
Metodologia de gestão de perdas no sistema de distribuição de água: um estudo de caso num bairro de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

Loss management methodology in the water distribution system: a case study in a neighborhood of Montes Claros, Minas Gerais, Brazil

Marcia Maria Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6908-575X>

Universidade Estadual de Montes Claros-UNIMONTES, Minas Gerais, Brasil

E-mail: marcia.guimaraes@unimontes.com

Thiago de Castro Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0610-3572>

Universidade Estadual de Montes Claros-UNIMONTES, Minas Gerais, Brasil

E-mail: thiago.guimaraes@unimontes.br

Walber Santos Macedo

Engenheiro Civil (Autônomo), Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

E-mail: walbertecnologia@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar as possíveis causas que têm gerado a perda de água na rede de distribuição do bairro Todos os Santos, em Montes Claros-MG. Todo monitoramento de perdas é baseado na elaboração de um mapa de calor no qual é possível rastrear as áreas onde ocorrem o maior número de vazamentos. É possível utilizar equipamentos para identificar e localizar vazamentos a partir deste mapa. Nesse sentido, os dados das válvulas redutoras de pressão são registrados para diagnosticar perdas reais e aparentes no estudo do balanço hídrico. A verificação de vazamentos ficou evidenciada com fator de pesquisa de 92,32% em que foram realizadas ações de manutenção e correção do sistema. As perdas na distribuição foram analisadas entre jan. 2021 e ago. 2022 obtendo-se redução de 3,4 L/s após a instalação da Válvula Redutora de Pressão. O balanço hídrico apresentou perdas reais de 240.117 m³/ano. Conclui-se que a gestão e o controle de pressão com medidas de combate às perdas são eficientes.

Palavras-chave: Abastecimento de água; Perdas; Mapa de calor; Válvulas redutoras de pressão.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the possible causes that have generated water loss in the distribution network of the “Todos os Santos” neighborhood, in Montes Claros-MG. The objective of this study was analyzed and identify the possible causes that have been generating the loss of water in the distribution system of the “Todos os Santos”, in Montes Claros-MG. All of monitoring loss is based on the creation of a heat map in which it is possible to track the areas where the largest number of leaks occur. It is possible to use equipment to identify and locate leaks from this map. In this sense, data from pressure reducing valves are recorded to diagnose real and apparent losses in the study of water balance. The check for leaks was evident with a research factor of 92.32% in which maintenance actions and correction of the system was carried out. Distribution losses were analyzed between Jan. 2021 and Aug. 2022, obtaining a reduction of 3.4 L/s after installing the Pressure Reducing Valve. The water balance showed real losses of 240,117 m³/year. It is concluded that pressure management and control with measures to combat losses are efficient.

Palavras-chave: Water supply; Water Losses; Heat Map; Pressure Reducing Valves.

INTRODUÇÃO

O consumo de água doce sextuplicou no último século e continua a aumentar a uma taxa de 1% ao ano, resultante do aumento populacional, do crescimento desordenado das cidades, do desenvolvimento econômico e das alterações nos padrões de consumo. Além do mais, a qualidade da água diminuiu exponencialmente e o estresse hídrico, mensurado essencialmente pela disponibilidade em função do suprimento, já afeta mais de 2 bilhões de pessoas (UNESCO, 2021).

As regiões urbanas brasileiras também têm enfrentado problemas associados à disponibilidade hídrica e a gestão de demandas e perdas nos sistemas de distribuição de água. Acrescente-se a isso a degradação do meio ambiente, provocada pela exploração inconsequente, que vem escasseando e contaminando os finitos recursos hídricos passíveis de serem aproveitados para consumo humano.

Estima-se que 4 bilhões de pessoas vivem em áreas que sofrem grave escassez física de água por pelo menos um mês ao ano (UNESCO, 2021). Além disso, as médias anuais de perdas no volume de armazenamento equivalem a cerca de 1% da capacidade total de armazenar água em reservatórios, e os custos estimados para restaurar essas perdas são de aproximadamente US\$ 13 bilhões por ano (UNESCO, 2021).

Com o aumento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países esse tema mostra-se relevante tanto para os serviços públicos quanto privados (ALEGRE, 2010; CARDOSO *et al.*, 2012; HASSANEIN; KHALIFA, 2006; KUSTERKO *et al.*, 2018; MALMQVIST; PALMQUIST, 2005; MCKENZIE; SEAGO, 2005; MUTIKANGA *et al.*, 2009; MUTIKANGA *et al.*, 2012; PALME; TILLMAN, 2008; SCHULZ *et al.*, 2012).

Segundo Mutikanga *et al.* (2012) foram desenvolvidas diversas ferramentas e métodos de gestão de perdas de água, variando desde simples ferramentas gerenciais, como a apresentada neste estudo, até métodos de otimização altamente sofisticados, como os algoritmos evolutivos.

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2022 o índice de perdas na rede de distribuição foi de 37,78%, o índice de perdas por ligação foi de 337,71 (l/lig./dia) e o índice bruto de perdas lineares foi de 23,97 (m³/km/dia) (BRASIL, 2023). O município de Montes Claros apresenta um índice de perdas na rede de distribuição 9,28% superior ao índice nacional, isto é, apresenta o IN049 igual à 47,06%, mostrando por esse indicador necessidade de reduzir essas perdas.

A Lei nº 11.445/2007 garante a titularidade dos serviços de saneamento ao gestor público, o qual pode delegar a prestação dos serviços a autarquias municipais, consórcio público, empresas privadas, empresas públicas ou sociedades de economia mista estadual (companhias de saneamento) (BRASIL, 2007). Sendo assim, fazer a gestão para o controle e a redução de perdas é tarefa emergente às companhias de saneamento para se manterem competitivas.

A cidade de Montes Claros, localizada na Bacia do Alto Médio Rio São Francisco, na região do semiárido mineiro, possui a sua área urbana na sub-bacia do rio do Vieiras, o qual deságua pela margem direita no rio Verde Grande. Essa região viu a sua população triplicar nos últimos sessenta anos, sendo que na década de 1960 possuía uma população estimada em 136,5 mil habitantes. Atualmente foram estimados 414,241 mil habitantes, correspondente a uma densidade demográfica de 115,39 hab/km², colocando-a como o quinto município mais populoso de Minas Gerais (IBGE, 2022).

Com problemas recorrentes de abastecimento e racionamento de água, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) construiu em 2022 uma adutora de aproximadamente 145 km para captar água do rio São Francisco, no município de Ibiaí, e transpô-la para o rio Pacuí, complementando os 56 km de tubulação existentes entre Montes Claros e a captação que já era operada nesse curso de água.

Os sistemas de abastecimento de água operam, normalmente, com perdas elevadas as quais são incompatíveis com uma gestão racional e eficiente. Frequentemente, os diagnósticos abordam problemas na gestão das atividades de manutenção da rede, pressões excessivas na rede, redes de abastecimentos apresentando má qualidade e inexistência de controle de vazamentos. Porém, o desconhecimento das causas, dos componentes e da quantificação das perdas é o principal problema para definir ações eficientes de redução das perdas (LEAL, 2013). Daí a necessidade de se caracterizar o consumo e as perdas para se planejar a demanda e a oferta desse precioso recurso.

As perdas de água no sistema de distribuição podem ser chamadas de reais ou aparentes. As perdas reais são aquelas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e extravasamentos de reservatórios e as aparentes são aquelas decorrentes de sub medição nos hidrômetros, fraudes e falhas do cadastro comercial, podendo ser investigadas por meio de estudos no local com equipamentos específicos ou por ordens de serviços (KUSTERKO *et al.*, 2018; SILVA, 2005).

Essas perdas têm sido um fator importante a ser investigado, visto que, é elevada a quantidade de água desperdiçadas e que não é consumida pelo cliente final. Atualmente passa-se por momentos de estresses e crises hídricas, com altos índices de perdas e, por isso, é relevante considerar as demais situações, tais como, reclamação por parte de consumidores, ligações clandestinas, ausência de setores de medição e controle, falta de um melhor gerenciamento das pressões, precária situação de tubulação da rede etc.

É importante destacar que três indicadores calculados pelo SNIS (Brasil, 2023), quais sejam, o índice de perdas na rede de distribuição (IN049), o índice bruto de perdas lineares (IN050) e o índice de perdas por ligação (IN051) não indicam se as perdas são reais ou aparentes, isto é, não se pode afirmar que esses índices indicam desperdício de água. Segundo o SNIS, isso se deve à problemas no levantamento de informações por alguns prestadores de serviço que não dispõem de técnica de avaliação de vazamentos na rede, submedição em hidrômetros, fraudes, dentre outras, que possibilitem o cálculo completo do balanço hídrico, conforme IWA (*International Water Association*).

A proposta fundamental do gerenciamento de pressões tem por objetivo minimizar vazamentos no sistema distribuidor conforme exigido na ABNT NBR 12.218:2017, “Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público”, em que as pressões devem atender a faixa máxima (40 mca) e a mínima (10 mca), para os consumidores. Dessa forma, as questões que envolvem o combate ao desperdício de água nos sistemas de abastecimento devem ser focadas com premência. Neste estudo, dentre as ações inibidoras do desperdício de água, situa-se o gerenciamento do controle de vazamentos em redes de abastecimento, ou seja, combate direto à perda.

De acordo com Thornton e Lambert (2005), o gerenciamento de pressões é de grande importância para o sistema de abastecimento, pois traz grandes benefícios de modo a proporcionar um atendimento eficiente e efetivo aos consumidores autorizados. Além do mais, Katja, Ziegler e Happich (2011), reiteram que possuir o controle das pressões é essencial para diminuir as perdas de água que ocorrem devido a pressões desnecessárias ou excessivas, de modo a eliminar grandes variações de pressão, trazendo efeitos positivos para o processo.

O gerenciamento de pressão tem sido usado há mais de três décadas para reduzir vazamentos em sistemas de distribuição de água. Análise de sensibilidade de vários parâmetros mostrou que a pressão média do sistema e a condição do sistema tiveram a maior influência no número de vazamento do sistema (SCHWALLER; VAN ZYL, 2014).

A redução de pressões excessivas, amplamente recomendada para o gerenciamento adequado de pressões, é geralmente implementada por meio da instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP's). As VRP's são dispositivos mecânicos utilizados como acessórios nas redes de distribuição de água, em pontos específicos, para proporcionar uma pressão reduzida a jusante, evitando pressões muito elevadas em determinados trechos da rede (PMSS, 2008).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar e identificar as possíveis causas que vem gerando a perda de água no sistema de distribuição do bairro Todos os Santos, da cidade de Montes Claros, Minas Gerais. Para isso, foi preciso analisar e propor um controle de vazão que está sendo distribuída no setor, analisar as pressões em pontos estratégicos da rede de distribuição, realizar um levantamento hidráulico, por meio do estudo do balanço hídrico, e, por fim, avaliar os métodos mais viáveis para a redução de pressão e combate à perda de água de modo a corrigir as possíveis perdas, para que se possa potencializar a distribuição de água no bairro e preservar o bem natural, a água.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo utilizou como parâmetros os dados fornecidos pela COPASA-MG (2022). A área de estudo, de 1971951,827 m², refere-se ao Distrito de Medição e Controle número DMC-41A do Setor de Controle de Perdas número SCP-41A de Montes Claros-MG, no bairro Todos os Santos, conforme ilustrado na Figura 1.

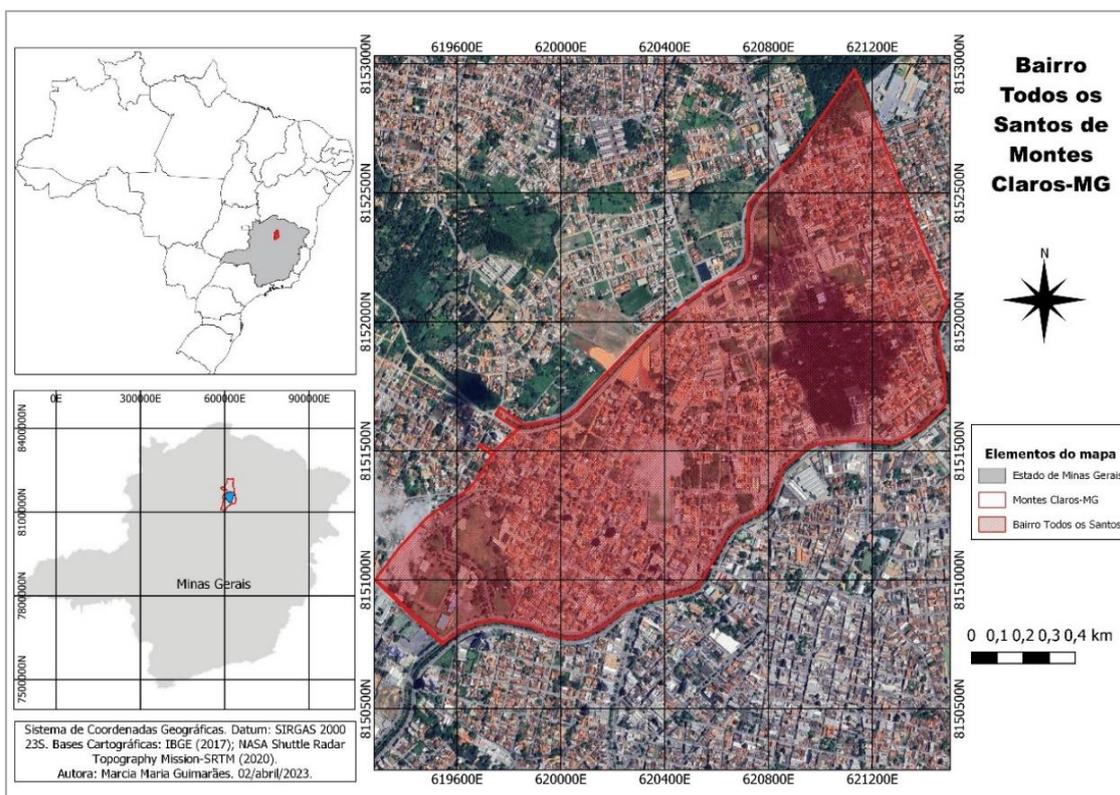
Situação Atual das Perdas em Montes Claros

De acordo com o SNIS (Brasil, 2023), o município de Montes Claros apresenta um percentual de perdas na distribuição (IN049) igual à 47,09%, maior que da região sudeste (33,90%), do estado (36,77%) e do país (37,78%) (Figura 2).

Verificação e Regulagem de Válvula Redutora de Pressão

A metodologia básica do estudo está resumida na Figura 3. Inicialmente foi verificada a existência de Válvula Redutora de Pressão, para que fosse realizada a regulagem e o monitoramento, com ponto crítico de até 10 mca.

Figura 1 – Mapa do distrito de medição e controle nº 41A no Bairro Todos os Santos



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Figura 2 – Indicadores de perdas na distribuição de água no Brasil, na região Sudeste, em Minas Gerais e em Montes Claros



Fonte: elaborada pelos autores (2024) com dados do SNIS (BRASIL, 2023).

Durante todo o processo a válvula redutora de pressão registrou e encaminhou via wireless todos os dados para um *software* específico da COPASA-MG. Assim, foram gerados gráficos de perdas de janeiro/2021 a agosto/2022 por meio de dados de volume

de entrada (macro) e faturado medido (micro) e de vazão média semanal antes e após a regulagem da válvula.

Figura 3 – Metodologia para redução de perdas no sistema de distribuição de água



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Monitoramento da Válvula Redutora de Pressão

Utilizou-se o método de estudo na investigação de perdas no sistema de distribuição de água o Fator de Pesquisa (FP), que pode ser conceitualizado como a relação entre a vazão mínima noturna de um setor e a sua vazão média, dando assim o resultado em porcentagem da necessidade ou não de se fazer a pesquisa de vazamentos. De acordo com o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS, 2008) se essa expressão apresentar resultados acima de 70% é preciso que se façam os testes, pois se encontram em situação crítica. Se o resultado estiver entre 50% e 70%, possui prioridade média e se o resultado estiver entre 30% e 50% possuem prioridade baixa.

Análise das Ordens de Serviço

Nesta etapa foi desenvolvido um Mapa de Calor para auxiliar a equipe de pesquisas na identificação e direcionamento de ruas que apresentam o maior índice de

vazamentos no setor SCP-41A nos últimos meses. Para isso, foram utilizados na investigação do estudo, documentos de ordem de serviço (OS) da COPASA-MG (2022).

Pesquisa em Campo

Trata-se de uma pesquisa exploratória em campo, desenvolvida em caráter observacional, por visita ao DMC-41A com o objetivo de coletar dados e verificar as pressões e vazões do SCP-41A.

Para investigação e detecção das perdas não visíveis, foram utilizados os equipamentos, mostrados nas Figuras 4 a 7: (1) manômetro registrador (maleta) (Figura 4) e (2) manômetro indicador (medidor manual) para medir a pressão nos pontos críticos na rede de distribuição (Figura 5), (3) haste de escuta mecânica, utilizada para a escuta de ruídos, também pode ser chamada de “stick”, a sua faixa de operação situa-se entre 200 a 1500 Hertz (Figura 6) e (4) geofone eletrônico, que possui alta sensibilidade, dotado de um sensor que capta o som produzido pelo vazamento com faixa de operação entre 100 e 2700 Hz (Figura 7). Nessa fase foi realizado a pesquisa de escuta em todos os pontos disponíveis do sistema (cavaletes, hidrantes de coluna, registros de rede, etc.), localizando o vazamento, marcando-se o local com tinta em “spray” para realização da manutenção necessária na rede de distribuição.

Figura 4 – Manômetro registrador



Figura 5 – Manômetro indicador



Figura 6 – Haste de escuta mecânica



Figura 7 – Geofone eletrônico



Fonte: Macedo (2022).

Balanço Hídrico

Antes de se iniciarem os trabalhos de campo, utiliza-se o Balanço hídrico como ferramenta na análise da situação econômica e financeira do setor, para identificar todas as classificações da água, dos volumes consumidos e perdidos.

Por meio dos dados registrados na VRP, foi possível realizar um levantamento hídrico anual do DMC-41-A. Os dados são preenchidos em planilha do Excel e do software WB- Easy Calc, com o intuito de diagnosticar o quantitativo de perdas reais e aparentes no sistema, por meio de um estudo do balanço hídrico do setor e assim propor ações reparadoras no combate e controle as perdas no sistema de distribuição.

Essa metodologia permitiu, por meio de análises dos dados, que ações reparadoras fossem rapidamente executadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da sede municipal de Montes Claros, é operado pela COPASA-MG, estando vinculado à Unidade de Negócios Norte (UNNT) e Gerência Regional de Montes Claros (GRMC), sendo composto por seis captações superficiais, sendo elas, com suas respectivas vazões médias aproximadas, conforme Monitoramento da Situação de Estiagem de Abastecimento de Água de junho 2022, Juramento 0,468 m³/s, Pacuí 0,310 m³/s, Lapa Grande, Rebentão dos Ferros e Porcos totalizam 0,224 m³/s e a recente inaugurada captação do Rio São Francisco com capacidade de vazão de 0,500 m³/s; no entanto, essa última ainda está em operação com ajustes técnicos. Ainda assim, completam a produção 31 (trinta e um) poços subterrâneos que atualmente encontram-se desativados (COPASA-MG, 2022).

Nos últimos anos, o SAA de Montes Claros, vem passando por processos de otimização de sua capacidade de produção e tratamento de modo a maximizar a utilização de suas fontes de produção, implementando obras de ampliação, com aumento da capacidade de tratamento. Para isso, em 2018, foi implantado o sistema Pacuí, com captação, tratamento e adução para a cidade, devido à crise hídrica dos anos de 2014 e 2019, em que a barragem de Juramento não mais alcançava a sua plena capacidade, chegando a operar por vários meses no seu volume operacional (volume morto). Daí houve necessidade de implantar de captação no Rio São Francisco em Ibiaí-MG.

Para a gestão do sistema de distribuição e controle de perda de água, o SAA de Montes Claros, conta com 57 Distritos de Medição e Controle – DMC's, sendo que desse total 17 estão estanques e macromedidos e 40 apresentam alguma descontinuidade de estanqueidade e/ou sem macromedição devido apresentar múltiplas entradas, com ausência de medição, reduzindo o controle e monitoramento das vazões no sistema e a eficiência no combate à perda de água.

Para controle da pressão, nas áreas setorizadas, o sistema conta com 25 VRP, em operação, onde ocorrem procedimentos de inspeções e testes realizados pela COPASA-MG, tais como, verificação visual (falhas, trincas no corpo, conferência de acabamento e montagem entre a válvula e componentes do circuito, além da verificação de identificação), verificação dimensional (dimensões definidas nas especificações), verificação de documentos (avaliação dos certificados de rastreabilidade de materiais usados na fabricação), teste hidrostático (o corpo da válvula deverá ser submetido a uma pressão de 1,5 x PN da válvula por tempo de 3 minutos, conforme norma API 598 (2016), teste de estanqueidade (devendo ser aplicado uma pressão de 1,1 x PN por um período de 3 minutos (norma API 598, 2016), teste de performance (verificar abertura e fechamento), pintura (verificar aderência e espessura da camada de tinta), conforme ABNT (2009).

Atualmente, a COPASA-MG possui um setor (COS), criado com o intuito de gerenciamento e controle de perdas do abastecimento de água contando com um sistema de controle, supervisão, telemetria, telecomando e telesupervisão. Sendo assim, constitui-se como característica essencial deste projeto à total integração com a tecnologia “rádio broadband wireless”, bem como a total interoperabilidade dos equipamentos, softwares e protocolos de rede dele participantes. A rede permite a comunicação de todos os 25 pontos de controles distribuídos, elevatórias e reservatórios na área urbana da cidade (COPASA-MG, 2022).

O Setor do COS da COPASA-MG realiza-se o controle da vazão distribuída para toda a cidade de Montes Claros-MG e das (VRP's). Seu principal fundamento é estar gerenciando as pressões das válvulas e acompanhando as vazões em cada ponto onde as mesmas foram instaladas, e assim conseguir com que reduza o rompimento de redes e ramais por toda cidade. A Figura 8 apresenta medidores de pressão utilizados para auxiliar no estudo do bairro Todos os Santos. Todo monitoramento é feito por meio de sinal via torres instaladas em cada Sistema de Controle Pitométrico, e em caso de vazamentos em redes de distribuição, o setor interrompe o abastecimento na própria sala sem a

necessidade de uma equipe operacional se deslocar a campo e fechar o registro de manobra, podendo também controlar a modulação de válvulas de pressão de acordo com cada setor. O bairro em estudo, apresenta aproximadamente 1.511 ligações reais até agosto de 2022, e utiliza-se no DMC-41A apenas uma válvula redutora de pressão no controle a perda de água na rede de distribuição (Figura 9).

Figura 8 – Medidores de Pressão



Figura 9 – Válvula Redutora de Pressão



Fonte: Macedo (2022).

As Figuras 10 e 11 ilustram o painel de controle do supervisor e a modulação da válvula redutora de pressão do SCP-41A retirados do software interno da COPASA-MG. Na Figura 11, o painel de modulação do SCP 41A apresenta os horários, pressão montante e jusante, vazão, pressões no ponto crítico e setada, sendo possível controlar a vazão (l/s) e pressão (mca) de forma efetiva em horários determinados pelo operador de acordo com a necessidade do estudo.

A maior parte de vazamento de água na rede de distribuição é em função da pressão da água. Reduzindo-a por (VRP) a frequência de vazamentos também reduzirá.

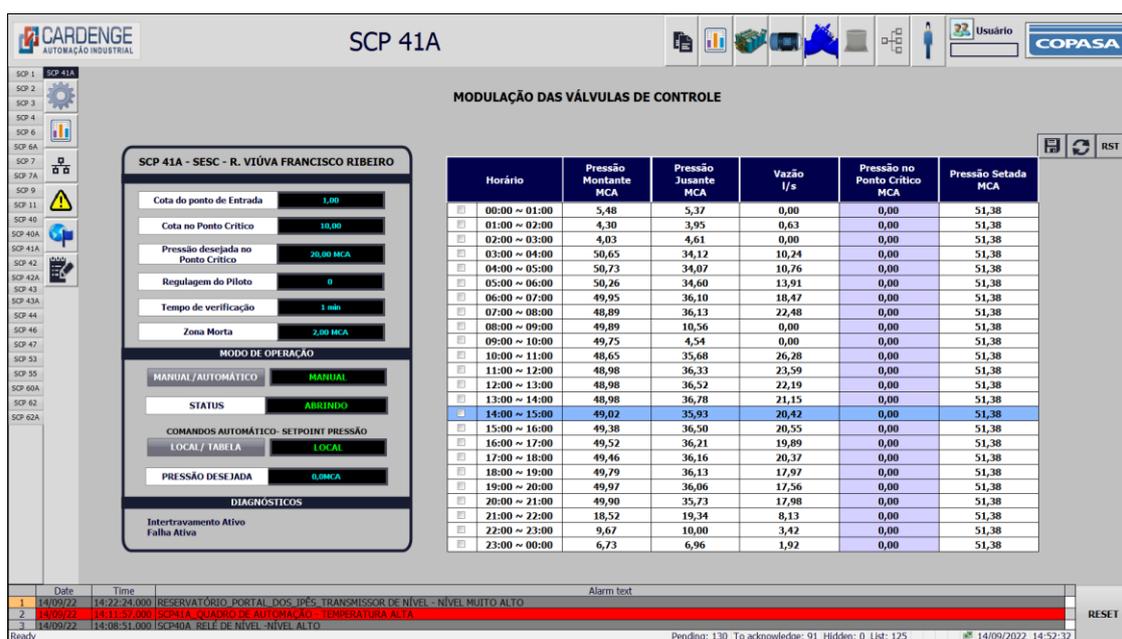
A redução de pressões excessivas, amplamente recomendada para o gerenciamento adequado de pressões, é geralmente implementada por meio da instalação de válvulas redutoras de pressão. As (VRP's) são dispositivos mecânicos utilizados como acessórios nas redes de distribuição de água, em pontos específicos, para proporcionar uma pressão reduzida a jusante evitando pressões elevadas em certos trechos da rede (PMSS, 2008).

Figura 10 – Painel de Controle do Supervisório SCP-41A



Fonte: COPASA-MG (2022).

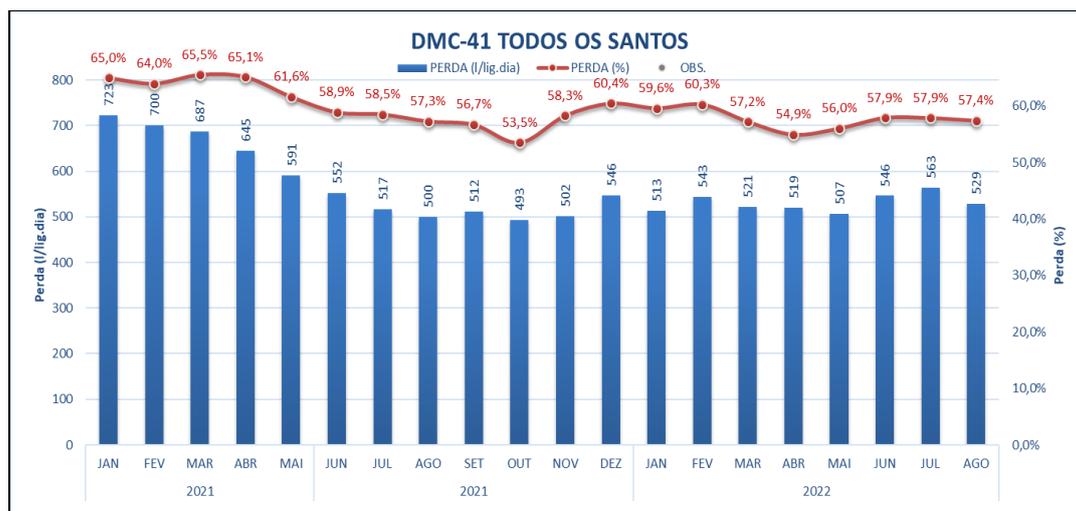
Figura 11 – Painel de Modulação da Válvula de Controle SCP-41A



Fonte: COPASA-MG (2022).

A Figura 12 mostra as perdas de água (L/lig./dia) e suas respectivas porcentagens do período de janeiro de 2021 a agosto de 2022. Pode-se perceber nessa figura, que o período com maior índice de percentual de perdas de água por distribuição foi em março de 2021 com 65,5%, e o período de menor índice de percentual foi em outubro de 2021 com 53,5%.

Figura 12 – Perdas no sistema DMC-41A, bairro Todos os Santos

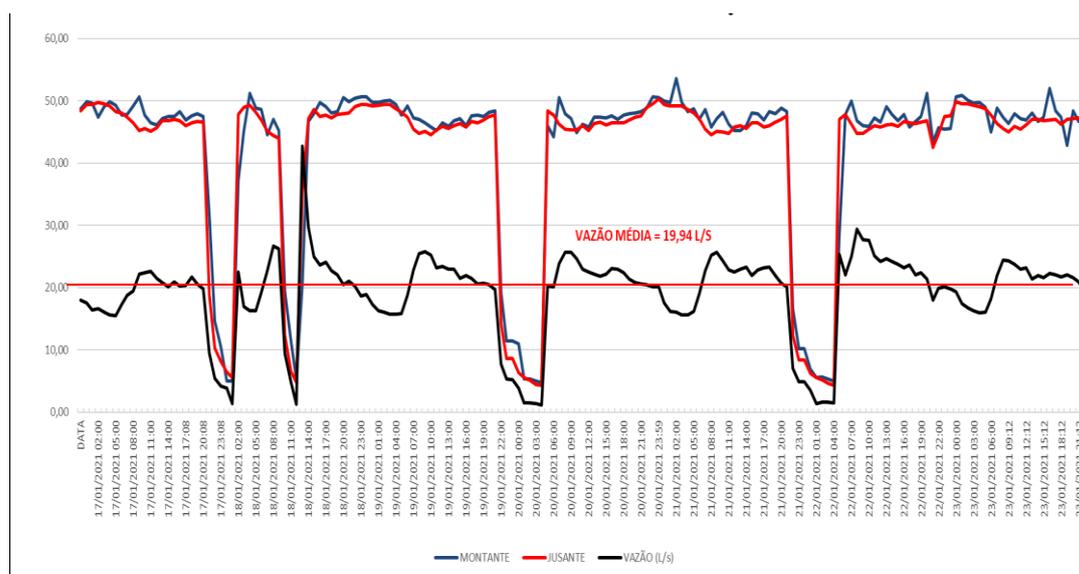


Fonte: COPASA-MG (2022).

De acordo com a COPASA-MG, houve implementação de uma válvula redutora de pressão no dia 25 de março de 2021. Assim sendo, foi possível perceber que após a sua regulagem, a porcentagem que antes chegava a 65,5%, atualmente está com 57,4%, conforme observado no mês de agosto de 2022, verificando-se de maneira geral, uma redução de perdas nos pontos monitorados.

Na Figura 13 consta a vazão média semanal do SCP-41A antes da regulagem da Válvula Redutora de Pressão. É notório que antes da regulagem da VRP as pressões são as mesmas, tanto para montante quanto para jusante, com uma vazão média de 19,94 L/s.

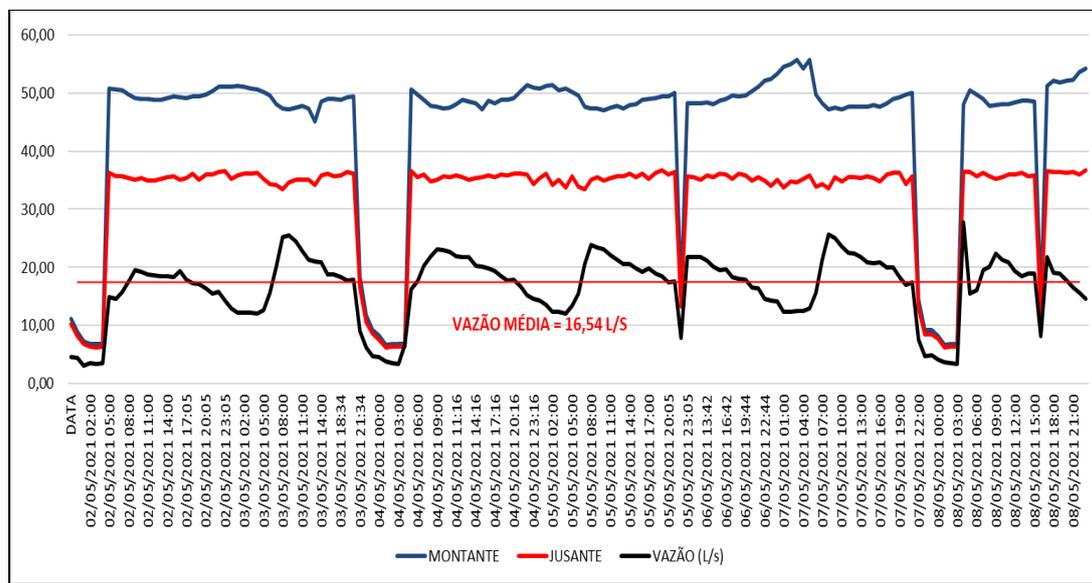
Figura 13 – Vazão média semanal SCP-41A – antes regulagem da VRP



Fonte: COPASA-MG (2022).

A Figura 14 mostra a vazão média semanal após a regulagem da VRP, em maio de 2021. Pode-se dizer que após a regulagem da válvula redutora de pressão, com base no ponto crítico, a vazão média semanal que antes era 19,94 L/s, foi reduzida para 16,54 L/s, com uma economia de 3,4 L/s.

Figura 14 – Vazão média semanal SCP-41A - após a regulagem da VRP



Fonte: COPASA-MG (2022).

O ponto crítico da válvula redutora de pressão instalada já está atuando na regulagem de no mínimo de 100 kPa (10 mca), conforme exigido pela ABNT NBR 12218:2017. Por isso, não foi possível propor uma nova regulagem.

Segundo a equipe da COPASA-MG (2022), as oscilações em relação aos valores apresentados após a regulagem da válvula podem variar de acordo com a quantidade de instalações de clientes, realização de pesquisas de vazamentos, troca de tubulações, abertura de ordens de serviços, dentre outras. Conforme Striani e Lopes (2005) *apud* Gardinali e Manzi, (2015, p.5), “a instalação de uma VRP reduz e controla a pressão dentro de uma área a ser abastecida, é o caminho mais simples e de resultados imediatos para reduzir a perda de água em uma tubulação”.

Para o método de estudo de vazamentos, calculou-se o Fator de Pesquisa, com os dados da vazão mínima noturna e média do dia 02 de abril de 2022. Ficou evidente a necessidade de pesquisa de vazamentos no bairro em estudo, pois o valor encontrado de FP = 92,32%, indicando prioridade alta. Sendo assim, foi necessário fazer pesquisa acústica de vazamentos nesse setor com hastes de escuta e geofone eletrônico.

No período de 04 a 30 de abril de 2022, iniciaram-se as pesquisas dos vazamentos não visíveis e visíveis. Por meio dessas pesquisas foi possível verificar, todos os itens necessários para a solução do problema. Foi percorrido um total de 5,6 km de rede no período noturno das 23h:00min às 05h:00min, onde a pressão nas redes tem maior intensidade devido ao consumo ser mínimo, tendo-se encontrado cinco vazamentos não visíveis e dois visíveis que foram demarcados pela equipe com tinta spray. As Figuras 15 e 16 mostram o operador utilizando geofone com demarcação do local de vazamento e utilização de haste de escuta mecânica.

Figura 15 – Utilização do geofone eletrônico na pesquisa feita no bairro Todos os Santos



Figura 16 – Utilização de equipamentos na identificação de vazamentos



Fonte: Macedo (2022).

Iniciou-se o rastreamento e escuta com geofone e em seguida com a haste mecânica, pois a faixa de percepção com a utilização do geofone eletrônico está entre as frequências de 100 a 2700 Hz enquanto com a haste de escuta fica entre 200 a 1500 Hz. A faixa de percepção do ruído de vazamento facilmente audível está entre 500 a 2000 Hz. Percebe-se, por esses dados, que o geofone eletrônico é mais eficiente.

Assim sendo, todos os locais onde se localizavam os vazamentos visíveis ou não, foram sinalizados com marcação no local pela equipe de pesquisas, em seguida foi feito a abertura de ordem de serviço para que a equipe de manutenção realizasse o serviço solucionando os problemas em cada endereço, conforme Figura 17.

Para os vazamentos encontrados, antes de iniciar a manutenção, foram realizadas descargas de água nas redes distribuidoras, para que posteriormente, iniciasse a escavação dos locais demarcados com a utilização de uma retroescavadeira, encontrando-se a rede danificada e realizando o reparo necessário, conforme Figuras 18 e 19.

Figura 20 – Vazamento na rua Sta Terezinha



Figura 21 – Vazamento na rua Santa Cruz



Figura 22 – Vazamento na rua São Francisco



Figura 23 – Vazamento na rua Sto Antônio



Figura 24 – Vazamento na rua São Tomé



Figura 25 – Vazamento na rua São João



Figura 26 – Vazamento na rua S. Marcos-A



Figura 27 – Vazamento na rua S. Marcos-B



Fonte: Macedo (2022).

Em agosto de 2021, foi desenvolvida uma planilha no *software* Excel, com o intuito de auxiliar na identificação de ruas com maior índice de vazamentos. O preenchimento dessa planilha ocorreu por meio de dados de ordens de serviços geradas na COPASA-MG, tendo como resultado um mapa de calor, onde foi possível gerar um ponto específico no mapa com o intuito de rastrear as áreas em que está ocorrendo as perdas de água em todos os bairros de Montes Claros-MG, conforme Figura 28.

Percebe-se, de maneira geral, que os vazamentos de água causam grandes perdas no sistema de distribuição, trazendo impactos negativos na natureza, sendo que o mapa de calor serve como um instrumento para a visualização e concentração dos problemas levantados, de modo a subsidiar ações de melhoria, manutenção e solução do problema.

A Figura 29 apresenta o mapa de calor com os vazamentos de janeiro de 2021 a outubro de 2022 na região do bairro Todos os Santos. A partir desse mapa, foi possível identificar as ruas com maior índice de vazamentos e atuar nos locais específicos de modo a reduzir as perdas no sistema de distribuição. Dessa forma, verificou-se a necessidade de uma atuação diferenciada voltada para a redução das perdas no setor, como por exemplo a pesquisa de vazamentos realizadas neste trabalho.

Figura 28 – Mapa de Calor com Vazamentos dos bairros de Montes Claros-MG

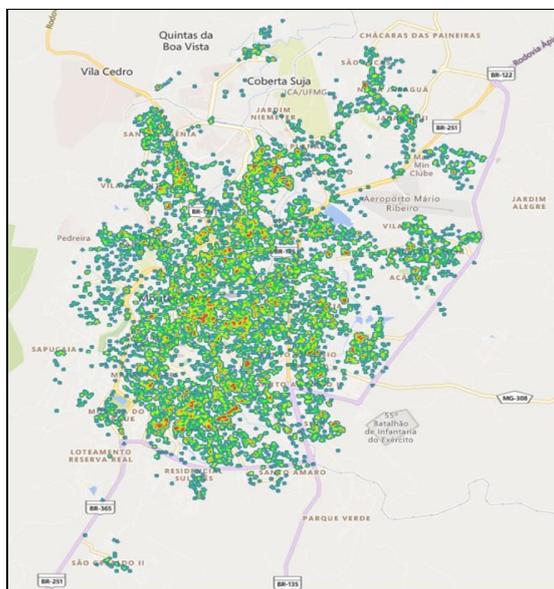
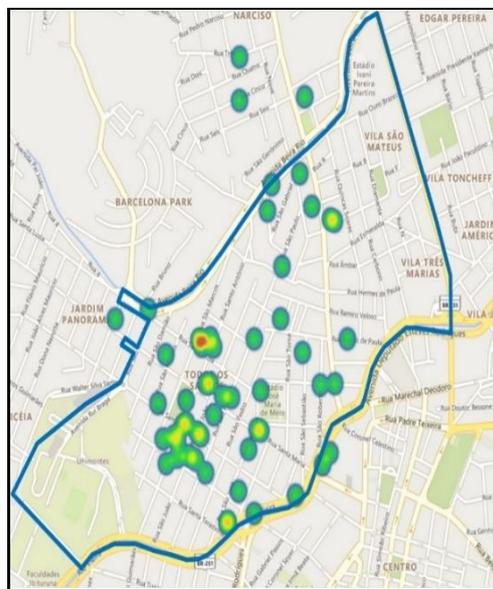


Figura 29 – Vazamentos do Bairro Todos os Santos. Janeiro/2021 a Setembro/2022

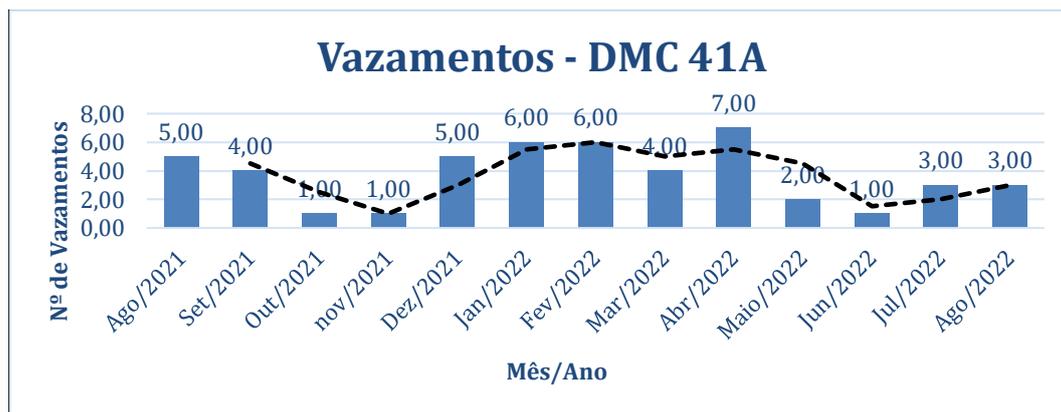


Fonte: COPASA-MG (2022); Macedo (2022).

A Figura 30 apresenta o quantitativo de vazamentos ocorridos no DMC-41 A, isto é, no bairro Todos dos Santos. Observa-se nesse gráfico que nos períodos de agosto de

2021 a agosto de 2022, ocorreram oscilações no quantitativo de vazamentos da rede e/ou ramal, uma vez que os valores foram alterando conforme abertura de ordens de serviços geradas, estudo, detecção e solução do problema. Destaca-se que em abril/2022 foram realizados estudos de vazamentos nas ruas do bairro Todos os Santos, onde houve uma queda de vazamentos no período de maio a agosto/2022.

Figura 30 – Vazamentos de 2021/2022 – Bairro Todos os Santos.



Fonte: Macedo (2022); COPASA-MG (2022).

A ação de controle da pressão reduz a taxa de vazão de todos os vazamentos em redes e ramais. Tal ação fará com que as redes suportem um intervalo de tempo maior sem ocorrer danos nas mesmas, devido não estarem submetidas a pressões extremas, ou seja, vão estar sujeitas a quantidades que irão prolongar sua vida útil.

Outra maneira de se verificar as perdas no sistema é por meio da elaboração de balanço hídrico, para o qual utilizou-se o *software* do Banco Mundial *WB- EasyCalc*. O estudo consistiu em determinar as perdas físicas e aparentes do DMC-41A por meio do cálculo do balanço hídrico, de modo a identificar o volume de entrada no setor, o volume micromedido, o consumo medido e não medido, a descarga de rede, dentre outros, conforme Figura 31.

Assim, foi possível observar que as perdas totais foram de 269.785 m³/ano com margem de erro de 4,6%, subdividindo-se em 29.668 m³/ano, para perdas aparentes, e 240.117 m³/ano para perdas reais (físicas), observando-se, portanto, que no setor 41A, em 2022, as perdas predominantes foram as reais.

É importante destacar que é alto o índice de perdas no sistema de distribuição de água no setor em estudo, conforme apresentado nas pesquisas de vazamentos e cálculo do balanço hídrico.

Figura 31. Balanço Hídrico em m³/ano - DMC 41A.

Volume de Entrada no 498.774 m³/ano Margem de erro [+/-] 2,5%	Consumo autorizado 228.989 m³/year Margem de erro [+/-] 0,1%	Consumo autorizado faturado 227.633 m³/ano	Consumo medido faturado 227.633 m³/year	Água faturada 227.633 m³/ano	
			Consumo não medido faturado 0 m³/year		
	Perdas de água 269.785 m³/ano Margem de erro [+/-] 4,6%	Consumo autorizado não faturado 1.356 m³/year Margem de erro [+/-] 10,0%	Consumo medido não faturado 0 m³/year	Consumo não medido não faturado 1.356 m³/year Margem de erro [+/-] 10,0%	Água não faturada 271.141 m³/ano Margem de erro [+/-] 4,6%
		Perdas Aparentes 29.668 m³/year Margem de erro [+/-] 3,5%	Consumo não autorizado 7.155 m³/year Margem de erro [+/-] 10,8%	Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 22.513 m³/year Margem de erro [+/-] 3,0%	
			Perdas Reais 240.117 m³/year Margem de erro [+/-] 5,2%		

Fonte: COPASA-MG (2022).

Sendo assim, faz-se necessário realizar e propor medidas como forma de combate e controle as perdas, como, dentre outras, as descritas a seguir: (1) substituir hidrômetros para que seja obtida uma melhor precisão dos volumes de água entregues aos consumidores; (2) realocar os hidrômetros residenciais para a parte frontal da casa, utilizando proteção e lacre de modo a evitar ligações clandestinas e fraudes; (3) monitorar e conferir o Macromedidor instalado, reparar e consertar imediatamente quando constatado com defeito; (4) realizar pesquisas de vazamentos preventivos em pontos estratégicos por meio da análise do mapa de calor; (5) realizar os consertos, manutenções e reparos com agilidade e qualidade no serviço; (6) subdividir o DMC com a implementação de mais um setor e instalar uma nova Válvula Redutora de Pressão; (7) realizar a substituição de redes e ramais antigos;

Algumas das ações acima citadas, foram realizadas no estudo no bairro Todos os Santos, como forma de combate e correção das perdas de água no sistema, conforme descrito ao longo do trabalho. Segundo Martendal (2020), para que haja melhoria dos indicadores de desempenho, e também a redução dos volumes de perdas, faz-se necessário um controle ativo de vazamentos, agilidade e qualidade na realização dos reparos, atualização do cadastro dos consumidores, substituição de hidrômetros e fiscalização nos setores. Além disso, Yoshimoto (2015), destaca que para ocorrer o combate às perdas é preciso de profissionais capacitados, substituição de hidrômetros defeituosos e padronização, estudos de viabilidade de setorização, instalação de válvulas

reduzoras de pressão, equipamentos de pesquisas adequados juntamente com a sua manutenção para que seja constatada a ocorrência dos problemas e assim solucioná-los.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, conclui-se que a redução de perdas reais por meio do gerenciamento e controle de pressões é um elemento de grande eficácia por atuar na causa geradora dos vazamentos, que são as pressões elevadas e suas grandes oscilações. O setor DMC -41A, conta com a instalação de uma VRP, atuando com as pressões no ponto crítico, conforme a NBR 12218:2017, com no mínimo 10 mca, sendo monitorada pelo sistema interno da COPASA-MG, considerando uma redução de 3,4 L/s após a sua implementação no bairro em estudo. Além disso, foi realizado o cálculo de fator de pesquisa, com base nas vazões médias e mínima noturna, com um percentual de 92,32%, tendo como resultado uma situação crítica no bairro Todos os Santos, onde foram feitas diversas pesquisas de vazamentos, encontrando-se vazamentos visíveis aflorados no asfalto e passeio e vazamentos não visíveis, por meio de equipamentos adequados, ambos em ramais e redes, sendo demarcados e corrigidos imediatamente, com o intuito de combater as perdas geradas no sistema de distribuição de água e obter uma maior eficiência e efetividade nos serviços prestados aos consumidores.

O mapa de calor do bairro, foi uma ferramenta fundamental, auxiliando na localização e detecção de locais com maior índice de vazamentos. E mediante o cálculo do balanço hídrico é notório que as perdas de maior predominância foram as reais com 240.117 m³/ano, oriundas de vazamentos em redes de distribuição e ramais. No entanto, não se pode deixar de destacar as perdas aparentes, que são significativas e que totalizam 29.668 m³/ano, decorrentes de sub medições de hidrômetros, fraudes, falhas no cadastro.

Dessa forma, visando minimizar os impactos decorrentes das perdas no sistema de distribuição de água, propõe-se medidas como investigação no local para a substituição de hidrômetros com idade superior a cinco anos de fabricação, um estudo da subdivisão do DMC-41A para uma nova instalação de uma VPR, substituição de redes e ramais antigos, novas pesquisas de vazamentos em pontos estratégicos, monitoramentos e reparos no macro medidor instalado, treinamentos da equipe para uma melhor eficiência na resolução dos problemas.

Agradecimentos

Um dos autores agradece à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) pela disponibilização de dados e informações, sem os quais não seria possível o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.003:** Tintas – Determinação da aderência, 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218:** Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, 2017.

ALEGRE, H. (2010) Is strategic asset management applicable to small and medium utilities? **Water Science & Technology**, v. 62, n. 9, p. 2051-2058. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2010.509>.

API. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **STD 598:** Valve Inspection and Testing, 10 Th edition, 2016.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, p. 3-7.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Painel de indicadores (ano base 2022), 2023. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua?codigo=3143302. Acesso em: 24 jun.2024.

CARDOSO, M.A.; SILVA, M.S.; COELHO, S.T.; ALMEIDA, M.C.; COVAS, D.I.C. Urban water infrastructure asset management - a urban water infrastructure asset management. **Water Science & Technology**, v.66 (12), p.2702-2711, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2012.509>.

COPASA-MG. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Projeto piloto de controle de perdas:** Auditoria operacional, estratégia, metas e planos de ação do sistema de abast. de água de Montes Claros/MG - COPASA-MG (2022).

GARDINALI, L.P.; MANZI, D. **Redução de vazamento após instalação de VRP's na cidade de Itapira – SP.** In: Poços de Caldas: XIX Exposição de experiências municipais em saneamento, 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022:** Panorama. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panoramautm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal. Acesso em: 16 mai. 2024.

HASSANEIN, A.A.G.; KHALIFA, R.A. Financial and operational performance assessment: Water/wastewater Egyptian utilities. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 27, n. 4, p. 285-295, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1177/0143624406070664>.

KATJA, H.; ZIEGLER, D.; HAPPICH, L. Water loss reduction through pressure management. In: Capacity development for drinking water loss reduction: challenges and experiences. United Nations University. **56 UN-Water Decade Programme on Capacity Development** (UNW-DPC). 184p. Munich, 2011.

KUSTERKO, S.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L.; CHAVES, L.C. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Eng. Sanitária Ambiental** 23 (03), May-Jun, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018156436>.

LEAL, B.L. **Viabilidade de reuso de águas cinza, estudo de caso em condomínio vertical em Cuiabá-MT**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 63 f., 2013. Disponível em: <https://ri.ufmt.br/handle/1/1305>. Acesso em: 26 jun. 2023.

MACEDO, W.S. **Redução de pressão como forma de combate à perda de água no sistema de distribuição do bairro Todos os Santos – Montes Claros-MG**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Montes Claros-UNIMONTES, 2022.

MALMQVIST, P.A.; PALMQVIST, H. Decision support tools for urban water and wastewater systems - Focussing on hazardous flows assessment. **Water Science & Technology**, v.51 (8), p. 41-49, 2005.

MARTENDAL, M.F. Controle operacional do SAA de águas mornas. **Estudo de caso para controle e redução de perdas de água**. Palhoça, 2020. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/15398/1/TCC_Mois%20a9s_RIUNI.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

MCKENZIE, R.; SEAGO, C. Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. **Water Sc. and Technology**, v.5(1), p.33-40, 2005.

MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009) Water loss management in developing countries: challenges and prospects. **Journal American Water Works Association**, v.101 (12), p.57-68., 2009.

MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Methods and tools for managing losses in water distribution systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.139 (2), 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000245](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000245).

PALME, U.; TILLMAN, A.M. Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities? **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1346-1357, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.07.001>.

PMSS. PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO. **Biblioteca Virtual**. Brasília, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/pmss>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SCHULZ, M.; SHORT, M.D.; PETERS, G.M. A streamlined sustainability assessment tool for improved decision making in the urban water industry. **Integrated Envir. Ass. & Management**, v.8(1), p.183-193, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/ieam.247>.

SCHWALLER, J.; VAN ZYL, J.E. Modeling the pressure-leakage response of water distribution systems based on individual leak behavior. **Journal of Hydraulica Engineering**. v.141 (5), 2014. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000984](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000984).

SILVA, F. J. A. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Rev. Tecnol.**, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 1-11, jun. 2005. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/104/4413>. Acesso em: 03 jun. 2023.

STRIANI, D.; LOPES, A.F. Redução e controle de perdas físicas de água através da implantação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) com Controle inteligente, pesquisa e eliminação de vazamentos no município de São Caetano do Sul/SP. 2005. 6f. **Trabalho Técnico**. Departamento de Água e Esgoto, São Caetano do Sul, 2005.

THORNTON, J.; LAMBERT, A. Progress in practical prediction of pressure: Leakage, Pressure: Burst Freq. & Pressure: **Consumption Relat.** 10p. Halifax, 2005.

UNESCO.WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados (**World Water Development Report – WWDR**). Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em 01 abr. 2024.

YOSHIMOTO, M. K. **Diagnóstico e proposição de medidas para o controle das perdas de água no sistema de abastecimento de Guaratinguetá (SP)**. Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139154/000864717.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 set. 2023.