. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1998.

SNIS, 2019. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Abastecimento de água - 2019**. Disponível em < <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua> >. Acesso em 22 de set. de 2021.

SOARES, Andréia Senna. **Qualidade da operação e manutenção do sistema de distribuição de água costa sul/leste em Florianópolis/SC com base em histórico de dados de autorização de serviço**. 2015. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Tecnológica Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

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>.

TARDELLI FILHO, Jairo. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. P. 457-526.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006, 659 p.

VICENTINI, Líliliana Pedroso. **Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2012. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia hidráulica, Escola Politécnica da Unidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

**APÊNDICE A - Tabela auxiliar para a análise estatística.**

Planilha 1 – Número de ocorrências para cada mês/ano de análise.

<b>Mês</b>	<b>Categoria</b>	<b>Ocorrências</b>
Out/16	Veraneio	57
Nov/16	Veraneio	53
Dez/16	Veraneio	53
Jan/17	Veraneio	91
Fev/17	Veraneio	38
Mar/17	Veraneio	41
Abr/17	Não veraneio	26
Mai/17	Não veraneio	37
Jun/17	Não veraneio	68
Jul/17	Não veraneio	79
Ago/17	Não veraneio	94
Set/17	Não veraneio	56
Out/17	Veraneio	88
Nov/17	Veraneio	41
Dez/17	Veraneio	99
Jan/18	Veraneio	74
Fev/18	Veraneio	105
Mar/18	Veraneio	74
Abr/18	Não veraneio	47
Mai/18	Não veraneio	108
Jun/18	Não veraneio	73
Jul/18	Não veraneio	50
Ago/18	Não veraneio	49
Set/18	Não veraneio	46
Out/18	Veraneio	89
Nov/18	Veraneio	85
Dez/18	Veraneio	53
Jan/19	Veraneio	136
Fev/19	Veraneio	50
Mar/19	Veraneio	59
Abr/19	Não veraneio	125
Mai/19	Não veraneio	68
Jun/19	Não veraneio	50
Jul/19	Não veraneio	54
Ago/19	Não veraneio	36
Set/19	Não veraneio	73
Out/19	Veraneio	66
Nov/19	Veraneio	141
Dez/19	Veraneio	166

<b>Mês</b>	<b>Categoria</b>	<b>Ocorrências</b>
Jan/20	Veraneio	217
Fev/20	Veraneio	96
Mar/20	Veraneio	118
Abr/20	Não veraneio	62
Mai/20	Não veraneio	32
Jun/20	Não veraneio	69
Jul/20	Não veraneio	101
Ago/20	Não veraneio	46
Set/20	Não veraneio	110
Out/20	Veraneio	82
Nov/20	Veraneio	122
Dez/20	Veraneio	118
Jan/21	Veraneio	53
Fev/21	Veraneio	110
Mar/21	Veraneio	153
Abr/21	Não veraneio	138
Mai/21	Não veraneio	93
Jun/21	Não veraneio	56
Jul/21	Não veraneio	95
Ago/21	Não veraneio	73
Set/21	Não veraneio	76

Fonte: A autora (2022).



**APÊNDICE B – Número de serviços executados por logradouro e por categoria de serviço.**

Planilha 3 – Número de ocorrências por logradouro considerando separadamente a categoria do serviço.

<b>Logradouro</b>	<b>Conserto de cavalete</b>	<b>Conserto de ramal predial</b>	<b>Conserto de rede DN até 100 mm</b>	<b>Conserto de rede DN&gt;100 mm</b>	<b>Falta d'água</b>	<b>Fornecimento de caminhão-pipa</b>	<b>Total</b>
Cam. Dos Açores	108	61	9	10	83	5	276
R. Agenor Jose De Andrade	8	4	2	0	5	0	19
R. Aldo Queiroz	8	18	4	1	14	0	45
R. Con. Serpa	19	22	9	2	10	0	62
R. Das Ostras	21	22	3	0	46	5	97
R. De Padua	1	1	3	0	0	0	5
R. Dep. Walter Gomes	22	20	4	2	30	4	82
R. Durval Pires Da Cunha	107	53	8	0	43	0	211
R. Fernando José De Andrade	69	40	2	0	44	0	155
R. Gécio De Souza E Silva	71	45	6	0	47	0	169
R. Gen. Aleluia	7	9	0	0	7	0	23
R. Maria Eduvirgem Da Rocha	3	2	1	0	3	0	9
R. Pe. Lourenço Rodrigues De Andrade	27	30	2	17	38	3	117
R. Pe. Rohr	68	77	43	0	136	24	348
R. Prof. Alcides Goulart	6	2	2	1	0	0	11
R. Prof. Euclides Pires Da Cunha	5	16	9	0	14	0	44
R. Prof. Osni Barbato	2	4	1	1	2	0	10
R. Quinze De Novembro	20	18	0	0	9	1	48
R. Sen. Mafra	10	10	0	1	3	0	24
R. Teodoro Manoel Dias	9	13	2	0	33	2	59
Res. Gralha Azul	5	2	1	0	5	0	13

<b>Logradouro</b>	<b>Conserto de cavalete</b>	<b>Conserto de ramal predial</b>	<b>Conserto de rede DN até 100 mm</b>	<b>Conserto de rede DN&gt;100 mm</b>	<b>Falta d'água</b>	<b>Fornecimento de caminhão-pipa</b>	<b>Total</b>
Rod. Gilson Da Costa Xavier	77	49	103	21	51	2	303
Rod. Rafael Da Rocha Pires	84	65	38	0	114	24	325
Serv. Albano Domingos Marques	0	1	0	0	1	0	2
Serv. Amaro Ventura	12	2	0	0	0	0	14
Serv. Antonina Fernandes	8	0	0	0	0	0	8
Serv. Arnaldo Lisboa	0	1	0	0	2	0	3
Serv. Asenção Luiz Gonzaga	3	7	0	0	17	1	28
Serv. Aurea Maria Policarpo	3	5	5	0	35	3	51
Serv. Caminho Do Engenho Velho	5	0	0	0	1	0	6
Serv. Caravelas Douradas	34	8	2	0	2	0	46
Serv. Donatilia Souto	1	0	0	0	5	0	6
Serv. Gualberto Manoel Pereira	23	9	1	0	5	0	38
Serv. Hipolito Machado	1	4	0	0	3	0	8
Serv. João Batista Dos Santos	1	0	0	0	1	0	2
Serv. Jorge Soares De Oliveira	0	7	0	0	5	0	12
Serv. Jorge Wagner	1	0	0	0	1	0	2
Serv. Luiz Romagnoli	1	3	0	0	18	1	23
Serv. Manoel José Pereira	3	2	0	0	3	0	8
Serv. Martinho Manoel Peixoto	0	0	3	0	0	0	3

<b>Logradouro</b>	<b>Conserto de cavalete</b>	<b>Conserto de ramal predial</b>	<b>Conserto de rede DN até 100 mm</b>	<b>Conserto de rede DN&gt;100 mm</b>	<b>Falta d'água</b>	<b>Fornecimento de caminhão-pipa</b>	<b>Total</b>
Serv. Nilo Damaceno	0	0	0	0	4	0	4
Serv. Orlando Do Amaral	11	2	0	0	5	1	19
Serv. Osvaldo Da Rocha Pires	67	45	5	0	27	4	148
Serv. Paraiso Das Flores	8	4	1	0	14	1	28
Serv. Pedro Marciano Da Rosa	0	0	1	0	0	0	1
Serv. Raulino Anastacio Ferreira	3	0	0	0	21	2	26
Serv. Raulino Anselmo De Andrade	0	1	0	0	0	0	1
Trav. Emilia M.Ferreira (Dona Miloca)	0	0	0	0	0	0	0
Trav. Ilha De Ratonés	2	0	0	0	6	1	9
Trav. Jandira Pires Da Cunha	76	41	3	0	28	0	148

Fonte: A autora (2022).

**APÊNDICE C - Número de serviços executados por mês considerando todo o período de análise.**

Planilha 2 – Número de ocorrências por mês considerando cada categoria de serviço separadamente.

Mês	Conserto de cavalete	Conserto de ramal predial	Conserto de rede DN até 100 mm	Conserto de rede DN superior a 100 mm	Falta d'água	Fornecimento de caminhão pipa	TOTAL
Janeiro	115	80	18	0	150	21	384
Fevereiro	61	71	29	3	74	2	240
Março	108	79	22	15	70	8	302
Abril	89	54	22	4	95	10	274
Maio	75	56	19	5	77	0	232
Junho	42	40	28	5	79	0	194
Julho	68	44	21	5	73	12	223
Agosto	71	51	21	2	10	1	156
Setembro	90	49	16	4	63	4	226
Outubro	115	50	33	4	54	1	257
Novembro	106	74	29	5	89	9	312
Dezembro	80	77	15	4	107	16	299

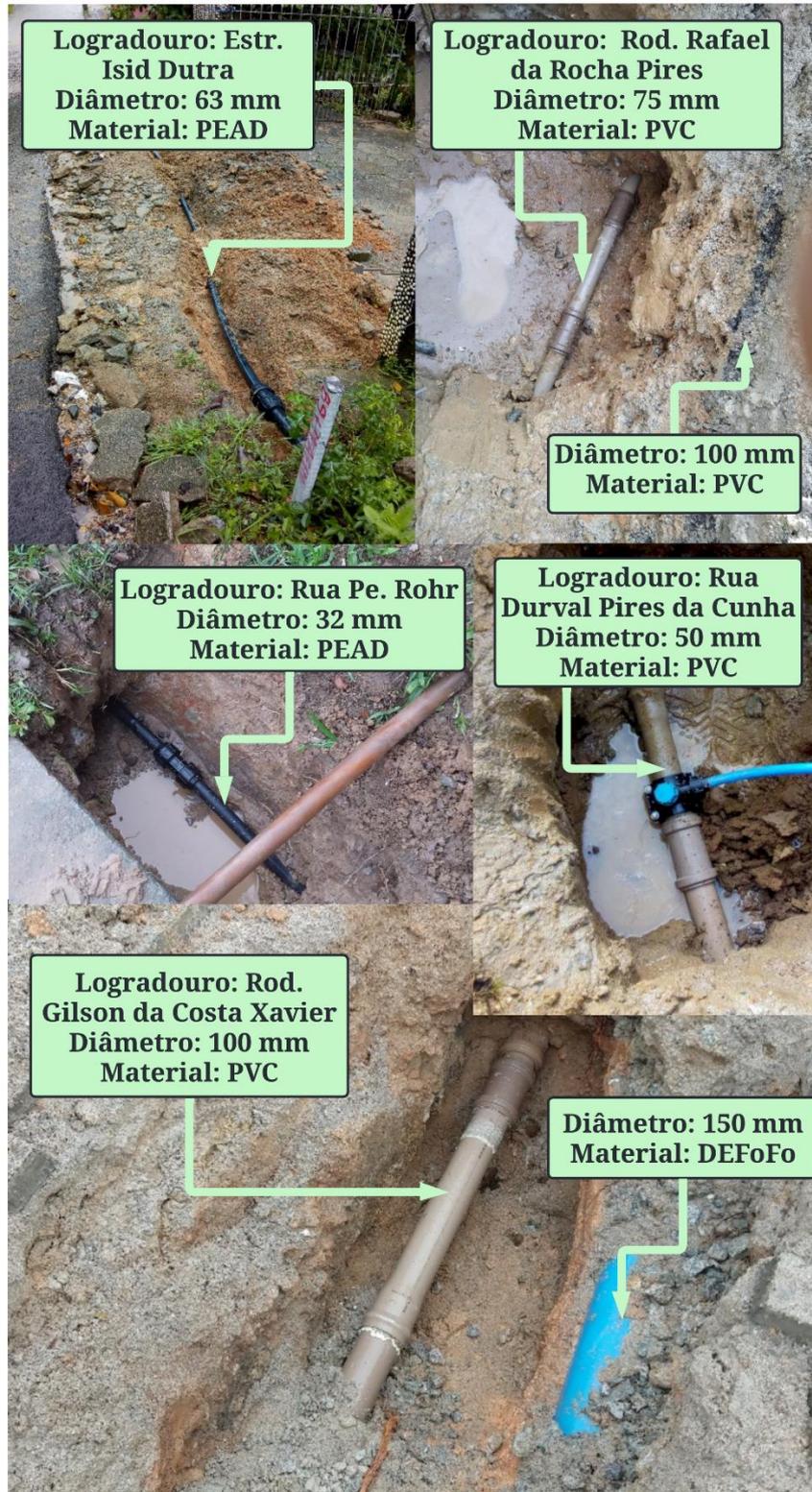
Fonte: A autora (2022).

**ANEXO A – Códigos de AS solicitadas.**

<b>Código da AS</b>	<b>Detalhamento do código</b>	<b>Nº serviços solicitados</b>
3110	La Cons. Cav. P/Desgaste Peca	1047
3102	La Cons. Rp Vazam. Loc. C/Asf.	53
3104	La Cons. Rp Vazam. Loc. S/Asf.	132
5809	Ra Cons. Vazamento Rp Por Logradouro	138
5112	Ra Cons. Pvc Dn Ate 100mm Loc. C/Asf.	1
5114	Ra Cons. Pvc Dn Ate 100mm Loc. S/Asf.	12
5116	Ra Cons. Pvc Dn Sup. 100mm Loc. C/Asf.	2
5118	Ra Cons. Pvc Dn Sup. 100mm Loc. S/Asf.	1
5808	Ra Ver. Vazamento	719
3802	La Ver. Falta Água Cavalete	893
5812	Ra Ver. Falta Água	70
3962	La Forn. Esp. Água/Pipa P/M3 I.C.	73

Fonte: Adaptado de CASAN (2021).

**ANEXO B – Caracterização da rede de abastecimento de água no DMC.**



Fonte: Adaptado de CASAN (2021).