

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

CHIARA DE SOUZA BENVENUTTI

ESTUDO DE CASO: VAZAMENTOS EM CAVALETES DE MICROMEDIÇÃO NA
CIDADE DE JOINVILLE/SC

Joinville

2024

CHIARA DE SOUZA BENVENUTTI

ESTUDO DE CASO: VAZAMENTOS EM CAVALETES DE MICROMEDIÇÃO NA
CIDADE DE JOINVILLE/SC

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Valéria Bennack

Joinville

2024

CHIARA DE SOUZA BENVENUTTI

ESTUDO DE CASO: VAZAMENTOS EM CAVALETES DE MICROMEDIÇÃO NA
CIDADE DE JOINVILLE/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 28 de junho de 2024.

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Bennack
Orientadora/Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Lucas Emanuel Martins
Membro
Companhia Águas de Joinville

Me. Clarissa Campos de Sá
Membro
Companhia Águas de Joinville

Se cheguei até aqui, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes.

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Micheline Castelli de Souza, por ser inspiração, exemplo de força, resiliência, determinação e coragem, além de sempre proporcionar as melhores condições e perspectivas para a realização deste sonho.

À minha irmã, Jéssica de Souza Benvenuti-Houriez, pela inspiração de vida, pelos conselhos sempre sábios, pela amizade, pelas oportunidades e por todo o incentivo para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu avô, Emílio José de Souza, e à minha avó, Noely Castelli de Souza, por serem sempre tão queridos e acolhedores, estendendo o agradecimento a toda a família.

À Dra. Valéria Bennack, coordenadora do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, professora e mentora deste trabalho. Agradeço a disposição, dedicação e amizade, além da inspiração que representa como mulher e engenheira.

À Me. Clarissa Campos de Sá, Gerente do Centro de Inteligência em Operações, e ao Eng. Lucas Emanuel Martins, Gerente de Água, da Companhia Águas de Joinville, pela oportunidade de aprendizado com profissionais tão competentes e excepcionais. Agradeço pela orientação, pelo incentivo e por proporcionarem os melhores meios para o meu desenvolvimento profissional e pessoal através da empresa.

Ao Eduardo de Andrade, meu namorado e melhor amigo, por trazer leveza, compartilhar dos desafios e das alegrias da fase acadêmica. Meu agradecimento também se estende à sua família, que me acolheu com carinho.

Às minhas amigas Ana Beatriz Rudnick Possamai e Priscila Muriel Moraes, que compartilharam os desafios da vida acadêmica e que enfrentaram o processo ao meu lado, permitindo que evoluíssemos juntas. Também agradeço a todos os colegas que de alguma forma estiveram presentes nessa caminhada.

Por fim, à Companhia Águas de Joinville, por ter sido palco do meu desenvolvimento durante esses dois anos de estágio, pelas oportunidades, pelas pessoas, pela estrutura proporcionada para o desenvolvimento deste estudo e pelo fornecimento dos dados, estendendo o agradecimento a todo o Centro de Inteligência em Operações e aos demais colegas da empresa.

RESUMO

A garantia de que os serviços de saneamento básico sejam acessíveis a toda a humanidade é um dos objetivos principais do desenvolvimento sustentável, entretanto, a falta de infraestrutura adequada para o abastecimento de água é um dos maiores problemas sociais enfrentados. Dessa forma, as perdas de água são um desafio a ser solucionado pelas companhias de saneamento, pois trazem prejuízos ao abastecimento. Em relação às perdas reais, o setor de Otimização Hidráulica e Gestão de Perdas da Companhia de Saneamento Básico Águas de Joinville apresentou a demanda de avaliar a ocorrência de vazamentos em cavaletes de micromedição na região de Joinville/SC. Tal necessidade partiu de uma percepção da ocorrência de quantidades significativas de Ordens de Serviço para a realização de consertos com essa finalidade. Com isso, foram realizadas análises sobre essas intercorrências, a fim de identificar os pontos e as peças críticas para propor soluções de melhoria. A pesquisa foi realizada em quatro etapas. A primeira consistiu na análise do relatório de ordens de serviço, extraído do software Sansys Water, a partir do qual foi possível verificar que o Retentor de Partículas foi a peça com maior número de trocas. Na segunda etapa, analisando as peças individualmente, identificou-se que a região da peça em que houve a maior incidência de intercorrências foi a rosca macho. A terceira etapa indicou que a região mais vulnerável foi a rosca danificada, reforçando a segunda etapa da pesquisa. A quarta etapa, correspondente à investigação do laudo de análise de falha do Retentor de Partículas, também contribuiu com os resultados obtidos anteriormente. Por fim, foram propostos planos de ação com o objetivo de solucionar os vazamentos em função das regiões críticas das peças nos cavaletes.

Palavras-chave: Perdas reais. Vazamentos em cavaletes. Causas raízes.

ABSTRACT

Ensuring that everyone has access to basic sanitation services is a key pillar of sustainable development. However, the challenge lies in the insufficient infrastructure for water supply, posing a significant social problem. Water losses further compound this issue, demanding attention from sanitation companies to safeguard water availability. In response to real losses, the Hydraulic Optimization and Loss Management division of Águas de Joinville Company, a provider of basic sanitation services, recognized the need to investigate leaks in micrometer manifolds in Joinville, SC. This need arose from a noticeable rise in service orders for repairs in this area. The analyses were conducted in four stages. Initially, a review of service order reports from the Sansys Water software revealed the Particle Retainer as the most replaced component in leak repairs. Subsequently, a detailed examination singled out the male thread as the most problematic region. Identifying the damaged thread as the most vulnerable area in the third stage reinforced previous findings. The investigation of the Particle Retainer failure report in the final stage further enriched the results. Ultimately, actionable plans were drafted to tackle leaks in critical areas of the manifolds.

Keywords: Real losses. Micrometer manifold leaks. Root causes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.	15
Figura 2 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.....	18
Figura 3 - Estação de Tratamento de Água Cubatão (ETA Cubatão).	20
Figura 4 - Estação de Tratamento de Água Pirai (ETA Pirai).....	20
Figura 5 - Diagrama causa-efeito das perdas reais.....	24
Figura 6 - Diagrama causa-efeito de perdas aparentes.	25
Figura 7 - Cavalete de Chão.	27
Figura 8 - Cavalete de Chão instalado em uma residência.	27
Figura 9 – Configuração de montagem do kit UMC na Caixa Padrão.....	28
Figura 10 - Kit UMC da Marca Tigre.....	29
Figura 11 - Kit UMC da Marca Hifersane.	29
Figura 12 - Padronização da Caixa Padrão no muro.	30
Figura 13 - Kit UMC e Caixa Padrão no muro de uma residência.....	30
Figura 14 - Disposição do Retentor de Partículas na UMC.....	31
Figura 15 - Esquema de montagem da peça na UMC.	31
Figura 16 - Projeto do Retentor de Partículas.	33
Figura 17 - Retentor de Partículas em forma física (desmontado).	33
Figura 18 - Retentor de Partículas em forma física (montado).	33
Figura 19 - Diferença visual entre os modelos Antigo (azul mais escuro) e Novo (azul mais claro) do Retentor de Partículas.	34
Figura 20 - Vista superior do Anel de Vedação.....	34
Figura 21 - Exemplo Típico de Vazamento na Rosca Macho do Retentor de Partículas no Modelo Novo.	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Balanço Hídrico.....	23
---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de vazamento principais.....	38
Tabela 2 – Tipos de ligação.	39
Tabela 3 - Tipos de Kit Cavalete.	40
Tabela 4 – Trocas de Retentores de Partículas	42
Tabela 5 – Testes de Retentores de Partículas (LabHidro).	44
Tabela 6 – Laudo de análise de falha.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAJ – Companhia de Saneamento Básico Águas de Joinville
COP – Coordenação de Otimização Hidráulica e Gestão de Perdas
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
GMS - Gerência de Manutenção e Serviços
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDSA - Índice de Disponibilidade dos Serviços de Água
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ITB – Instituto Trata Brasil
IWA - *International Water Association*
LabHidro - Laboratório de Hidrometração da Companhia Águas de Joinville
PLANASA - Plano Nacional do Saneamento
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico
RDA – Rede de Distribuição de Água
SAA – Sistema de Abastecimento de Água
SANEAGO – Companhia de Saneamento de Goiás
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
ONU - Organização das Nações Unidas
UMC – Unidade de Medição e Controle

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo Geral	14
1.1.2. Objetivos Específicos	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	15
2.2 O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	17
2.2.1 O Sistema de Abastecimento de Água	17
2.3 SOBRE A COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE	19
2.4 NOVO MARCO REGULATÓRIO DO SANEAMENTO	21
2.5 PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	22
2.6 CAVALETES DE MICROMEDIÇÃO	26
2.6.1 Retentores de Partículas	30
2.6.2 Anel de vedação	34
3. METODOLOGIA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	35
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	35
3.2. ANÁLISE DAS PEÇAS CRÍTICAS	35
3.2.1. Análise geral	36
3.2.2. Análise individual dos Retentores de Partículas	40
3.2.3. Análise do relatório LabHidro	43
3.2.4. Estudo do laudo de análise de falha	45
4. CONCLUSÃO	48
4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	49

1. INTRODUÇÃO

A relevância do saneamento básico e da sua relação com a saúde da população tem raízes nas primeiras civilizações, evoluindo ao longo do tempo, seguindo o desenvolvimento de diferentes sociedades, retrocedendo em alguns momentos com o declínio de civilizações e ressurgindo em outros com o surgimento de novas (FUNASA, 2019).

A garantia de um sistema de abastecimento de água adequado é uma das principais preocupações das sociedades contemporâneas, sobretudo em relação à qualidade e quantidade, devido ao papel fundamental no atendimento das necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial. Com isso, grandes esforços foram empreendidos, especialmente nas últimas décadas do século XX, para levar água de qualidade ao maior número possível de consumidores, especialmente em países em desenvolvimento (TSUTIYA, 2006a).

No Brasil, a implementação do Plano Nacional do Saneamento (PLANASA), nas décadas de 1970 e 1980, permitiu que cerca de 90% da população urbana fosse atendida com serviços de abastecimento de água. Atualmente, nas áreas urbanas mais avançadas, os principais problemas encontrados nos sistemas de fornecimento de água são predominantemente causados pela degradação das infraestruturas mais antigas, especialmente no que diz respeito à distribuição de água (TSUTIYA, 2006b).

Para Gomes (2005a), apesar dos avanços na oferta de serviços de abastecimento de água no Brasil, a eficiência operacional desses sistemas tem sido questionada devido à elevada taxa de perda de água. O setor de saneamento sofre com perdas significativas de água em escala mundial, principalmente nos segmentos de sistemas de fornecimento hídrico e de esgotamento sanitário, que são inerentes às atividades de engenharia e gestão (VIEGAS et al., 2005).

Dessa forma, a falta de infraestrutura adequada para o abastecimento de água da população é um dos maiores problemas sociais que persistem no mundo. Um número expressivo de habitantes do planeta ainda não tem acesso a esse recurso, mesmo sendo ele um direito inquestionável do ser humano (FUNASA, 2019).

O combate às perdas de água nos sistemas de saneamento é essencial para garantir a sustentabilidade econômica das empresas de saneamento no Brasil e no mundo. Além disso, qualquer ação para reduzir as perdas de água precisa ser precedida por um estudo técnico, ambiental e econômico para avaliar sua viabilidade.

Sendo assim, além da viabilidade técnica e ambiental, é importante avaliar a viabilidade econômica, para garantir que os custos de investimento e operação gerem benefícios que sustentem a exploração do sistema (GOMES, 2005b).

Ainda para Gomes (2005c), as perdas que são decorrentes de vazamentos, provocadas por irregularidades nos equipamentos, operações e manutenções inadequadas e envelhecimento das tubulações e conexões presentes no sistema, são consideradas perdas físicas, que ocorrem em todo o sistema de abastecimento. Considera-se, assim, que um programa de combate às perdas físicas em sistemas de abastecimento de água pode ser resumido na melhoria dos materiais e equipamentos no sistema de distribuição (tubulações, ligações prediais e válvulas).

Partindo das considerações apresentadas, pretendeu-se, através desse estudo de caso, atender à demanda do setor de Otimização Hidráulica e Gestão de Perdas da Companhia de Saneamento Básico Águas de Joinville, cidade de Santa Catarina (SC), de apontar as causas raízes dos vazamentos em cavaletes de micromedição. Com base nisso, foram propostas soluções que permitam a atuação da companhia diante do caso.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Identificar as causas raízes dos vazamentos em cavaletes de micromedição na cidade de Joinville/SC.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a ocorrência de vazamentos em cavalete de micromedição em Joinville/SC;
- Localizar a região do cavalete de micromedição onde a ocorrência de vazamentos é maior;
- Identificar a região crítica da peça responsável pelo maior número de vazamentos;
- Sugerir planos de ação para solucionar as causas raízes dos vazamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para favorecer o entendimento do estudo de caso, serão apresentados conceitos essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, serão tratados os objetivos do desenvolvimento sustentável, o saneamento básico no contexto nacional e o sistema de abastecimento de água (SAA). Em seguida, será apresentada a Companhia Águas de Joinville, além do Novo Marco Regulatório do Saneamento, das perdas no sistema e da composição do cavalete de micromedição, que corresponde ao objeto de estudo.

2.1 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No ano de 2015, apresentado pelo Instituto Trata Brasil (2024), a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 metas no ano de 2015 para serem alcançadas até 2030 pelos países membros, denominadas de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2017).

Dentre os objetivos descritos, o sexto é direcionado a garantir o acesso universal à água limpa e ao saneamento, subdividindo-se da seguinte forma (ITB, 2024):

- Alcançar o acesso igualitário, equitativo e universal à água limpa e segura;
- Garantir a todos o acesso ao saneamento e à higiene de forma justa e adequada, eliminando a defecação ao ar livre, com direcionamento especial às necessidades de mulheres, meninas e outros indivíduos em situações de vulnerabilidade;
- Refinar a qualidade da água através da diminuição da poluição, erradicação de descargas e limitação da liberação de substâncias químicas e materiais perigosos, cortando pela metade a quantidade de águas residuais não tratadas e ampliando consideravelmente a reciclagem e o reuso seguro em escala global;
- Aumentar a eficiência no uso da água em todas as áreas, garantindo a extração sustentável e o fornecimento de água doce para combater a falta de água, e diminuir consideravelmente a quantidade de indivíduos afetados pela escassez de água;
- Colocar em prática a administração unificada dos recursos hídricos em todas as esferas, incluindo a cooperação além das fronteiras, quando adequado;
- Preservar e recuperar ecossistemas que têm relação com a água, tais como montanhas, florestas, áreas úmidas, rios, aquíferos e lagos;
- Expandir a colaboração global e o suporte para o desenvolvimento de habilidades nos países em desenvolvimento em ações e programas ligados à água e saneamento, que incluem coleta de água, dessalinização, eficiência no uso da água, tratamento de resíduos líquidos, reciclagem e tecnologias de reutilização;
- Incentivar e reforçar o envolvimento das comunidades locais para aprimorar a administração dos recursos hídricos e do saneamento.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018), levando em consideração as metas globais como guia de atuação, é esperado que os países membros da ONU não somente atinjam as metas acordadas, como também estabeleçam suas próprias metas nacionais e as integrem em suas políticas, programas e planos governamentais.

2.2 O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

A etimologia da palavra saneamento provém do verbo sanear, que envolve ações para tornar algo higiênico, são e habitável. As iniciativas de saneamento visam preservar o ambiente em condições apropriadas, com o propósito de promover o bem-estar humano e garantir que sejam mínimos os impactos na saúde (BRASIL, 2021).

Para o Instituto Trata Brasil (2012), o saneamento refere-se ao conjunto de ações destinadas a proteger ou remodelar as condições ambientais para prevenir doenças, promover a saúde e melhorar a qualidade de vida da população. No Brasil, o saneamento básico é um direito garantido pela Constituição, sendo definido pela Lei nº. 11.445/2007 referente à oferta de serviços, de infraestrutura e de instalações operacionais relacionadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, gestão de resíduos sólidos e águas pluviais, com o objetivo de facilitar a atividade econômica e aumentar a produtividade individual na sociedade (ITB, 2012).

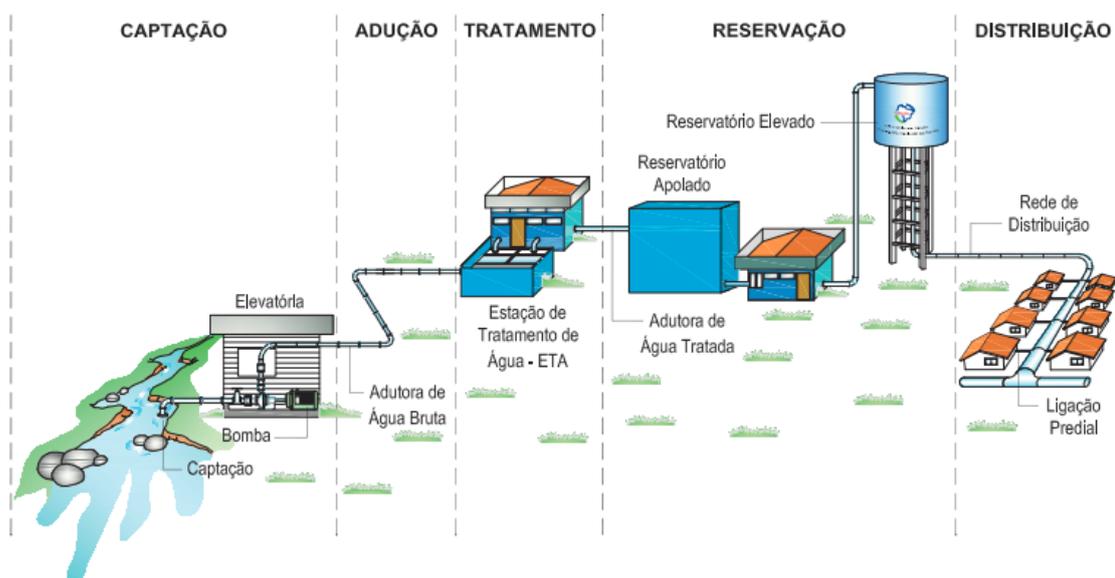
Além disso, um dos princípios fundamentais da Lei nº. 11.445/2007 é de garantir que os serviços de saneamento básico sejam acessíveis a todos, assegurando o fornecimento adequado de água, o tratamento eficiente de esgoto e lixo, além do manejo apropriado das águas pluviais. A lei também prevê a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico como uma ferramenta de planejamento para a oferta desses serviços públicos, estabelecendo princípios, responsabilidades do titular, condições para delegação de serviços, normas para as relações entre o titular e os provedores de serviços, bem como condições para a retomada dos serviços (ITB, 2012).

2.2.1 O Sistema de Abastecimento de Água

Segundo a Funasa (2019), o fornecimento de água potável para consumo humano faz parte dos elementos essenciais do saneamento básico. Ele engloba uma série de estruturas, construções, materiais e equipamentos, desde a área de captação até as conexões nas edificações, com o objetivo de produzir e fornecer água de qualidade para uso coletivo, através de uma rede de distribuição. Em termos gerais, esse sistema é constituído por unidades como captação, condução, tratamento,

armazenamento, rede de distribuição, estações elevatórias e ligações prediais, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: FUNASA (2019).

Para o Instituto Trata Brasil (2012), os sistemas de abastecimento de água são projetos de engenharia cujo principal objetivo é não apenas proporcionar conforto às comunidades e contribuir para a infraestrutura urbana, mas também priorizar a mitigação dos riscos à saúde associados à água. Além disso, de acordo com a Funasa (2019), a gestão eficaz dos sistemas de abastecimento de água é um processo que exige a combinação de operações diárias, planejamento estratégico e controle de qualidade. Isso inclui transparência, controle social, segurança, qualidade dos serviços e integração eficiente dos recursos hídricos.

Para Setti et al. (2001), a demanda de água em sistemas de abastecimento é influenciada pelas atividades presentes principalmente nos centros urbanos, como o desenvolvimento industrial, o comércio e a prestação de serviços. Já as operações realizadas nos sistemas de abastecimento e de distribuição de água (captação, tratamento, monitoramento contínuo da qualidade, detecção e reparo dos vazamentos, gerenciamento de demanda, manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos) fazem parte dos componentes principais, considerando que requerem frequentes ajustes conforme a diversificação da demanda, proporcionando uma redução nos custos da distribuição (ZAHED FILHO, 1990).

A concepção e o dimensionamento de cada componente do sistema de abastecimento de água são realizados de maneira integrada, embora cada unidade possua suas características específicas em termos de projeto de engenharia, o que muitas vezes demanda uma equipe de profissionais especializados para sua execução adequada (GOMES, 2005).

De acordo com Heller (2010), a melhor solução para adversidades de abastecimento de água é a que se adapta melhor ao contexto social, não necessariamente a que apresenta o menor custo, a maior segurança ou o melhor avanço tecnológico. A concepção de uma solução deve considerar vários fatores e, muitas vezes, envolve a comparação de diferentes opções, seja através de uma avaliação qualitativa simples ou de uma análise de custo-benefício mais detalhada.

2.3 SOBRE A COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE

De acordo com a Prefeitura de Joinville (2023), a Companhia Águas de Joinville (CAJ) é uma empresa pública pertencente ao município de Joinville/SC, responsável pelo fornecimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário à população da região. Sua atuação engloba atividades desde a captação de água bruta, tratamento, distribuição para consumo público, estoque de água, coleta de esgotos sanitários por meio de tubos e condutos até o transporte, tratamento, reaproveitamento e disposição final do produto.

Fundada em 2005, a Companhia Águas de Joinville, conhecida popularmente como Águas de Joinville, é responsável pela administração de duas estações de tratamento de água (ETAs). A primeira, ETA Cubatão (Figura 3), possui capacidade de produção de 1.850 litros por segundo, enquanto a segunda, ETA Piraí (Figura 4), tem capacidade de 500 litros por segundo, totalizando 2.350 litros por segundo, sendo que a média de operação do sistema no ano de 2023 é de 2.115 litros por segundo, de acordo com a empresa. Além das ETAs, a Companhia Águas de Joinville conta com onze estações de tratamento de esgoto (ETEs), treze reservatórios de água, 2.366 quilômetros de rede de distribuição de água e cinco unidades de atendimento ao público.

Figura 3 - Estação de Tratamento de Água Cubatão (ETA Cubatão).



Fonte: O Município (2021).

Figura 4 - Estação de Tratamento de Água Pirai (ETA Pirai).



Fonte: Prefeitura de Joinville (2022).

Inicialmente, a empresa contava com 40 funcionários contratados, entretanto, após o primeiro concurso público, mais 70 colaboradores foram incorporados. Ao longo dos 18 anos de existência, a Águas de Joinville expandiu sua equipe e hoje conta com mais de 400 funcionários, além de trabalhadores terceirizados encarregados de obras, reparos de vazamentos, leitura de hidrômetros e atendimento telefônico ao público (COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE, 2023).

De acordo com Companhia Águas de Joinville (2024), existem aproximadamente 170.000 ligações ativas de água no município e a disponibilidade de água potável é uma realidade para 99,2% da cidade, refletindo a conformidade com o Marco Legal do Saneamento, que estabelece que 99% da população deve ter

acesso à água potável. Mensalmente, 262 pontos de amostragem para acompanhamento da qualidade da água são coletados. O monitoramento é executado seguindo métodos padronizados, que garantem um melhor rastreio e uma maior confiabilidade dos resultados gerados (COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE, 2022).

2.4 NOVO MARCO REGULATÓRIO DO SANEAMENTO

Em 2020, foi aprovado o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que trouxe mudanças nas leis relacionadas ao setor. O principal objetivo dessa lei foi promover a universalização do abastecimento de água e aprimorar a prestação dos serviços de saneamento básico no país. Foi observada uma falta de progresso na ampliação do acesso aos serviços de saneamento, especialmente em áreas rurais e periféricas, devido à dependência exclusiva de recursos governamentais. O governo federal estabeleceu a meta de alcançar a universalização até 2033, garantindo que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e à coleta de esgoto (BRASIL, 2020).

O novo marco do saneamento também prevê a regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico por parte da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A agência tem a responsabilidade de estabelecer normas, padrões e indicadores de qualidade, bem como de monitorar a prestação dos serviços, garantindo a adequação e eficiência (BRASIL, 2020).

Para Figueiredo et al. (2021), a lei exige a definição de metas de universalização, estabelecendo prazos para a ampliação da cobertura e a melhoria da qualidade dos serviços de saneamento básico. Essas metas têm como objetivo garantir o acesso de toda a população brasileira a serviços adequados de água e esgoto, contribuindo para a promoção da saúde e o desenvolvimento sustentável.

Para a consecução dessas metas, o novo marco do saneamento apresenta o dever de elaboração de planos de saneamento básico, que apresentam como requisito pontuar ações e metas para o setor. Esses planos devem ser elaborados de forma participativa, envolvendo a sociedade e os diversos atores envolvidos na prestação dos serviços. Uma das metas centrais do marco é a redução das perdas de água no sistema de abastecimento. A legislação estabelece que até o ano de 2033, as perdas físicas de água nas redes de distribuição devem ser reduzidas para

patamares considerados aceitáveis, por meio da adoção de práticas de combate às fraudes, vazamentos e desperdícios (BRASIL, 2020).

2.5 PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Nos sistemas de abastecimento público, as perdas de água são uma realidade em que a água produzida não é devidamente contabilizada ou faturada. Essas perdas podem ser classificadas em duas categorias principais: perdas reais, que correspondem aos volumes de água não consumidos devido a vazamentos físicos; e perdas aparentes, que correspondem aos volumes de água consumidos, mas não registrados devido a problemas na medição (SILVA, 1998).

Para Silva (1998), no Brasil, as perdas de água correspondem a 40% do total produzido sendo que, na maioria dos casos, as perdas aparentes representam 50% do total. As perdas reais (ou físicas) correspondem aos volumes de água perdidos por vazamentos desde as estações de tratamento até os pontos de entrega nos imóveis, principalmente devido ao desgaste das tubulações e altas pressões. Já as perdas aparentes (ou não físicas) correspondem aos volumes de água consumidos, mas não contabilizados pela empresa, geralmente devido a fraudes, ligações clandestinas e submedição dos hidrômetros, representando perda de faturamento para a empresa, mas não uma perda física do recurso hídrico (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2022).

Para combater a escassez de água, proteger o meio ambiente e melhorar a eficiência financeira, é importante reduzir as perdas nos sistemas de abastecimento. Utilizar tecnologias como monitoramento em tempo real, redes inteligentes e modelagem hidráulica é fundamental para alcançar esse objetivo. Embora existam desafios, os benefícios são garantidos, e a cooperação entre governo, setor privado e comunidade é essencial para garantir um fornecimento de água seguro e sustentável (NIVETEC, 2023).

Além das tecnologias de detecção, é fundamental implementar programas de controle e manutenção preventiva da rede de distribuição, a inspeção regular dos equipamentos, a substituição de tubulações antigas e a realização de testes de estanqueidade são medidas importantes para minimizar as perdas e garantir a eficiência do sistema (HELLER, 2010).

A conscientização e o treinamento dos profissionais envolvidos na operação e manutenção do sistema também são fundamentais para a gestão das perdas de água. Para isso, deve-se capacitar os funcionários para identificar e reparar vazamentos, além de realizar a manutenção adequada dos equipamentos, o que torna possível minimizar as perdas e otimizar a eficiência do sistema (KUSTERKO et al., 2018).

A *International Water Association* (IWA) propõe uma forma de caracterização das perdas no sistema de abastecimento de água através de definições envolvendo perdas no sentido físico e no sentido econômico, visualizadas no Balanço Hídrico (CARVALHO et al., 2004), conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Balanço Hídrico.

Volume de entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido faturado (incluindo água importada)	Água Faturada	
			Consumo Estimado Faturado		
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Medido Não Faturado	Água Não Faturada (ANF)	
			Consumo Estimado Não Faturado		
	Perda de Água	Perdas Aparentes (Não Físicas)	Consumo Não Autorizado		
			Erro de Medição		
		Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios		
			Vazamentos em Adutoras e Redes		
	Vazamentos em Ramais até o ponto de medição do cliente				

Fonte: CARVALHO et al. (2004) apud *International Water Association* (2000).

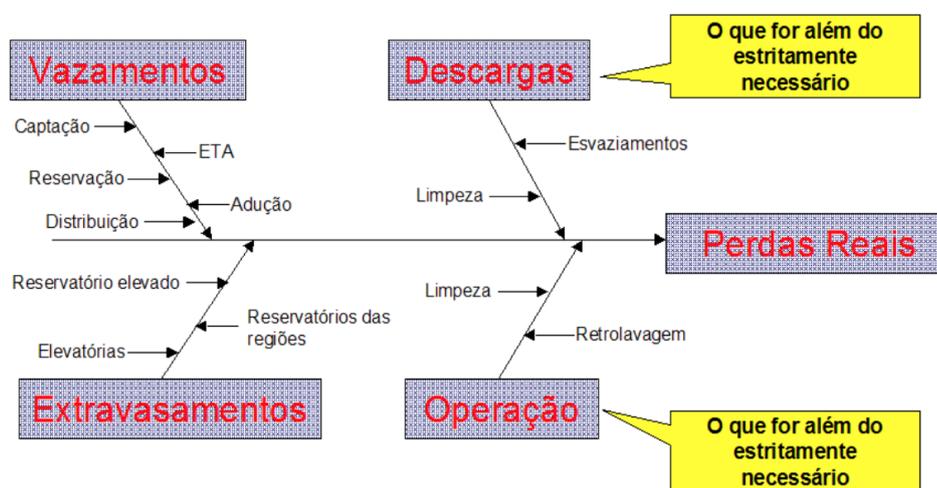
Segundo Carvalho et al. (2004), os itens constantes no Balanço Hídrico podem ser definidos da seguinte forma:

- Volume de Entrada no Sistema: é a entrada do volume no sistema ao qual o abastecimento de água considerado do Balanço Hídrico está relacionado;
- Consumo Autorizado: é o volume de água medido e/ou não medido consumido por clientes previamente registrados e autorizados a consumirem, seja para finalidades residenciais, comerciais ou industriais, incluindo água exportada;
- Perda de água: é a diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado. É dividido entre perdas aparentes (perdas não físicas) e perdas reais (perdas físicas);

- Perdas Aparentes (Não Físicas): consiste no consumo que não é autorizado, caracterizado por fraudes (gatos) e falhas de cadastro, bem como todo e qualquer tipo de imprecisão ligada à medição, tanto na macro quanto na micromedição;
- Perdas Reais (Físicas): são considerados os vazamentos, descargas, extravasamentos e operações desde as adutoras de água bruta, estações de tratamento de água, tubulações principais, reservatórios e conexões de serviços, até o ponto de medição do cliente;
- Água Não Faturada (ANF): corresponde à diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Faturado Autorizado.

Cada uma das categorias apresenta diversas causas e magnitude de impacto, e são apresentadas na Figura 5. No caso das perdas reais, os vazamentos na rede de distribuição e nos ramais são considerados as principais causas. Já no caso das perdas aparentes, a micromedição é identificada como a principal causa (SILVA, 1998). Considera-se como perda real toda a água que é retirada do sistema, mas que não é entregue ao consumidor final (GULARTE, 2005).

Figura 5 - Diagrama causa-efeito das perdas reais.



Fonte: Gularte (2005, p. 21).

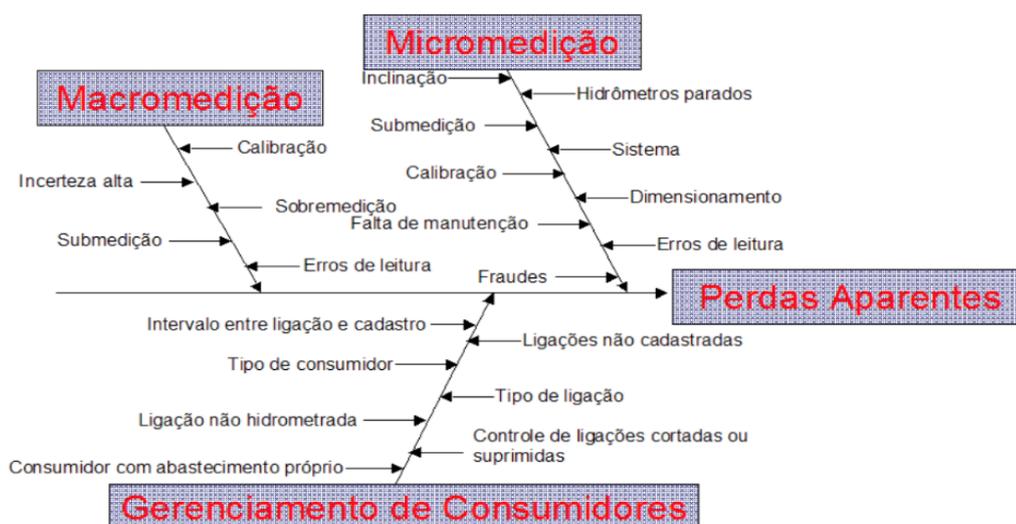
Demonstrados no diagrama causa-efeito da Figura 5, os vazamentos são responsáveis pela maior parte das perdas reais no sistema de abastecimento de água e podem ocorrer em várias etapas, como no processo de tratamento, nos diferentes

reservatórios e na distribuição, que é a mais significativa. Nas etapas de captação e adução da água bruta, os vazamentos são considerados perdas, uma vez que o consumo de energia é necessário para transportar a água (GULARTE, 2005).

Já os extravasamentos nos reservatórios e estações elevatórias ocorrem principalmente devido à falta de controle de nível, podendo corresponder a perdas reais consideráveis. É essencial que sejam adotadas medidas de monitoramento e manutenção adequadas para reduzir os vazamentos e extravasamentos, garantindo a eficiência do sistema de abastecimento de água e a preservação dela (GULARTE, 2005).

Para Gularte (2005), as perdas decorrentes do consumo excessivo de água em atividades como a lavagem de filtros, limpeza de decantadores e descargas de redes não são causas de perdas de grande magnitude. No entanto, ao adotar o conceito de consumos autorizados para esses procedimentos operacionais, determinando o volume estritamente necessário, é possível garantir um retorno eficiente sem a necessidade de investimentos significativos. É requerido apenas que haja treinamento e conscientização adequados do pessoal de operação e manutenção, permitindo um uso mais racional da água. Ao implementar essa abordagem, é possível reduzir o desperdício e otimizar o consumo de água nas atividades operacionais de perdas aparentes (Figura 6), contribuindo para a sustentabilidade do sistema de abastecimento.

Figura 6 - Diagrama causa-efeito de perdas aparentes.



Fonte: Gularte (2005, p. 22).

Pela Figura 6, pode-se verificar que as perdas aparentes apresentam diversas causas, que estão relacionadas diretamente ao fato de que a água perdida foi produzida e consumida, mas não foi faturada (GULARTE, 2005). A macromedição corresponde à medição de vazão ou de nível em reservatórios e, indiretamente, dos volumes produzidos e entregues aos setores de abastecimento ou sub-regiões (DELMÉE, 1983).

Os erros na macromedição levam a índices de perdas equivocados. Se o erro sistemático na medição de volume for positivo, águas podem não ser produzidas, mas computadas como tal e no outro extremo, com erros sistemáticos negativos, podem ser entregues, mas não computadas como tal (LAMBERT et al., 2000).

2.6 CAVALETES DE MICROMEDIÇÃO

Para Santos et al. (2018), os cavaletes de micromedição são dispositivos instalados nas entradas das residências ou unidades consumidoras para medir o volume de água consumido de forma individualizada. Esses dispositivos são compostos por componentes como hidrômetro, registro e conexões, permitindo a leitura e aferição precisas do consumo de água em cada unidade.

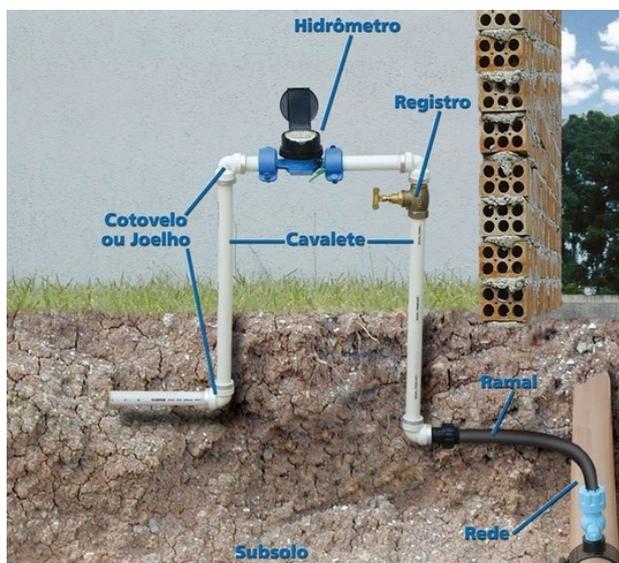
De acordo com a Companhia de Saneamento de Goiás (2020), por sua vez, o kit cavalete corresponde ao conjunto completo de dispositivos hidráulicos, composto por tubos rígidos, registro próprio para controle e corte de água, bem como conexões próprias para abrigar a instalação do hidrômetro em uma posição elevada do solo. Já a denominação cavalete corresponde à parte do padrão constituído pelo conjunto de tubulações e conexões que permitem a instalação do hidrômetro e registro de controle.

Para Agência Nacional de Águas (2020), a instalação de cavaletes de micromedição é uma prática recomendada para promover o uso racional da água e a equidade na distribuição dos custos entre os consumidores. Dessa forma, por meio da individualização da medição, serve como incentivo para a adoção de comportamentos mais conscientes em relação ao consumo, contribuindo para a redução do desperdício e a preservação dos recursos hídricos.

Para SANEPAR (2024), o Cavalete de Chão é instalado abaixo da superfície do terreno, de acordo com a Figura 7, e geralmente está alocado dentro do imóvel. Esse é o tipo de ligação mais antigo em uso, e deve ser utilizado somente em casos

específicos em que não seja possível instalar a caixa de proteção (Caixa Padrão). A Figura 8 apresenta o Cavalete de Chão instalado em uma residência.

Figura 7 - Cavalete de Chão.



Fonte: SANEPAR (2024).

Figura 8 - Cavalete de Chão instalado em uma residência.



Fonte: Autora (2024).

De acordo com a Companhia Águas de Joinville (2024), a Padronização da Ligação consiste em um procedimento realizado para uniformizar a conexão de água conforme o modelo estabelecido pela empresa. Este serviço oferece duas opções:

- Deslocamento do cavalete: nesta modalidade, a caixa é posicionada em linha reta em relação ao hidrômetro ou pode ser deslocada até um metro para a esquerda ou direita em relação ao hidrômetro.
- Deslocamento do ramal: nesta condição, a caixa é instalada a uma distância superior a um metro para os lados em relação ao hidrômetro.

Segundo a Companhia Águas de Joinville (2024), as vantagens da Padronização da Ligação com uso da Caixa Padrão, composta pela caixa, pelo acoplador, pelo plug e pela tampa, são a diminuição dos riscos de vazamentos, facilidade na detecção de possíveis vazamentos, facilidade de manutenção e leitura do hidrômetro, proteção contra vandalismos, além de manter preservada a qualidade da água tratada pela Companhia Águas de Joinville.

A Companhia Águas de Joinville determina que na Caixa Padrão esteja situado o kit da Unidade de Medição e Controle (UMC), apresentado na Figura 9, que é onde está acoplado o hidrômetro, de acordo com a Padronização da Ligação. As Figuras 10 e 11 apresentam os modelos de kit UMC que são encontrados sob domínio da empresa atualmente, correspondendo às marcas Tigre e Hifersane, respectivamente.

Figura 9 – Configuração de montagem do kit UMC na Caixa Padrão.



Fonte: Tigre Tubos e Conexões (2024).

Figura 10 - Kit UMC da Marca Tigre.



Fonte: Tigre Tubos e Conexões (2024).

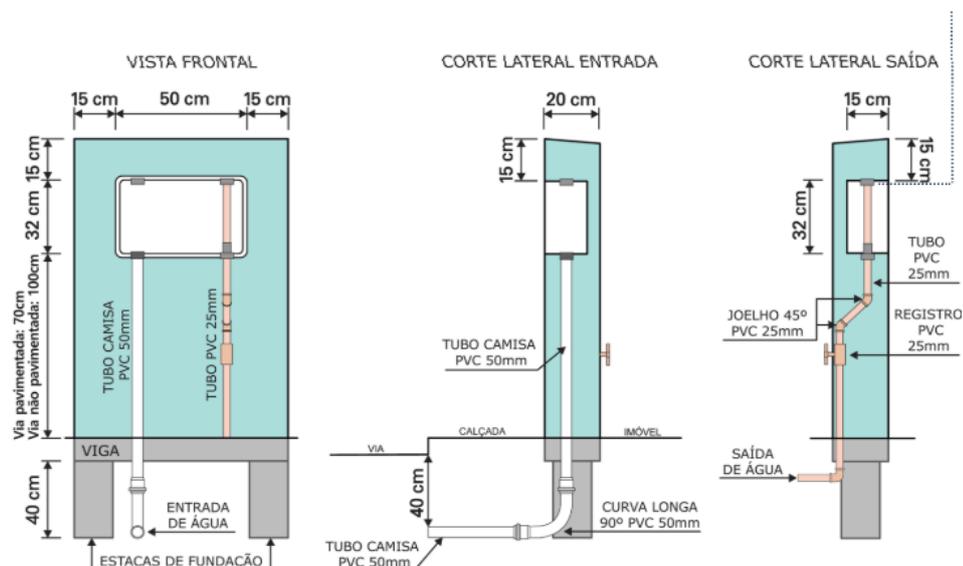
Figura 11 - Kit UMC da Marca Hifersane.



Fonte: Hifersane Comércio e Indústria (2020).

Dessa forma, a Figura 12 indica a padronização das medidas do muro da edificação e das instalações, assim como o esquema de posicionamento dos tubos, das peças, e da Caixa Padrão. A Figura 13, por sua vez, apresenta a instalação do kit UMC, situado na Caixa Padrão do muro de uma residência.

Figura 12 - Padronização da Caixa Padrão no muro.



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2021).

Figura 13 - Kit UMC e Caixa Padrão no muro de uma residência.



Fonte: Autora (2024).

2.6.1 Retentores de Partículas

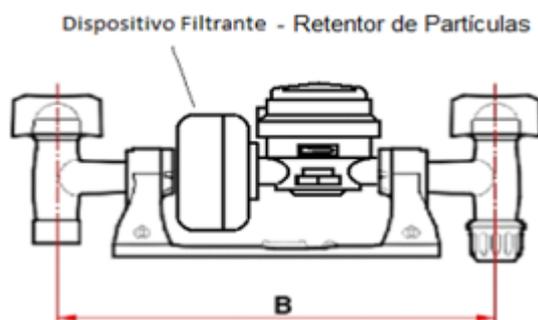
De acordo com a Companhia Águas de Joinville (2022), a empresa vive uma fase de substituição gradual dos hidrômetros velocimétricos por hidrômetros volumétricos, devido às suas baixas vazões iniciais, visando melhorar a precisão na medição de volumes. Esses hidrômetros contam o número de vezes que uma câmara

de volume conhecido enche e esvazia para determinar o consumo de água. No entanto, impurezas no fluido podem causar problemas no mecanismo de medida, levando à submedição ou à parada do medidor. Para mitigar isso, são instalados Retentores de Partículas nas Unidades de Medição e Controle (UMC), garantindo o desempenho adequado dos hidrômetros e reduzindo as perdas de medição, esses retentores são compatíveis com a caixa de proteção padrão das UMCs da Companhia Águas de Joinville.

Dessa forma, a instalação da peça é justificada como uma proteção para que as partículas da rede de distribuição de água não atinjam o medidor, o que pode causar sua parada ou redução de desempenho. Essa medida reduz a necessidade de substituição de hidrômetros travados, ajudando a combater as perdas de água aparentes (COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE, 2022).

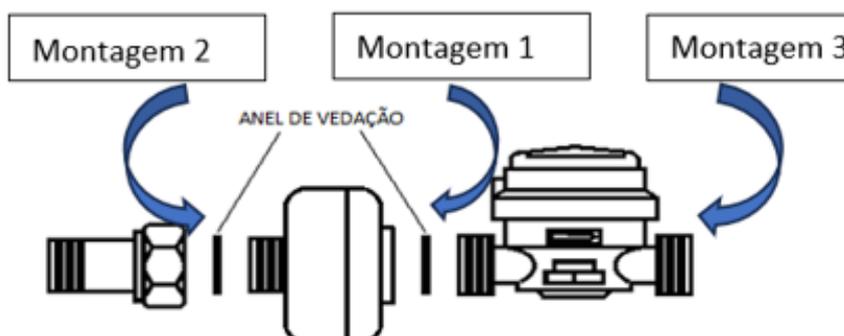
A Figura 14 apresenta a disposição do Retentor de Partículas na UMC e a Figura 15 demonstra o esquema de montagem da peça na UMC.

Figura 14 - Disposição do Retentor de Partículas na UMC.



Fonte: Rischbieter (2024).

Figura 15 - Esquema de montagem da peça na UMC.



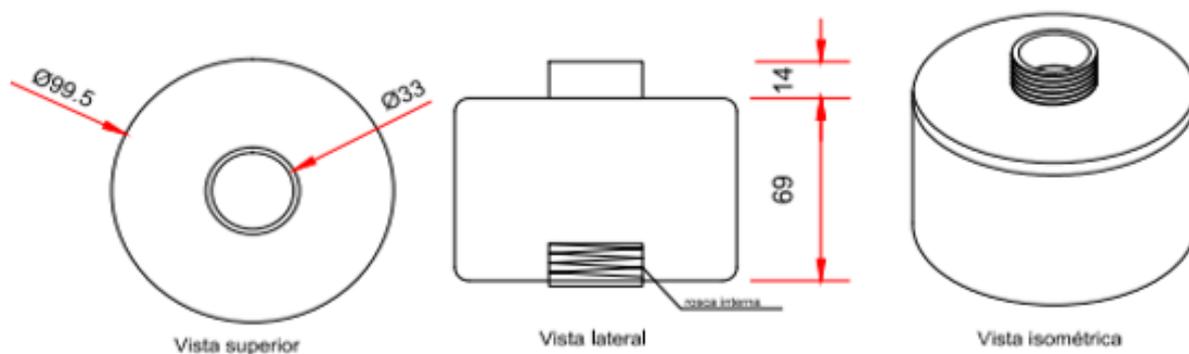
Fonte: Rischbieter (2024).

De acordo com o Relatório de Especificações Técnicas e Requisitos Mínimos para Aquisição de Retentores de Partículas da Companhia Águas de Joinville (2022), a peça apresenta as seguintes características:

- Cor azul;
- Corpo e tampa fabricados em composto PVC rígido e atóxico pelo processo de injeção;
- Entrada e saída de água com roscas macho e fêmea de diâmetro nominal 1" em conformidade com a norma NBR NM ISO 7-1;
- Elemento filtrante fabricado em composto PEAD (polietileno de alta densidade), com sobre tela de malha de poliéster de 43 fios por cm linear, com granulometria aproximada de 0,20 mm e área filtrante aproximada de 90 cm²;
- Volume de acúmulo de partículas aproximado de 130 cm³;
- Deve ser enviado acompanhado de um Anel de Vedação por peça, já instalado ao conjunto;
- O retentor deve ser fornecido com a tampa instalada, de forma que seja impossível a sua remoção sem danificar o conjunto e deve possuir plena estanqueidade quando submetido a um ensaio hidrostático com pressão de 1,6 MPa por 15 minutos.
- Deve ser enviado acompanhado com tampões removíveis na entrada e saída com a finalidade de proteção da rosca;
- Dimensões:
 - Comprimento com rosca macho: 83 mm;
 - Rosca macho 14 mm;
 - Corpo: 69 mm;
 - Diâmetro externo: 99,5 mm;
 - Diâmetro da câmara com elemento filtrante: 51,5 mm.

A Figura 16 mostra as vistas de projeto do Retentor de Partículas com suas respectivas dimensões, a Figura 17 apresenta perspectivas da peça física desmontada, no modelo e composição atuais, já a Figura 16 apresenta a peça física montada.

Figura 16 - Projeto do Retentor de Partículas.



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022).

Figura 17 - Retentor de Partículas em forma física (desmontado).



Fonte: Autora (2024).

Figura 18 - Retentor de Partículas em forma física (montado).



Fonte: Autora (2024).

Segundo Rischbieter (2024), as unidades passaram a ser instaladas na cidade de Joinville/SC no ano de 2008, e em 2024 já existem mais de 160.000 unidades ativas. De acordo com a empresa, o modelo utilizado pela Companhia Águas

de Joinville apresenta-se, a partir dos lotes de 2020, na sua segunda geração, devido à mudança de composição da peça. Essa mudança é identificável pela alteração na tonalidade da peça, que de uma coloração azul escura passou para a coloração azul clara, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Diferença visual entre os modelos Antigo (azul mais escuro) e Novo (azul mais claro) do Retentor de Partículas.



Fonte: Autora (2024).

2.6.2 Anel de vedação

De acordo com a empresa Lacre Hahnemann (2021), o anel de vedação é geralmente fabricado em composto de PVC, e tem a finalidade de impedir vazamentos de líquidos ou gases em conexões, sendo amplamente empregado em cavaletes, nas conexões entre o tubete e o hidrômetro. Além disso, a versatilidade da peça permite a aplicação em uma variedade de contextos. A Figura 20 apresenta a perspectiva superior do anel de vedação.

Figura 20 - Vista superior do Anel de Vedação.



Fonte: Lacre Hahnemann (2021).

3. METODOLOGIA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o interesse de avaliar as causas raízes dos vazamentos em cavaletes de micromedição, será apresentada a metodologia para a estruturação do estudo de caso. Além disso, serão detalhadas as etapas e os procedimentos adotados, quantificando as intercorrências e identificando as peças responsáveis pelas perdas reais nos cavaletes de micromedição.

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

A investigação é voltada ao reconhecimento das peças críticas envolvidas nos vazamentos em cavaletes de micromedição, que são instalados e monitorados pela Companhia Águas de Joinville (CAJ) no município de Joinville/SC. A necessidade dessa análise partiu da constatação da Coordenação de Otimização Hidráulica e Gestão de Perdas (COP), inserida no Centro de Inteligência em Operações (CIOP) da CAJ, da existência de um montante significativo de Ordens de Serviço geradas mensalmente, voltadas para consertos em cavaletes de micromedição.

Levando em consideração a indispensabilidade de identificar e combater as perdas reais no sistema de abastecimento de água, a COP providenciou os meios necessários para que a concepção do estudo de caso fosse viável. Dessa forma, para atender à importância de sistematizar o processo de análise dos vazamentos em cavalete, foi estruturada uma metodologia, de tal forma que cada etapa do estudo fosse cumprida ordenadamente.

3.2. ANÁLISE DAS PEÇAS CRÍTICAS

A verificação das peças críticas foi constituída em quatro etapas: análise geral, análise individual, análise do relatório LabHidro e estudo do laudo de análise de falha.

3.2.1. Análise geral

A primeira etapa da verificação das peças críticas correspondeu à avaliação do relatório de ordens de serviço de vazamentos em cavaletes, obtido através do sistema de gestão comercial, operacional e armazenamento de dados adotado pela CAJ, denominado Sansys Water, que é designado simplificada e na cultura da empresa como Sansys. O documento gerado através desse software para investigação, em formato de planilha Excel, correspondeu ao intervalo de dados de 01 de setembro de 2021 a 30 de setembro de 2022, contabilizando um total de 15.617 ordens de serviço relacionadas a reparos em cavaletes de micromedição.

Nesse relatório, constam os seguintes campos descritivos correspondentes aos registros das ordens de serviço, considerando as informações registradas desde o momento de abertura da solicitação até o momento de encerramento do serviço:

- Protocolo: consiste em uma sequência numérica atribuída a cada solicitação, esse código possibilita o registro e rastreamento do serviço no sistema, permitindo o acompanhamento detalhado da solicitação e da execução ao longo do processo;
- Código do serviço: em formato de sequência numérica, é a identificação atribuída a cada categoria de serviço, permitindo registrá-los e ordená-los de forma padronizada, utilizado para controle, monitoramento e acompanhamento dos serviços;
- Data de solicitação: corresponde à data e ao horário correspondentes à solicitação do serviço;
- Solicitação: consiste na justificativa da necessidade de execução do serviço;
- Situação: corresponde ao status da ordem de serviço gerada, classificando-a em *cancelada*, *encerrada* e *cancelada*, *encerrada* e *executada*, *para reprogramar*, *pendente*, *postergada* ou *programada*.
- Data de encerramento: corresponde à data e ao horário correspondentes à finalização do serviço;
- Parecer de execução: é o comentário ou observação registrada pelo operador referente ao serviço;
- Endereço: é referente a qual localização a ordem de serviço foi registrada, composto pelo nome da rua e número do imóvel;

- Bairro: referente a qual bairro do município de Joinville/SC a ordem de serviço foi registrada;
- Materiais utilizados: correspondem às peças que foram trocadas na execução do serviço e registradas pelo operador.

Para viabilizar o desenvolvimento prático do estudo, foi selecionado pelo setor o período de 01 de julho de 2022 a 31 de agosto de 2022, correspondendo aos dois meses mais próximos do início do estudo, apresentando um total de 2.531 ordens de serviço registradas, propiciando, dessa forma, a análise manual e minuciosa de cada uma delas. Inicialmente, foram filtrados os protocolos correspondentes à situação *encerrada e executada* pois, de acordo com o setor, dentre as classificações, essa é a única que se refere aos consertos efetivamente realizados e finalizados.

Dessa forma, partindo de cada ordem de serviço correspondente ao período determinado, foi possível extrair os códigos de protocolo no Sansys. Posteriormente, realizou-se uma análise detalhada das imagens registradas, dos pareceres de execução e dos materiais empregados no serviço. Além disso, por meio da comparação visual das áreas afetadas nos cavaletes onde ocorreram os vazamentos, foi possível identificar as peças críticas nessas situações. Para apontar as análises realizadas, novas colunas foram criadas na planilha:

- Tipo de ligação: classificado em Caixa Padrão (Figura 9), Cavalete de Chão (Figura 7) ou ligação indefinida, a última denominada dessa forma pela razão de dados insuficientes, ausência de imagens ou de descrição na ordem de serviço, o que impossibilitou definir o tipo de ligação;
- Tipo de kit cavalete: quando classificado em Caixa Padrão (Figura 9), foi diferenciado em marca Tigre ou marca Hifersane, já o Cavalete de Chão não apresenta marca padronizada (Figura 7), portanto permaneceu com a classificação de Cavalete de Chão e, por último, kit cavalete indefinido, correspondendo a ordens de serviço com dados insuficientes, ausência de imagens ou de descrição, o que impossibilitou definir o tipo de kit cavalete;
- Causa: potencial motivo da ocorrência do vazamento;
- Ponto de vazamento primário: região principal do cavalete onde houve vazamento e troca da peça durante a execução do serviço;
- Ponto de vazamento secundário: região secundária do cavalete onde houve o vazamento e troca de demais peças na execução do serviço;

- Danificado por terceiros: indicação da interferência de terceiros para o motivo do vazamento, assinalado positivamente (sim) ou negativamente (não), geralmente informado no campo de observação da ordem de serviço;

Partindo das informações registradas nos novos campos, foi criada uma Tabela Dinâmica constando o campo quantitativo de cada ponto de vazamento principal em comparação percentual à quantidade total de ordens de serviço verificadas no período, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Pontos de vazamento principais.

Causa	Quantidade	%	% acumulada
Retentor de partículas	547	21,61%	21,61%
Anel de vedação	449	17,74%	39,35%
Kit UMC completo	307	12,13%	51,48%
Registro	214	8,46%	59,94%
Pé do cavalete	193	7,63%	67,56%
Reaperto	156	6,16%	73,73%
Extremidade rosca	146	5,77%	79,49%
Cavalete de Chão	134	5,29%	84,79%
Danificado por terceiros	110	4,35%	89,13%
Não identificada	101	3,99%	93,13%
Virola	43	1,70%	94,82%
Ramal	35	1,38%	96,21%
Adaptador soldável	28	1,11%	97,31%
Joelho 90º	25	0,99%	98,30%
Vazamento interno	9	0,36%	98,66%
Não há vazamento	7	0,28%	98,93%
Nípel	5	0,20%	99,13%
Bucha de redução	5	0,20%	99,33%
Luva de compressão	3	0,12%	99,45%
Luva roscável	3	0,12%	99,57%
O registro estava fechado	2	0,08%	99,64%
Cap em Cavalete de Chão antigo	1	0,04%	99,68%
Luva de redução	1	0,04%	99,72%
Luva soldável	1	0,04%	99,76%
Vazamento oculto	1	0,04%	99,80%
Pedras na tubulação de entrada	1	0,04%	99,84%
Hidrômetro furtado	1	0,04%	99,88%
Tubete cego	1	0,04%	99,92%
Flange	1	0,04%	99,96%
União roscável	1	0,04%	100,00%
Total	2531	100,00%	100,00%

Fonte: Autora (2024).

Conforme apresentado na Tabela 1, tem-se que dentre as 2.531 ordens de serviço analisadas no período de 01 de julho de 2022 a 31 de agosto de 2022, o Retentor de Partículas representou 21,61%, com 547 ocorrências de troca, o Anel de Vedação representou 17,74%, com 449 ocorrências e o Kit UMC completo, por sua vez, representou 12,13%, com 307 ocorrências. As demais peças analisadas representaram 48,52% em sua totalidade, entretanto não foram consideradas na continuidade do estudo, por não serem representativas individualmente. Partindo dessa classificação, também foi possível realizar a contagem e o comparativo entre os tipos de ligação, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de ligação.

Tipo de ligação	Quantidade	%
Caixa Padrão	1425	56,30%
Cavalete de Chão	970	38,32%
Indefinida	136	5,37%
Total Geral	2531	100,00%

Fonte: Autora (2024).

Partindo da classificação da Tabela 2, pode-se verificar que as ligações em Caixa Padrão representaram 56,30% com 1.425 ocorrências de consertos, o Cavalete de Chão representou 38,32% com 970 ocorrências e, por último, as ligações indefinidas, através das quais não foi possível identificar a natureza por insuficiência de dados, ausência de imagens ou de descrição, representaram 5,37% com 136 ocorrências, o que permite aferir que os vazamentos se mostram mais expressivos nas instalações em Caixa Padrão, apesar de apresentarem também uma porcentagem significativa no Cavalete de Chão. Dessa forma, além da classificação das ligações, foi possível comparar o quantitativo dos tipos de Kit Cavalete de acordo com a natureza e a marca, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de Kit Cavalete.

Tipo de kit cavalete	Quantidade	%
Cavalete de Chão	970	38,32%
Modelo Hifersane	959	37,89%
Modelo Tigre	461	18,21%
Indefinido	141	5,57%
Total Geral	2531	100,00%

Fonte: Autora (2024).

De acordo com a Tabela 3, considerou-se a classificação entre Cavalete de Chão, marcas Tigre e Hifersane (correspondentes aos kits UMC instalados em Caixa Padrão) e Indefinido, o último denominado dessa forma pela razão de insuficiência de dados, ausência de imagens ou de descrição que permitam defini-lo. Verificou-se que, dessa forma, as ocorrências percentualmente mais significativas foram: Cavalete de Chão com 970 ocorrências, correspondendo a 38,32%, modelo Hifersane com 959, correspondendo a 37,89% e modelo Tigre com 461, correspondendo a 18,21%, o que possibilita concluir que o Cavalete de Chão apresenta a porcentagem mais significativa, logo após, os kits UMC de modelo Hifersane e, por último, os kits UMC de modelo Tigre.

3.2.2. Análise individual dos Retentores de Partículas

Para a análise individual dos Retentores de Partículas, é necessário considerar a mudança de composição da peça nos lotes entregues a partir do ano de 2020, o que a diferencia em Modelo Antigo (cor azul escura) e Modelo Novo (cor azul clara), conforme indicado na Figura 17.

Partindo das informações obtidas na análise geral das peças, e assumindo o Retentor de Partículas como a peça que apresentou a maior incidência de trocas, foi realizada uma análise individual do componente através das imagens e descrições das ordens de serviço, para identificar as regiões da peça onde os vazamentos ocorreram. As Figuras 21 e 22 exemplificam casos típicos das imagens analisadas.

Figura 21 - Exemplo Típico de Vazamento na Rosca Macho do Retentor de Partículas no Modelo Novo.



Fonte: Autora (2024).

Figura 22 - Exemplo Típico de Vazamento em Peça Trincada do Retentor de Partículas do Modelo Antigo.



Fonte: Autora (2024).

O intervalo de tempo observado foi similar ao da análise geral, correspondendo ao período de 01 de julho de 2022 a 31 de agosto de 2022 e apresentando um total de 547 Retentores de Partículas trocados em decorrência de vazamentos em cavaletes. Os dados das regiões identificadas estão apresentados na Tabela 4.

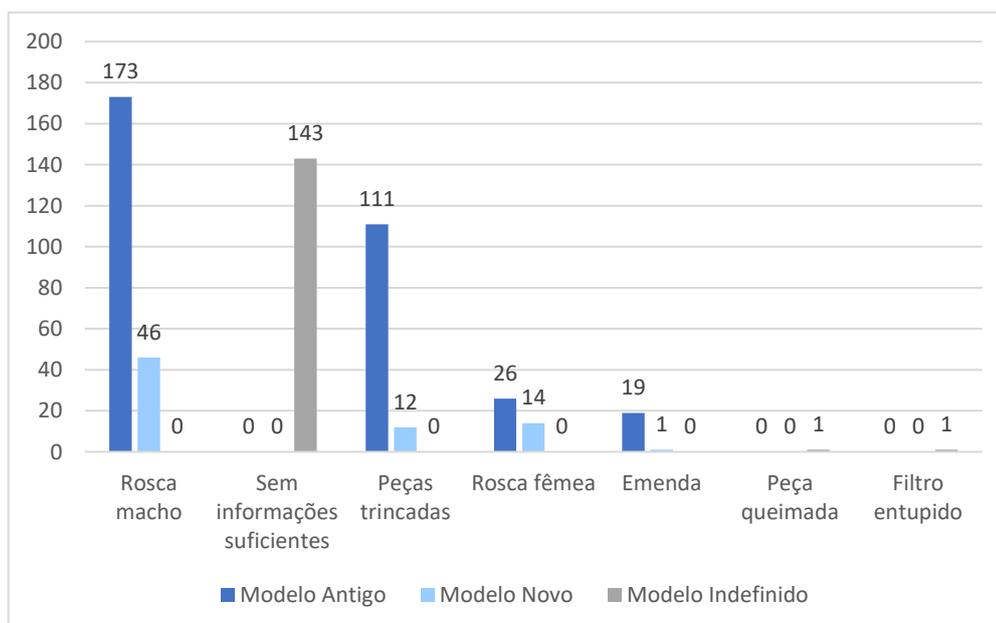
Tabela 4 – Trocas de Retentores de Partículas

Situação geral	Modelo Antigo	Modelo Novo	Modelo Indefinido	Total	%	% acumulada
Rosca macho	173	46	0	219	40,04%	40,04%
Sem informações suficientes	0	0	143	143	26,14%	66,18%
Peças trincadas	111	12	0	123	22,49%	88,67%
Rosca fêmea	26	14	0	40	7,31%	95,98%
Emenda	19	1	0	20	3,66%	99,63%
Peça queimada	0	0	1	1	0,18%	99,82%
Filtro entupido	0	0	1	1	0,18%	100,00%
TOTAL	329	73	145	547	100,00%	100,00%

Fonte: Autora (2023).

De acordo com as informações contidas na Tabela 4, foi possível identificar que a região da peça que apresentou maior porcentagem de incidência de vazamentos foi a rosca macho, em 40,04% das ocorrências, sendo que a quantidade mais representativa ocorreu no Modelo Antigo, ademais, no Modelo Novo, a rosca macho permanece apresentando a maior ocorrência. Em segundo lugar, peças trincadas representaram 22,49% das irregularidades, em quantidade mais expressiva no Modelo Antigo. Em terceiro lugar, a rosca fêmea representou 7,31% das ocorrências, também em maior quantidade no Modelo Antigo. Os resultados apresentados são uma provável consequência da melhoria na composição da peça.

Gráfico 1 - Comparação entre Modelo Antigo, Modelo Novo e Modelo Indefinido.



Fonte: Autora (2024).

3.2.3. Análise do relatório LabHidro

O relatório elaborado pelo Laboratório de Hidrometração da Companhia Águas de Joinville (LabHidro), certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), é resultado de uma inspeção minuciosa realizada nos Retentores de Partículas pela equipe. As peças, após serem removidas de campo pelos operadores, são transportadas para o laboratório, onde são armazenadas e submetidas a testes que simulam as condições reais de pressão do sistema. O objetivo desta coleta de dados do laboratório é determinar se o componente atende às condições de reutilização em campo. As peças que não possuem mais funcionalidade são categorizadas como “carcaças”, enquanto as que ainda podem ser utilizadas são classificadas como “recuperadas”.

Os dados disponibilizados pelo LabHidro correspondem a uma planilha Excel com dados do período entre 08 de janeiro de 2021 a 21 de dezembro de 2022, contendo informações de exatas 6.569 peças analisadas.

Nessa planilha, os campos correspondem às seguintes classificações:

- Quantidade: ordem numérica do Retentor de Partículas analisado;
- Número do Retentor de Partículas: código registrado na peça, sendo que não são todos os lotes que possuem essa inscrição;
- Ano: dado anual registrado na peça, sendo que não são todos os lotes que possuem essa inscrição;
- Situação após análise: situação da peça após a realização da análise, segmentada em “carcaça” para as peças que não apresentam possibilidade de reutilização e em “recuperada” para as peças que estão em condições favoráveis para retornar à utilização em campo;
- Motivo da situação (correspondente às especificações): rosca danificada, peça trincada, carcaça danificada, peça dilatada, peça quebrada, peneira quebrada, filtro quebrado, peneira interna quebrada, corpo danificado, peneira cortada, peneira entupida e peneira danificada;
- Observação: sinalização de peças fora da garantia, de modelo antigo, afetadas por possíveis quedas e reprovadas em bancada;
- Origem: setor ou empresa terceira responsável pela retirada da peça na execução do serviço;
- Data: data da inspeção;

- Analisado: checklist das peças analisadas; todas que foram, constam o campo preenchido como “Analisado”.

A partir dos dados da planilha, foi criada uma tabela para organizar as especificações do item “Motivo da situação”, classificando-o em relação aos campos: modelo antigo, modelo novo, total, porcentagem e porcentagem acumulada, de acordo com a Tabela 5.

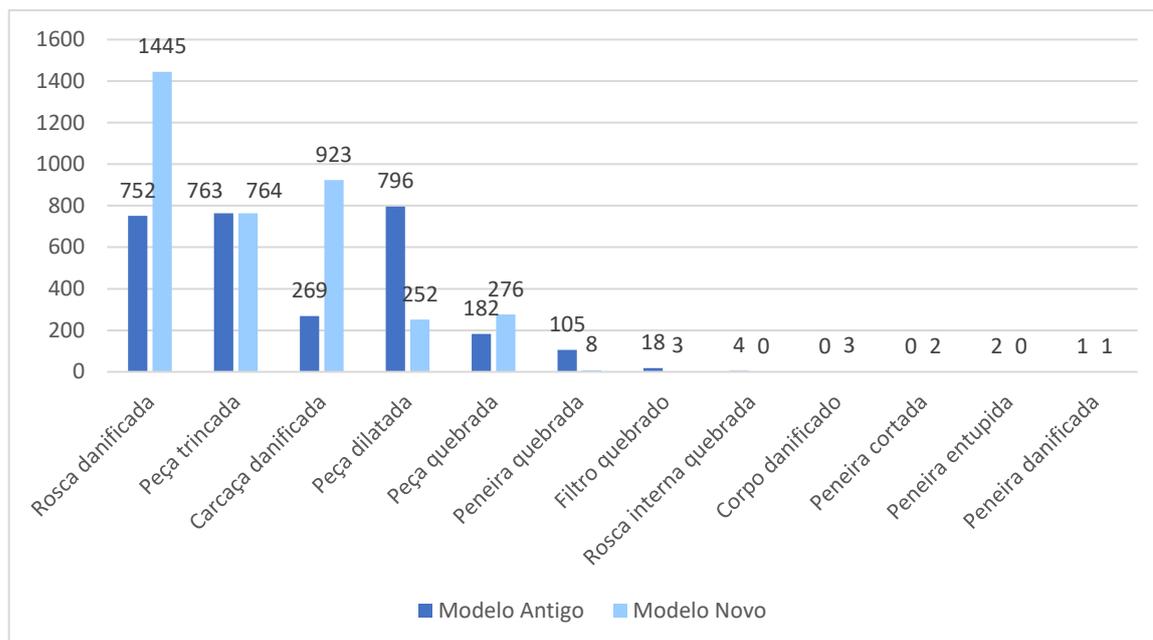
Tabela 5 – Testes de Retentores de Partículas (LabHidro).

Situação geral	Modelo Antigo	%	Modelo Novo	%	Total	%	% acumulada
Rosca danificada	752	26,00%	1445	39,30%	2197	33,44%	33,44%
Peça trincada	763	26,38%	764	20,78%	1527	23,25%	56,69%
Carcaça danificada	269	9,30%	923	25,10%	1192	18,15%	74,84%
Peça dilatada	796	27,52%	252	6,85%	1048	15,95%	90,79%
Peça quebrada	182	6,29%	276	7,51%	458	6,97%	97,77%
Peneira quebrada	105	3,63%	8	0,22%	113	1,72%	99,49%
Filtro quebrado	18	0,62%	3	0,08%	21	0,32%	99,81%
Rosca interna quebrada	4	0,14%	0	0,00%	4	0,06%	99,87%
Corpo danificado	0	0,00%	3	0,08%	3	0,05%	99,91%
Peneira cortada	0	0,00%	2	0,05%	2	0,03%	99,94%
Peneira entupida	2	0,07%	0	0,00%	2	0,03%	99,97%
Peneira danificada	1	0,03%	1	0,03%	2	0,03%	100,00%
TOTAL	2892	100,00%	3677	100,00%	6569	100,00%	100,00%

Fonte: Autora (2023).

Analisando a Tabela 5, é possível identificar que a rosca danificada representou 26,00% das irregularidades em relação ao Modelo Antigo e 39,30% em relação ao Modelo Novo, permitindo deduzir que a mudança de composição pode não ter apresentado resultados benéficos em relação a rosca. Já peças trincadas representaram 26,38% das irregularidades no Modelo Antigo e 20,78% no Modelo Novo, destacando, assim um provável efeito positivo da mudança da composição da peça. Já as peças com carcaça danificada, por sua vez, representaram 9,30% das ocorrências no Modelo Antigo e 25,10% das ocorrências no Modelo Novo, indicando que a mudança da composição pode ter influenciado nas ocorrências de danos na carcaça. Além disso, peças dilatadas apresentaram 27,52% das ocorrências no Modelo Antigo e 6,85% no Modelo Novo, indicando, dessa forma, um provável efeito positivo da mudança na composição da peça em relação à dilatação.

Gráfico 2 - Testes de Retentores de Partículas (LabHidro).



Fonte: Autora (2023).

3.2.4. Estudo do laudo de análise de falha

Nesta etapa do estudo, foi analisado o laudo técnico de análise de falha, desenvolvido pela empresa DFF Engenharia e concedido à CAJ pela empresa fornecedora do Retentor de Partículas. A amostragem examinada pelo laudo refere-se à devolução de dois lotes da peça, totalizando 1.409 itens, conforme descrito pela empresa.

Não foi apresentada nenhuma divisão de falhas ou motivação para devolução, apenas alegação de problemas de fabricação, sendo assim, faz-se necessário uma análise minuciosa de maneira unitária nas peças devolvidas, a fim de garantir que o processo de fabricação não apresente novamente possíveis falhas (DFF ENGENHARIA, 2020, p. 2).

Os dados fornecidos pela empresa DFF Engenharia e pela empresa fornecedora do Retentor de Partículas foram dispostos na Tabela 6, conforme apresentado.

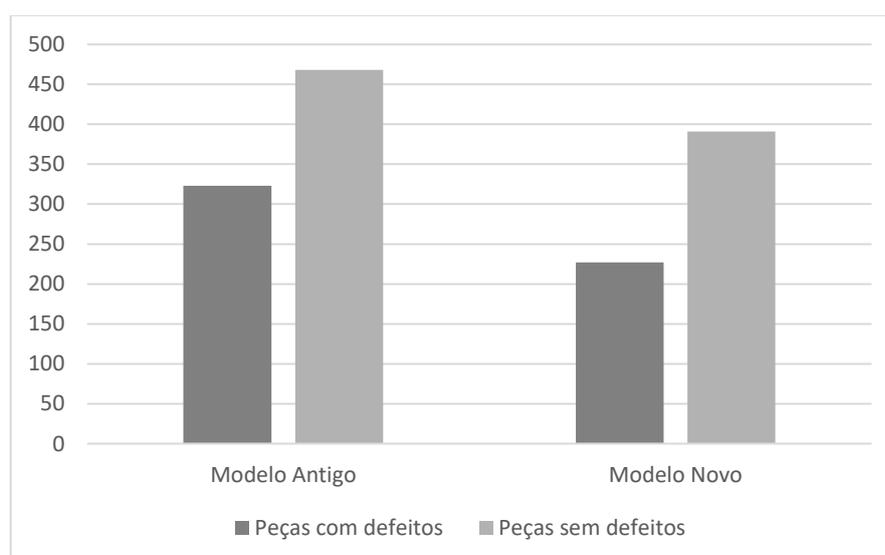
Tabela 6 – Laudo de análise de falha.

Lista de Defeitos	Modelo Antigo	%	Modelo Novo	%	Total	%	% acumulada
Deformadas pela ação do calor	146	18,46%	17	2,75%	163	11,57%	11,57%
Rosca de entrada danificada	42	5,31%	117	18,93%	159	11,28%	22,85%
Quebradas na extensão do corpo	89	11,25%	38	6,15%	127	9,01%	31,87%
Avaria no filtro	43	5,44%	0	0,00%	43	3,05%	34,92%
Rosca de saída fora de medida	0	0,00%	37	5,99%	37	2,63%	37,54%
Quebradas na rosca de entrada	0	0,00%	14	2,27%	14	0,99%	38,54%
Fraudes	2	0,25%	1	0,16%	3	0,21%	38,75%
Montagem sem anel de vedação	0	0,00%	2	0,32%	2	0,14%	38,89%
Descolamento	1	0,13%	0	0,00%	1	0,07%	38,96%
Filtro saturado	0	0,00%	1	0,16%	1	0,07%	39,03%
Peças sem defeitos	468	59,17%	391	63,27%	859	60,97%	100,00%
TOTAL	791	100,00%	618	100,00%	1409	100,00%	100,00%

Fonte: Adaptado de DFF Engenharia (2020).

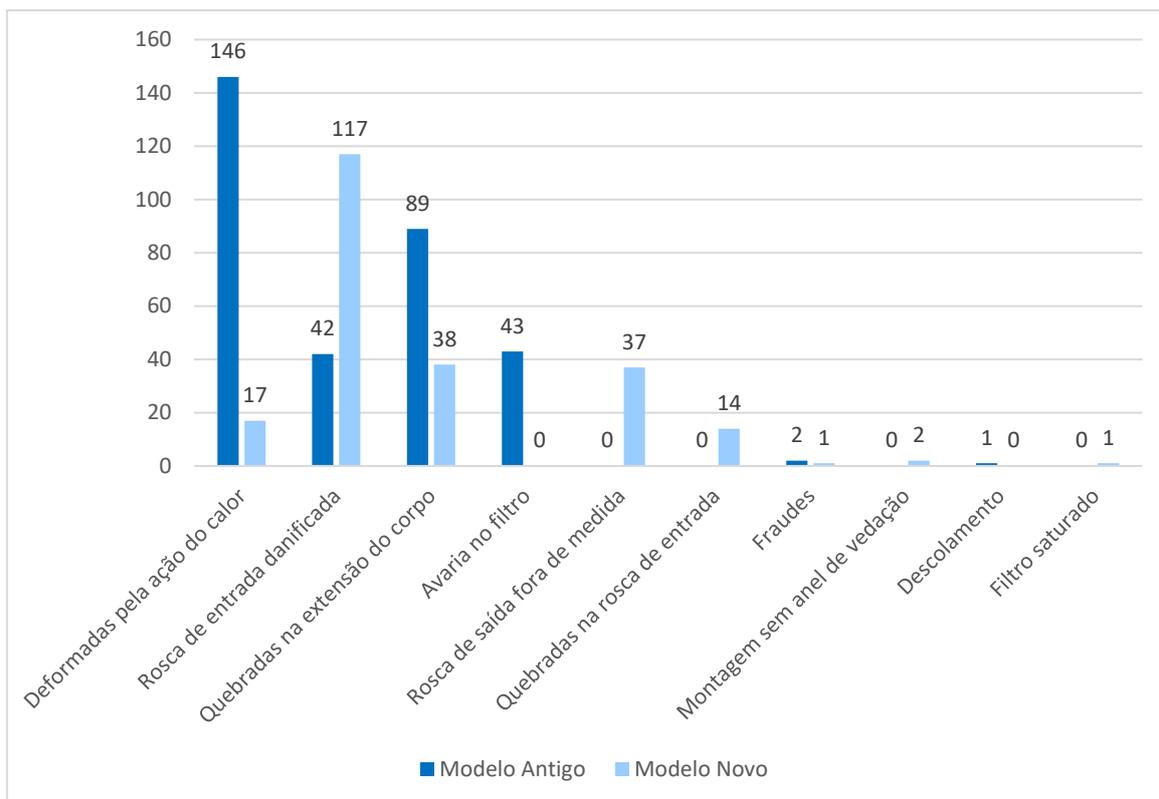
A partir dos dados apresentados na Tabela 6, pode-se concluir que a deformação pela ação do calor representou 18,46% das irregularidades no modelo antigo da peça e 2,75% no modelo novo, o que significa uma provável melhora na composição da peça. Já a rosca de entrada danificada representou 18,93% das irregularidades no modelo novo e 5,31% no modelo antigo, indicando que houve um aumento nessa proporção. Por fim, as peças quebradas na extensão do corpo representaram 11,25% no modelo antigo e 6,15% no modelo novo, representando um provável resultado de melhoria na composição da peça em relação a esse defeito.

Gráfico 3 – Laudo de análise de falha: comparação entre as peças com defeito e sem defeito.



Fonte: Autora (2023).

Gráfico 4 – Laudo de análise de falha: comparação entre as peças com defeito.



Fonte: Autora (2023).

4. CONCLUSÃO

Inicialmente, a investigação das ordens de serviço permitiu quantificar as ocorrências de vazamentos em cavaletes de micromedição no município de Joinville/SC, levando a conclusões significativas. A análise das peças críticas permitiu identificar aquelas com maiores ocorrências de substituição, caracterizando-as como possíveis agentes de um maior número de vazamentos em relação às outras. Constatou-se, assim, que essas peças correspondem ao Retentor de Partículas, ao Anel de Vedação e ao Kit UMC completo.

A análise individual dos Retentores de Partículas revelou diferentes padrões de ocorrência. Primeiramente, constatou-se que a região da rosca macho, no modelo novo da peça, foi a mais propensa a apresentar problemas. Em segundo lugar, observaram-se peças trincadas sem região definida, com maior incidência no modelo antigo, sugerindo uma possível influência da mudança na composição da peça para o modelo novo. Por fim, a rosca fêmea no modelo novo foi identificada como a terceira região mais afetada.

Conforme destacado na análise do relatório do LabHidro, a rosca danificada foi identificada como o problema mais constante, apresentando uma incidência consideravelmente maior no modelo novo, assim como as peças com danos na carcaça. Por outro lado, peças trincadas demonstraram uma frequência mais significativa de ocorrências no modelo antigo, sugerindo possíveis implicações da mudança na composição da peça.

Em relação ao laudo de análise de falha, observou-se que o número de ocorrências de peças deformadas devido à ação do calor foi maior no modelo antigo. No entanto, no modelo novo, a rosca de entrada danificada (rosca macho) apresentou uma incidência mais expressiva. Além disso, as peças quebradas na extensão do corpo foram mais frequentes no modelo antigo, o que sugere uma melhoria na composição da peça.

No decorrer do estudo, foi identificado um problema recorrente: muitas ordens de serviço não contêm descrições detalhadas, imagens ou informações específicas do serviço, tornando as informações incompletas e dificultando as análises. Além disso, foi possível verificar que a atualização para o modelo novo do Retentor de Partículas pode ter apresentado um efeito positivo. No entanto, ainda há uma

frequência considerável de substituição dessa peça nos serviços, mesmo no modelo novo.

Segundo a empresa Tigre (2016), o principal uso para a inserção de conexões metálicas é o acoplamento de peças de PVC a componentes metálicos como registros, torneiras e válvulas, que geralmente estão sujeitos a esforços externos, como choques e batidas. Dessa forma, como parte do plano de ação proposto para a Companhia Águas de Joinville, recomenda-se avaliar a inserção de rosca metálica no Retentor de Partículas, atualmente em PVC, considerando a possibilidade de tal composição proporcionar uma maior resistência para a peça. Como exemplo prático, cita-se a ampla utilização de materiais metálicos nas roscas de torneiras residenciais.

Além disso, sugere-se examinar a substituição do material de PVC do Anel de Vedação pela borracha nitrílica, considerando a alta resistência desse material à compressão, ao rasgamento e à abrasão, proporcionando uma provável maior vida útil ao componente. Considera-se a ampla utilização desse material no setor automobilístico, aeronáutico, petroquímico e na fabricação de anéis de vedação, tubos, mangueiras hidráulicas e demais aplicações, que trabalham sujeitas à fricção (NITRIFLEX, 2024).

Por fim, sugere-se a garantia de que as equipes de instalação e manutenção das peças nos cavaletes de micromedição recebam um treinamento adequado, e que haja fiscalização contínua, assegurando que as peças sejam inseridas da forma correta e cumpram plenamente suas funções, além disso, cabe-se também reforçar a importância de as ordens de serviço serem registradas de maneira detalhada e completa no sistema.

4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se:

- Avaliação dos prejuízos de perdas de água decorrentes dos vazamentos em cavaletes de micromedição;
- Avaliação da viabilidade econômica da utilização da rosca metálica no Retentor de Partículas;
- Avaliação da viabilidade econômica da utilização da borracha nitrílica no Anel de Vedação;

- Projeção de retorno econômico das melhorias para a Companhia Águas de Joinville;
- Análise de outras amostras referentes a outros períodos para confirmação dos resultados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Estimativas de Usos Consuntivos da Água a Montante de Aproveitamentos Hidrelétricos**. Anexo Metodológico. Brasília: ANA, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES**. Revisão 1. São Paulo, 19 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10925**: cavalete de PVC DN 20 para ramais prediais. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Perdas de Água**. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Gestão de Perdas de Água. 2012.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. Ministério da Saúde. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acesso em: 23 jan. 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <https://ods.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 jan. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Novo marco de saneamento**. 2020. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 26 jan. 2024.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 29 jan. 2024.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. **História**. Disponível em: <https://www.aguasdejoinville.com.br/?servico=historia>. Acesso em: 31 maio 2023.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. **Relatório de Sustentabilidade**. 2021. Disponível em: https://www.aguasdejoinville.com.br/wp-content/uploads/2022/07/ACH-0010-22-RELATORIO-DE-SUSTENTABILIDADE_SITE.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Perdas na distribuição de água**. 2022. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=37>. Acesso em: 8 jan. 2024.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE GOIÁS. **Manual de Operações e Especificações Técnicas**. Diretoria de Produção. 2020.

CRUZ, D. K. A. et al. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil**. Brasília, 2022.

CARVALHO, Fernando Silva et al. **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió**. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luís: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004.

DELMÉE, Gerald J. **Manual de Medição de Vazão**. 2ª. Edição, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, p. 27-34, 1983.

FIGUEIREDO, C. et al. **O novo marco legal do saneamento no Brasil: uma análise comparativa**. Paraíba, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, 2022.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise econômica de projetos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

GULARTE, C. B. **Um estudo sobre a submedição em hidrômetros para aplicação no controle de perdas aparentes no sistema de abastecimento de água de Blumenau**. 2005. Dissertação (Mestrado em Metrologia Científica e Digital) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2005.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. v. 1.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico**. 2012. Disponível em: manual-imprensa.pdf (tratabrasil.org.br). Acesso em: 29 jan. 2024.

KUSTERKO, S. et al. **Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista**. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018156436>. Acesso em: 15 jan 2024.

TIGRE. **Manual Técnico: Orientações Técnicas sobre Instalações Hidráulicas Prediais**. Joinville, 2016.

NITRIFLEX. **Borracha nitrílica: para que serve**. 2024. Disponível em: <https://nitriflex.com.br/borracha-nitrilica-para-serve#:~:text=Por%20suas%20propriedades%2C%20a%20borracha,e%20pe%C3%A7as%20para%20m%C3%A1quinas%20industriais>. Acesso em: 20 maio 2024.

NIVETEC. **Reduzindo perdas de água em sistemas de abastecimento com tecnologia avançada**. 2023. Disponível em: <https://www.nivetec.com.br/reduzindo-perdas-de-agua/>. Acesso em: 10 jan 2024.

PREFEITURA DE JOINVILLE. **Companhia Águas de Joinville**. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/institucional/caj/>. Acesso em: 31 maio 2023.

SANEPAR. **Componentes da Ligação de Água**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/informacoes/padrao-de-ligacao-de-agua>. Acesso em: 01 maio 2024.

SANTOS, A. et al. **Individualização da medição de água em edifícios multifamiliares com a utilização de cavaletes de micromedição**. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 673-682. 2018.

SANTOS, C. C. **Previsão de demanda de água na região metropolitana de São Paulo com redes neurais artificiais e condições socioambientais e meteorológicas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001.

SILVA, R.T. et al. **Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água**. Documento Técnico de Apoio nº A2. Presidência da República. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília. 1998.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. São Paulo: USP, 2006.

VIEGAS, J. V.; GASTALDINI, M. C. C.; BARROSO, L. B. **Estudo de metodologias para determinação das perdas físicas em rede de distribuição de água**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 37-47, jan./mar. 2005.

ZAHED FILHO, K. **Previsão de demanda de consumo em tempo real no desenvolvimento operacional de sistemas de distribuição de água**. 1990. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.