MODELO DE OPERAÇÃO NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA: INTERMITÊNCIA E ABASTECIMENTO CONTÍNUO COM REDUÇÃO DE PRESSÃO

Braulio Limonta[(1)]
Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP.
Gerente de Saneamento da Trail Infraestrutura.
Renato Carlos Zambon[(2)]
Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP

Endereço[(1)]**:** Rua Antonio Alves Silva, 4009 – Vila Exposição - Franca – São Paulo - CEP: 14405-455 - Brasil - Tel: +55 (11) 97360-4483 - e-mail: blimonta@usp.br

RESUMO

Durante 2014 e 2015, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com mais de 20 milhões de habitantes e 39 municípios, enfrentou uma grave crise hídrica. A seca extrema afetou principalmente as bacias do sistema Cantareira, responsáveis por quase metade do fornecimento de água da região. Para evitar a adoção de um sistema de rodízio que resultaria em abastecimento de água intermitente e traria riscos à saúde pública, bem como danos à infraestrutura de distribuição, medidas inovadoras foram implementadas. Estas incluíram a redução da pressão da água durante a noite, iniciativas para diminuir perdas e o consumo de água, e obras emergenciais para ampliar o sistema existente. Essas intervenções visavam minimizar o impacto da crise, reduzindo os vazamentos e a contaminação da água, e mantendo uma distribuição mais constante e segura. Este estudo propõe um modelo hidráulico que transforma áreas com fornecimento de água descontínuo em abastecimento contínuo, combinando redução de consumo, minimização de perdas, e ajuste de pressões e demandas, para melhor enfrentar estas situações.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, Crise hídrica, Perdas de água.

INTRODUÇÃO

O A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), uma das maiores aglomerações urbanas do mundo e a mais populosa do Brasil, enfrenta desafios significativos em relação ao abastecimento de água devido à sua densidade populacional elevada, ao rápido crescimento urbano e aos impactos das mudanças climáticas. Entre 2014 e 2015, a RMSP vivenciou uma das suas mais severas crises hídricas, exacerbada por uma estiagem prolongada que afetou drasticamente os principais sistemas de reservatórios, especialmente o Sistema Cantareira, que é responsável por fornecer água a quase metade de sua população de mais de 20 milhões de habitantes (ANA, 2014).

Essa crise hídrica não foi um evento isolado, mas um reflexo de um problema global crescente, onde regiões metropolitanas enfrentam desafios crescentes para garantir um fornecimento de água sustentável e seguro. Estudos anteriores já haviam destacado a vulnerabilidade de São Paulo a períodos de seca intensa, prevendo que variações no padrão de precipitação poderiam resultar em crises hídricas severas (Ambrizzi; Coelho, 2018). A crise de 2014-2015 ilustrou dramaticamente essas previsões, expondo a fragilidade de um sistema altamente dependente de fontes de água sujeitas a flutuações climáticas extremas.

A situação foi agravada por um histórico de planejamento inadequado e falta de investimentos em infraestrutura de água. A RMSP, como muitas outras grandes cidades, expandiu-se rapidamente sem o correspondente desenvolvimento de infraestrutura para suportar seu crescimento. Isso resultou em um sistema de abastecimento que não só estava vulnerável a variações climáticas, mas também era ineficiente e perdia uma quantidade significativa de água devido a vazamentos e infraestrutura obsoleta (Tucci, 2009).

Diante desta crise, tornou-se evidente a necessidade de desenvolver abordagens mais resilientes e adaptativas para a gestão de recursos hídricos. O presente estudo se insere neste contexto, propondo o desenvolvimento de um modelo hidráulico com regras de operação específicas para situações emergenciais. Este modelo visa transformar setores de

redes de distribuição que estariam sujeitos ao abastecimento descontínuo em sistemas de fornecimento contínuo, utilizando tecnologias avançadas e práticas de gestão integrada de recursos hídricos (Klingel; Nestmann, 2014).

O modelo proposto no estudo foi inspirado em iniciativas similares implementadas em outras partes do mundo, onde soluções inovadoras demonstraram capacidade de melhorar a resiliência dos sistemas de abastecimento de água. Por exemplo, a implementação de redes inteligentes e a utilização de técnicas de telemetria avançada permitiram a detecção precoce de vazamentos e a otimização da pressão na rede, reduzindo perdas e melhorando a eficiência (Cabrera-Bejar; Tzatchkov, 2009).

Além de propor um modelo técnico, este trabalho também considera o aspecto humano da gestão de água. A crise hídrica de São Paulo afetou milhões de pessoas, muitas das quais sofreram com cortes de água e limitações no consumo diário. A inclusão de estratégias de comunicação eficazes e de políticas públicas que promovam o uso consciente da água é essencial para garantir que as soluções técnicas sejam aceitas e efetivas na prática.

O objetivo deste trabalho é, portanto, não apenas propor uma metodologia de operação que previna a interrupção do fornecimento de água e otimize o uso dos recursos hídricos disponíveis, mas também considerar as dimensões social, econômica e ambiental da gestão de água. Espera-se que o modelo desenvolvido contribua para a sustentabilidade hídrica da RMSP e sirva como referência para outras regiões que enfrentam desafios similares.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar a eficácia de um modelo hidráulico consolidado que transforma o fornecimento de água de intermitente para contínuo na Região Metropolitana de São Paulo, empregando a operação com pressão reduzida para otimizar o uso dos recursos hídricos e minimizar perdas, melhorando assim a eficiência do sistema durante períodos de crise hídrica.

METODOLOGIA UTILIZADA

Este estudo emprega uma abordagem mista que combina modelagem hidráulica com análise de dados empíricos para desenvolver e validar um modelo operacional para situações emergenciais de abastecimento de água. A metodologia é dividida em várias etapas, cada uma projetada para garantir que o modelo seja robusto, eficaz e aplicável à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Caracterização da Área de Estudo

Neste estudo, foram implementadas iniciativas para combater as perdas de água em um Distrito de Medição e Controle (DMC), localizado na região metropolitana de São Paulo. Esta área específica está inserida em um setor de abastecimento que utiliza o controle de pressão para otimizar a distribuição de água. O DMC desempenha um papel crucial na redução da pressão excessiva nas tubulações, o que, por sua vez, minimiza vazamentos e rupturas, contribuindo significativamente para a eficiência do sistema de abastecimento.

A região onde o DMC foi instalado é predominantemente residencial, caracterizada por vielas estreitas e ligações de água frequentemente irregulares, o que representa um desafio adicional para a gestão do abastecimento. A rede de distribuição nesta área abrange uma extensão total de 3,5 km e possui 210 ligações de água formalmente cadastradas. A implementação do DMC não só ajuda a regular a pressão da água, mas também facilita a identificação de problemas nas ligações, permitindo uma resposta mais rápida e eficiente a quaisquer irregularidades detectadas.

Figura 1 - Setorização da VRP antes e depois das intervenções realizadas



Fonte: Wietzke Júnior et al., 2021

Quanto ao histórico de operação, a DMC foi instalada em 2016 com o objetivo de otimizar o controle de pressão e reduzir as perdas de água na região. No entanto, o último relatório de vistoria, datado de 2019, indicava que a DMC estava inoperante. Essa condição persistiu até a retomada das operações em 2019, momento em que foram realizados os serviços necessários para restabelecer sua funcionalidade. A retomada das operações foi fundamental para a melhoria do sistema de abastecimento de água na área, proporcionando uma gestão mais eficiente e a redução de desperdícios.

A VRP da DMC em questão possui um diâmetro de 50 mm e está instalada em uma rede de 75 mm, o que é adequado para as características da rede de distribuição local. Antes dos serviços executados na área, o ponto crítico (PC) encontrava-se na própria VRP, representando uma vulnerabilidade significativa no sistema de abastecimento. Com a execução dos serviços, foi possível não apenas restaurar a operação da DMC, mas também reforçar a infraestrutura existente, mitigando o risco de novas interrupções e garantindo uma distribuição de água mais estável e confiável para os moradores da região.

O balanço hídrico simples inicial, comparando os volumes macro e micromedidos no setor, revelou um índice de perdas (IP) de 89% no primeiro monitoramento, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Balanço Hídrico do setor no monitoramento inicial

Mês	Monitoramento Inicial
Macro medido (m^3)	14.600
Micro medido (m^3)	1.600
Índice de Perdas - IP	89%
Perdas por ligação (L/ligação.dia)	2.239

Consumo Per Capita (L/hab.dia)	137

Fonte: elaboração própria

A implementação da operação intermitente no Distrito de Medição e Controle (DMC) tornou-se uma medida imprescindível diante do alarmante índice de perdas de 89%. Este elevado índice de perdas, majoritariamente causado por vazamentos e rupturas nas tubulações, demanda uma abordagem rigorosa para assegurar a eficiência e a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água.

Demonstração da Eficácia do Modelo Hidráulico

Para abordar e atenuar os desafios enfrentados na região do Distrito de Medição e Controle (DMC), foi empregado um modelo hidráulico avançado desenvolvido no software EPANET. Esse modelo facilitou a simulação detalhada do comportamento hidráulico e da qualidade da água na rede de distribuição sob variadas condições operacionais. Através deste processo, foram incorporadas variáveis essenciais como pressões de rede, padrões de demanda e taxas de fluxo, que foram calibradas com dados operacionais atuais e estudos relevantes das características das redes de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A execução deste modelo hidráulico detalhado provou ser decisiva para a análise e a implementação de intervenções eficazes na rede de distribuição de água. Utilizando este modelo, foi possível simular diversos cenários operacionais e avaliar o impacto das ações de controle e mitigação propostas. Essa capacidade de simulação e ajuste conforme dados operacionais em tempo real destacou problemas rapidamente e possibilitou a experimentação de soluções antes de implementá-las efetivamente.

Essa abordagem não apenas aprimorou a eficiência das ações tomadas, mas também garantiu que as estratégias de intervenção fossem precisas e eficazes, resultando em melhorias significativas na qualidade e na confiabilidade do abastecimento de água. A integração de dados reais e a calibração cuidadosa do modelo fortaleceram sua confiabilidade, tornando-o uma ferramenta valiosa na tomada de decisão e na gestão sustentável dos recursos hídricos da região, beneficiando diretamente a comunidade local.

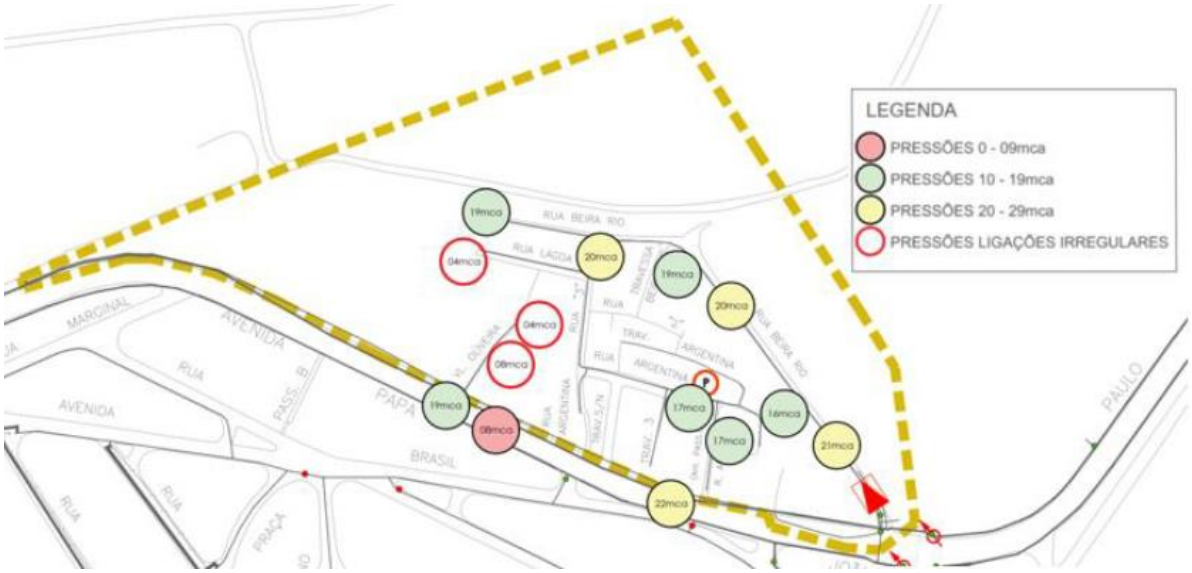
Implementação de Estratégias de Gestão

A região do DMC apresentou desafios significativos desde o início das ações contratuais, principalmente devido ao elevado número de ligações irregulares, que impedia a operação adequada da válvula redutora de pressão (VRP). O desabastecimento de alguns imóveis durante as tentativas de modulação da VRP evidenciou complicações severas relacionadas às perdas.

A primeira ação foi o fechamento dos limites do setor para garantir a estanqueidade da área de influência. Em seguida, foi instalada um macromedidor junto ao barrilete da VRP para obter dados consistentes sobre o recém-implantado distrito de macromedição (DMC). Este macromedidor facilitou o monitoramento e a assertividade da vazão de entrada do setor, auxiliando na parametrização necessária para a modulação das saídas de pressão da VRP e na identificação das áreas com maior índice de perdas. Adicionalmente, foi instalado um controlador inteligente de VRP, permitindo o controle remoto do equipamento e a distribuição da água conforme a demanda de consumo ao longo do dia. Um *datalogger* foi também instalado para monitorar o ponto crítico (PC) do setor, possibilitando a medição da pressão de chegada no cavalete do imóvel em intervalos de 15 minutos.

Com todos os equipamentos instalados, o by-pass da VRP foi fechado e ela ficou 100% aberta para a realização de medições detalhadas dentro do setor. Durante esta etapa, foi realizada uma manometria para análise das pressões, revelando discrepâncias significativas nos valores obtidos em moradias vizinhas, o que evidenciou a existência de irregularidades em diversos imóveis. O mapa de pressões obtido nesta medição está apresentado na Figura 2, mostrando que o ponto crítico era abastecido com uma pressão de 17 metros de coluna de água (mca), enquanto as pressões mais baixas, de 4 mca, foram verificadas em ligações irregulares. Cabe ressaltar que, segundo a NBR 12.218, a pressão mínima exigida para abastecimento público é de 10 mca (ABNT, 2017).

Figura 2 - Pressões na DMC antes das intervenções



Fonte: Wietzke Júnior et al., 2021

Intervenções e Regularizações

As intervenções realizadas incluem regularizações de ligações, reparos de cavaletes e substituições de hidrômetros, entre outros, cada um desempenhando um papel vital na redução de perdas e na melhoria da infraestrutura da rede. A Tabela 2 apresenta o quantitativo dos serviços realizados no setor da DMC, essenciais para alcançar os resultados discutidos na próxima seção.

Tabela 2 - Quantitativo dos serviços realizados no setor da DMC

SERVIÇOS REALIZADOS	QUANTIDADE
Regularização de ligações	362
Reparo de cavalete	17
Reparo e troca de ramal	362
Reparo de rede de água	5
Troca/Instalação de hidrômetro	306

Fonte: elaboração própria

Com a VRP em operação e os vazamentos reparados, a etapa final das intervenções focou em sanar as demais vulnerabilidades do setor. Redes em condições precárias foram desativadas e substituídas por novas tubulações. Além disso, foi realizada uma campanha intensiva para a regularização das ligações irregulares, prevalentes devido à vulnerabilidade social da região. A ação social desenvolvida pela companhia de abastecimento de água local facilitou essa regularização, com a doação de caixas d'água UMA e a aplicação de tarifa social para usuários que comprovassem sua situação por meio de cadastramento.

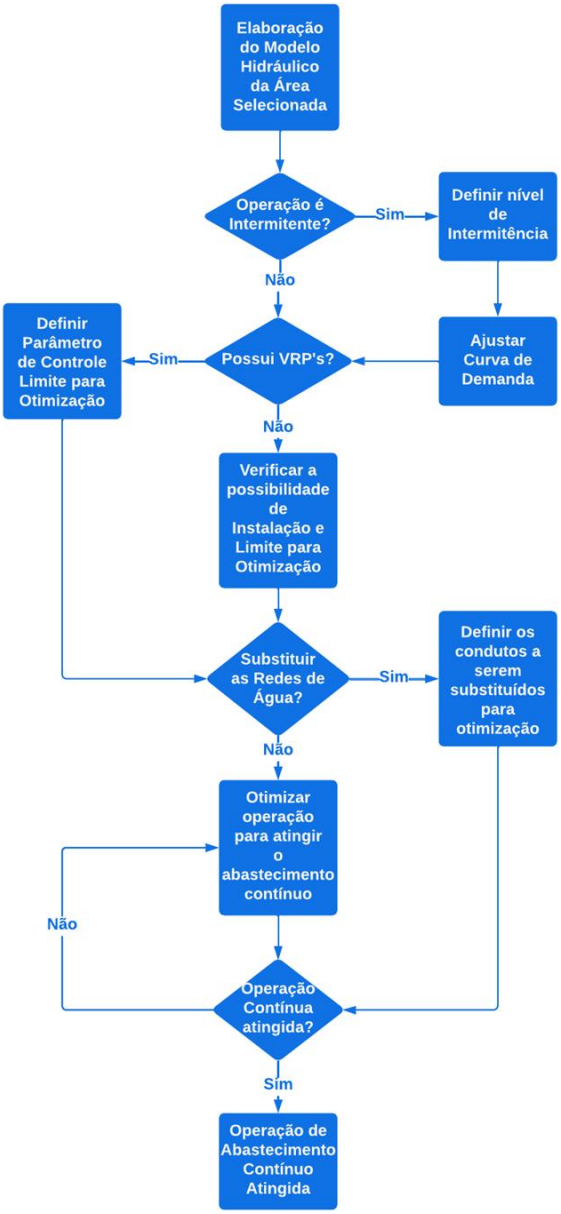
Estas intervenções não só melhoraram a eficiência e a sustentabilidade do sistema de abastecimento, mas também contribuíram para a equidade no acesso à água, um recurso essencial para a vida. Os resultados obtidos demonstram a importância de uma abordagem integrada e coordenada para a gestão das redes de distribuição de água, especialmente em áreas com desafios significativos como a região do DMC.

Análise de Impacto

Para avaliar os benefícios socioeconômicos e ambientais das estratégias implementadas, foi realizada uma análise de impacto abrangente. Utilizando técnicas de análise custo-benefício, foram quantificadas as melhorias em termos de redução de custos operacionais, aumento da satisfação dos usuários e conservação de recursos hídricos. A análise revelou que as intervenções não apenas reduziram significativamente as perdas de água, mas também melhoraram a confiabilidade e a resiliência do sistema de abastecimento. Os benefícios econômicos incluíram a redução dos custos de operação e manutenção, devido à menor frequência de reparos e à otimização do uso de recursos. Os benefícios sociais e ambientais foram evidentes na forma de um fornecimento de água mais sustentável e na redução do impacto ambiental associado à extração e ao tratamento de água. Estes resultados forneceram dados valiosos para os tomadores de decisão, auxiliando no planejamento de políticas e investimentos futuros para garantir a sustentabilidade a longo prazo do sistema de abastecimento de água na RMSP (Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2001).

O processo de estudo acima descrito se encontra esquematizado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da Metodologia



Fonte: elaboração própria

RESULTADOS OBTIDOS

As ações implementadas na região resultaram em melhorias significativas e mensuráveis, conforme o monitoramento de diversos parâmetros essenciais na determinação dos indicadores de perdas. Os reparos de vazamentos e a substituição de redes e ramais proporcionaram uma redução substancial das perdas reais (ou físicas), resultando em uma diminuição de 56% no volume disponibilizado (VD) necessário para atender à demanda da região. Adicionalmente, a regularização das ligações irregulares, a substituição de hidrômetros e as transformações realizadas contribuíram para a redução das perdas aparentes, que correspondem ao volume disponibilizado pela concessionária e não retornado em faturamento.

A regularização de 385 ligações em situação de inconformidade, das quais 175 foram novas ligações, representou um aumento de 83% no número total de ligações, em relação ao número inicial, e gerou um incremento de 176% no volume utilizado (VU), resultando em um aumento significativo no faturamento da concessionária. Ademais, o volume perdido (VP) no setor caiu drasticamente de 13.100 m³/mês para 2.060 m³/mês, correspondendo a uma redução de 84%.

Todos os resultados mencionados estão compilados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados Obtidos

Mês	Monitoramento Inicial	Monitoramento Após as Ações	Resultado
Macro medido (m³)	14.600	6.500	-55%
Micro medido (m³)	1.600	4.440	178%
Índice de Perdas - IP	89%	32%	-64%
Perdas por ligação (L/ligação.dia)	2.239	350	-84%
Consumo Per Capita (L/hab.dia)	136,75	123,33	-10%

Fonte: elaboração própria

Ademais, é fundamental demonstrar os resultados obtidos através de cada ação desempenhada, destacando sua contribuição específica para a eficiência geral do sistema. As ações comerciais, que incluíram a troca de hidrômetros e a regularização de ligações, foram responsáveis por 26% dos resultados imediatos obtidos. Estas medidas, embora focadas na precisão do faturamento e na legalidade das conexões, também contribuíram para uma redução significativa das perdas aparentes, assegurando que o volume de água faturado refletisse mais precisamente o consumo real.

Por outro lado, a ação que demonstrou o melhor desempenho foi a modulação da VRP, responsável por uma economia impressionante de 8.100 m³/mês no setor, o que representa 74% do total de reduções alcançadas. A eficácia desta intervenção decorre do papel crucial que a operação da válvula desempenha no controle de pressão dentro das tubulações. Ajustar a pressão para níveis ótimos é essencial para prevenir vazamentos, especialmente em áreas com infraestrutura antiga ou danificada, e para garantir a regularização efetiva das ligações, evitando sobrecargas que podem resultar em rupturas ou outros problemas sistêmicos.

Tabela 4 – Impacto das Ações

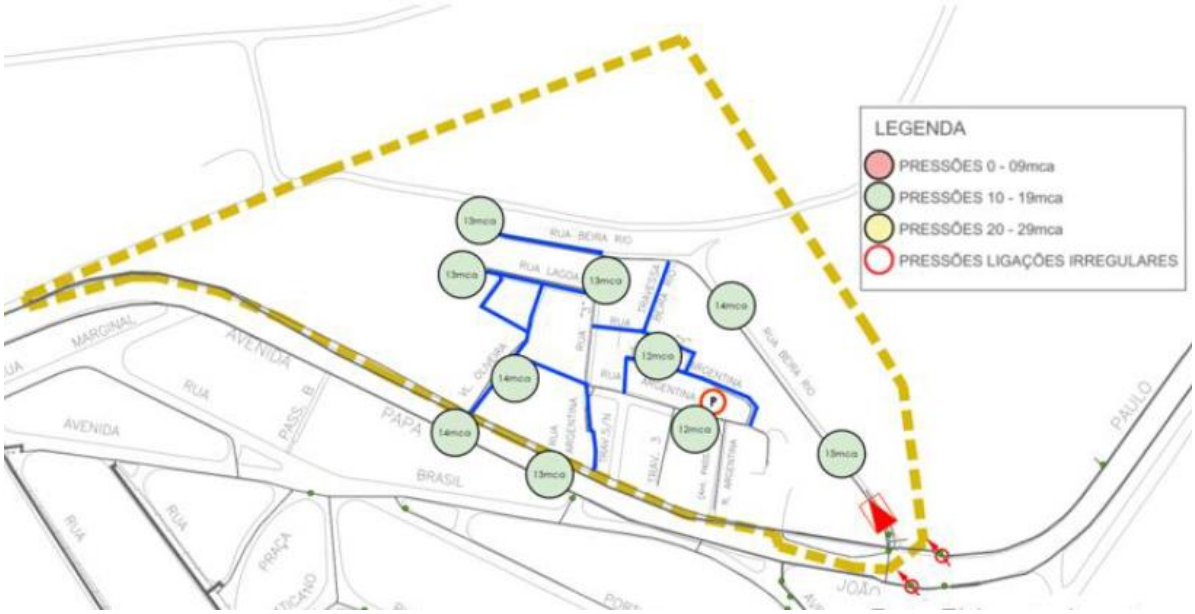
Ação	Impacto em Redução de Perdas (%)	Volume Economizado (m³/mês)
Troca de Hidrômetros	26%	3.900
Modulação da VRP	74%	8.100

Fonte: elaboração própria

Após a implementação das intervenções detalhadas anteriormente, procedeu-se à nova medição das pressões no setor, cujos resultados estão ilustrados no mapa da figura 4. Observou-se uma redução significativa na pressão no ponto crítico, que alcançou 12 metros de coluna de água (mca), valor este mais alinhado com o recomendado pela norma NBR 12.218. Além disso, as ligações anteriormente irregulares passaram a ser abastecidas com pressões consideradas adequadas. A uniformização das pressões em todo o setor não apenas otimiza o desempenho operacional do sistema de distribuição, mas também desempenha um papel crucial na preservação da integridade física das tubulações, minimizando riscos de rupturas ou vazamentos devido a pressões excessivamente altas ou baixas.

Esta melhoria na gestão da pressão das redes de distribuição reflete diretamente na eficiência do sistema hidráulico, facilitando uma distribuição de água mais homogênea e segura. Com a equilibração das pressões em todo o setor, assegura-se que as tubulações operem dentro de faixas de pressão seguras, estendendo a vida útil da infraestrutura e reduzindo a necessidade de manutenções frequentes. Este cenário não apenas contribui para a sustentabilidade econômica do sistema de abastecimento, como também promove uma melhor conformidade com padrões técnicos estabelecidos, garantindo um serviço de fornecimento de água mais eficaz e confiável para a população atendida.

Figura 4 – Pressões da DMC após ações



Fonte: Wietzke Júnior et al., 2021

Por fim, é relevante analisar os resultados obtidos em relação à sustentabilidade. As ações implementadas não só mitigaram as perdas reais e aparentes, mas também promoveram um uso mais racional da água. Reduzir o desperdício de um recurso natural tão vital, especialmente em regiões urbanas densamente povoadas, tem um impacto direto na sustentabilidade ambiental e na resiliência hídrica da comunidade. O foco em reparar ou substituir trechos de tubo com trincas, bem como em corrigir conexões irregulares em ramais e cavaletes, contribui para a integridade e eficiência do sistema de distribuição como um todo.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADO

A análise dos resultados das intervenções no Distrito de Medição e Controle (DMC) revela impactos significativos na redução de perdas e na melhoria da eficiência do sistema de abastecimento de água, especialmente no contexto da transição da operação intermitente para contínua. Esta seção detalha os principais achados, com base nas ações implementadas e nos dados coletados, apresentando uma visão abrangente dos benefícios alcançados.

A mudança da operação intermitente para contínua exigiu uma série de intervenções estruturais e operacionais para assegurar a estabilidade do fornecimento e minimizar as perdas de água. A implementação de ações como o fechamento dos limites do setor, a instalação de macromedidores e controladores inteligentes de válvulas redutoras de pressão (VRP), além da regularização de ligações irregulares, resultou em uma redução substancial das perdas de água. Os dados indicam que o volume perdido no setor reduziu drasticamente, correspondendo a uma queda de 84%. Esta redução é particularmente relevante dado o índice inicial de perdas extremamente elevado. A diminuição das perdas reais foi facilitada pelos reparos de vazamentos e a troca de redes e ramais, reduzindo o volume necessário para atender à demanda da região.

A regularização das ligações irregulares teve um impacto significativo na eficiência do sistema e na sustentabilidade econômica da concessionária. Foram regularizadas 362 ligações, incluindo a instalação de 306 hidrômetros e o reparo de 17 cavaletes. Esta ação levou a um aumento de 83% no número de ligações formalmente cadastradas, refletindo um incremento substancial no volume utilizado. Consequentemente, houve um aumento significativo no faturamento da concessionária, melhorando a viabilidade financeira do sistema de abastecimento. A regularização das ligações não só reduziu as perdas aparentes, mas também assegurou que mais usuários contribuíssem para o custo do fornecimento de água, promovendo uma distribuição mais justa e equitativa dos recursos.

A instalação de um datalogger para monitoramento do ponto crítico do setor, com medições realizadas em intervalos de 15 minutos, permitiu um controle mais preciso e dinâmico das pressões na rede. As medições de pressão revelaram discrepâncias significativas, com pressões variando de 4 mca em ligações irregulares a 17 mca no ponto crítico. Esta variabilidade indicou a necessidade de ajustes na modulação da VRP para assegurar pressões adequadas em toda a rede, conforme exigido pela NBR 12.218 (ABNT, 2017), que estabelece uma pressão mínima de 10 mca

para o abastecimento público. O controle remoto da VRP, possibilitado pelo controlador inteligente, permitiu ajustes em tempo real, otimizando a distribuição de água e reduzindo o risco de novos vazamentos.

Além das ações mencionadas, a desativação e substituição de redes precárias contribuíram para a melhoria da infraestrutura e a redução de vazamentos. A substituição por novas tubulações não só melhorou a eficiência operacional, mas também aumentou a durabilidade e a resiliência do sistema de distribuição de água. Essas ações são essenciais para prevenir futuros problemas e assegurar um fornecimento de água confiável e sustentável para a população.

A campanha de regularização de ligações irregulares, em conjunto com a ação social desenvolvida pela concessionária, que incluiu a doação de caixas d'água UMA e a aplicação de tarifas sociais, teve um impacto significativo na inclusão social e na melhoria da qualidade de vida da população. Essas medidas ajudaram a mitigar a vulnerabilidade social da região, assegurando que todos os moradores tivessem acesso adequado e regular à água potável. A tarifa social, aplicada aos usuários cadastrados que comprovaram sua situação de vulnerabilidade, proporcionou uma solução equitativa e acessível, promovendo a justiça social e o uso sustentável dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

As intervenções realizadas no Distrito de Medição e Controle (DMC) demonstraram avanços significativos na eficiência e sustentabilidade do sistema de abastecimento de água, marcando a transição da operação intermitente para contínua como um sucesso. A implementação de ações estruturadas e coordenadas, como o fechamento dos limites do setor, a instalação de macromedidores e controladores inteligentes de válvulas redutoras de pressão (VRP), além da regularização de ligações irregulares, resultou em uma redução substancial das perdas de água e em melhorias operacionais consideráveis.

A regularização das ligações irregulares e a substituição de infraestruturas deterioradas não apenas reduziram as perdas aparentes, mas também aumentaram a receita da concessionária, promovendo uma distribuição mais justa e eficiente dos recursos hídricos. A utilização de tecnologias avançadas para monitoramento e controle de pressão permitiu ajustes dinâmicos e precisos, otimizando a distribuição de água e minimizando o risco de novos vazamentos.

Além dos ganhos operacionais, as ações sociais, como a doação de caixas d'água UMA e a aplicação de tarifas sociais, tiveram um impacto positivo significativo na inclusão social e na qualidade de vida da população. Estas intervenções mitigaram a vulnerabilidade social, assegurando que todos os moradores tivessem acesso adequado e regular à água potável. Ao proporcionar condições mais equitativas de acesso à água, as medidas também fortaleceram o engajamento da comunidade com a gestão responsável dos recursos hídricos.

Para garantir a continuidade do sucesso observado no DMC, recomenda-se a expansão do uso de tecnologias avançadas, como dataloggers e controladores inteligentes de VRP, para outros setores da rede de distribuição. A implementação dessas tecnologias deve ser acompanhada por programas contínuos de treinamento para os operadores, assegurando que os benefícios dessas ferramentas sejam maximizados. Este treinamento é essencial para capacitar a equipe a lidar com as novas tecnologias e a resolver problemas em tempo real, aumentando a eficiência e a confiabilidade do sistema.

A continuidade das campanhas de regularização de ligações irregulares e programas de conscientização pública sobre a importância do uso responsável da água é essencial. A ação social deve ser intensificada, especialmente em áreas de alta vulnerabilidade social, para assegurar uma inclusão abrangente e sustentável. É crucial envolver a comunidade em campanhas educativas que destaquem a importância da conservação da água e as técnicas para reduzir o consumo desnecessário.

Investimentos em infraestrutura, como a substituição de tubulações antigas e a melhoria das redes de distribuição, devem ser prioridades contínuas. Avaliações periódicas da condição das redes são recomendadas para identificar e priorizar áreas que necessitam de intervenção. Manter a infraestrutura em boas condições é vital para prevenir vazamentos futuros e garantir a longevidade do sistema de abastecimento.

O modelo hidráulico utilizado deve ser constantemente atualizado com dados operacionais reais e ajustado para refletir mudanças na demanda e na infraestrutura. Este modelo deve ser uma ferramenta central no planejamento de

intervenções futuras e na avaliação de sua eficácia. Um modelo bem calibrado pode prever com precisão os efeitos de diferentes estratégias de gestão, permitindo uma tomada de decisão mais informada e eficaz.

A formulação de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas sustentáveis de uso da água é crucial. Estas políticas devem incluir incentivos para a redução do consumo e a gestão eficiente da água, promovendo a sustentabilidade dos recursos hídricos. Governos e agências reguladoras devem colaborar com concessionárias e comunidades para desenvolver e implementar regulamentos que incentivem a conservação e o uso eficiente da água.

Além disso, a implementação de um sistema robusto de monitoramento e avaliação contínua é fundamental para acompanhar o desempenho das intervenções e identificar áreas de melhoria. Relatórios periódicos e transparentes devem ser divulgados para informar todas as partes interessadas sobre os progressos e desafios. A transparência no compartilhamento de dados e resultados promove a confiança entre os stakeholders e facilita a colaboração para melhorias contínuas.

Em conclusão, a experiência no DMC serve como um modelo de sucesso que pode ser replicado em outras regiões com desafios semelhantes. A combinação de inovação tecnológica, gestão eficiente e responsabilidade social é essencial para garantir a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de abastecimento de água, proporcionando benefícios duradouros tanto para as concessionárias quanto para a população atendida. A replicação dessas práticas bem-sucedidas em outras áreas pode ajudar a resolver problemas semelhantes, promovendo a segurança hídrica e a resiliência em diferentes contextos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONOAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica. 2014. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf. Acesso em: out. 2023.

2. AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015, Instituto de Estudos Avançados, São Paulo, 2018.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12.218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

4. CABRERA-BEJAR, J. A.; TZATCHKOV, V. G. Inexpensive modeling of intermittent servisse water distribution networks. Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress 2009: Great Rivers, v. 342, p. 295–304, 2009.

5. KLINGEL, P.; NESTMANN, F. From intermittent to continuous water distribution: A proposed conceptual approach and a case study of Béni Abbès (Algeria). Urban Water Journal Taylor & Francis, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2013.765493. Acesso em: nov. 2023.

6. TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. Gestão da Água no Brasil. Brasília – UNESCO, 2001.

7. WIETZKE JÚNIOR, G. D.; COLOMBINI, W.; ALVARENGA, F.; CUENCA MARQUES, D.; FINAMORE MIRANDA, V.; RAMOS VIEIRA DE MELO, A. Redução de perdas e melhoria de infraestrutura de sistema de abastecimento de água em região de elevada vulnerabilidade social - VRP Beira Rio em Guarulhos - SP. Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2021.