

O DESAFIO DO EQUILÍBRIO DA REDUÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES DE FALTA DE ÁGUA E REDUÇÃO DAS PERDAS NA ESTRATÉGIA DA OPERAÇÃO DE ÁGUA LESTE – OLOA

Sandreli Droppa Leta

Tecnóloga Civil em Obras Hidráulicas – UNESP e Engenheira de Produção – UNIVESP, pós-graduada em Inovação e Empreendedorismo pelo CREA/SP e Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos Municipais de Recursos Hídricos – IFCE/ANA, experiência de 11 anos em controle de perdas e operação de água na SABESP Leste.

Mario Masakatu Tomita Junior

Engenheiro Civil e especialista em Saneamento Ambiental, trabalha na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo há 6 anos e atualmente integra o Núcleo de Excelência do Abastecimento. Atua no Controle e Redução de Perdas da Superintendência Leste, supervisionando a macromedição, monitoramento, projeção e análise dos Indicadores de Desempenho do processo. Participou ativamente no desenvolvimento e implantação do Integra 4.0 e SSD Perdas 4.0, práticas reconhecidas e pioneiras na transformação digital.

Endereço: Rua Najatu, 72 – Penha – São Paulo – SP – Cep: 03613-050 - Brasil - Tel: +55 (11) 934080589 - - e-mail: sdleta@sabesp.com.br.

RESUMO

Este trabalho técnico aborda a complexa tarefa de equilibrar duas importantes metas no setor de abastecimento de água: reduzir as manifestações de falta de água e combater as perdas no sistema de distribuição. A crescente demanda por água, agravada por fatores como mudanças climáticas e urbanização, intensifica a necessidade de estratégias eficazes. Explora os métodos utilizados na Superintendência de Operação Leste – OL, para minimizar interrupções no fornecimento de água aos consumidores, ao mesmo tempo em que implementa ações para reduzir principalmente as perdas físicas no sistema de distribuição. São demonstradas minimamente as tecnologias emergentes, como monitoramento em tempo real, além de práticas de gestão de pressão e contratos como: o de manutenção preventiva e corretiva nas VRPs (Válvulas Redutoras de Pressão), outro artifício estratégico é a adoção de contrato inédito de apoio operacional e seus resultados. A integração dessas abordagens visa melhorar a eficiência operacional e a sustentabilidade dos recursos hídricos. Conclui-se que um planejamento estratégico robusto, aliado à inovação tecnológica e à gestão eficiente, é essencial para alcançar um fornecimento de água confiável e sustentável, equilibrando a disponibilidade com a redução de perdas no sistema, objetivando ainda o atingimento das metas operacionais e a satisfação dos clientes, internos, externos, sociedade e *stakeholders*.

PALAVRAS-CHAVE: Equilíbrio Perdas e FA, Redução de Perdas, Operação de Água.

INTRODUÇÃO

A gestão do sistema de distribuição de água é um desafio crítico e multifacetado, especialmente em um cenário de crescente demanda e recursos limitados. Em muitas regiões, a escassez de água e as perdas significativas no sistema de distribuição são problemas que exigem soluções urgentes e eficazes. Garantir um fornecimento contínuo e eficiente envolve não apenas a infraestrutura física, mas também estratégias inovadoras.

Este trabalho técnico foca em demonstrar as boas práticas desenvolvidas pela Divisão de Operação de Água Leste - OLOA e na importância de equilibrar a redução das manifestações de falta de água com a minimização das perdas no sistema de distribuição. A eficácia dessas duas frentes é fundamental para garantir um serviço de abastecimento de água confiável e sustentável. Ao explorar tecnologias emergentes e práticas de gestão inovadoras, o trabalho visa fornecer uma visão abrangente das melhores práticas para otimizar a operação do sistema de distribuição de água na Superintendência de Operação Leste - OL

As novas tecnologias e métodos de gestão adaptados à realidade do dia a dia na divisão de operação de água, potencializados pela recente mudança de estrutura ocorrida na companhia durante o último ano e que ainda se estende, nos traz um complexo enredo e desafio gigantesco em buscar a eficiência operacional, seja evitando e

reduzindo as interrupções no fornecimento, mas também buscando a sustentabilidade dos recursos hídricos. Temos aqui um delinear de caminho para alcançar esses objetivos de maneira integrada e eficaz.

No contexto estão envolvidas as seguintes características:

Tabela 1 – Informações relevantes – Superintendência de Operação Leste - OL

	Ligações Ativas Dezembro ano anterior	Economias Ativas (TL 0 + 1)	Nº. VRPs em contrato	Extensão Total de Rede Coberta (KM)
2023	1.049.965	1.424.056	280	6.124
1º.Tri 2024	1.070.127	1.460.539	380	6.124

Fonte: elaboração própria a partir de dados corporativos Painel de Gestão BI

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho técnico é desenvolver um entendimento aprofundado das estratégias adotadas para equilibrar a redução das manifestações de falta de água cujo desempenho é medido pelo indicador IRFA (Indicador de Reclamações de Falta de Água) e a diminuição das perdas, medido pelo IPDT (Indicador de Perdas na Distribuição) no sistema de distribuição de água, demonstrando as excelentes práticas desenvolvidas para que se tenha o menor número possível de intervenções que impactem o abastecimento, buscando ainda o menor volume perdido, equilibrando assim estas duas parcelas tão importantes na gestão do sistema de distribuição de água na Superintendência de Operação Leste – OL.

Dentre as inúmeras ações implementadas no dia a dia e necessárias à boa gestão da Divisão de Operação de Água Leste – OLOA, destacamos algumas que, neste desenvolvimento se demonstram preponderantes ao alcance dos objetivos mencionados no parágrafo anterior.

- Desenvolvimento de práticas de gestão que promovam a manutenção preventiva e a operação eficiente dos conjuntos redutores de pressão inseridos no parque, responsáveis pela gestão das pressões no sistema de distribuição de água da superintendência;
- Utilização de protocolos de intervenção rápida e gestão de crise para minimizar o impacto das falhas de abastecimento que apesar dos esforços, ocorram;
- Investigação, implementação, avaliação da eficácia de tecnologias emergentes para detecção de vazamentos, como sensores acústicos, monitoramento das pressões e uso de inteligência artificial;
- Utilização de sistemas de monitoramento em tempo real, para melhorar a visibilidade e controle;
- Desenvolvimento de contratos e fornecedores no âmbito da superintendência, buscando aplicar efetivamente as validações dos estudos, análises e pareceres prévios, viabilizando novas rotinas, inovações e práticas de excelência na gestão.
- A gestão da demanda da água na rede de distribuição mantém o abastecimento para os consumidores e preserva as tubulações. Por meio de válvulas redutoras e sistema de monitoramento, a Sabesp controla a pressão nas redes durante as 24 horas do dia.

No período noturno, quando há menor consumo, esse controle é intensificado, como forma de evitar perdas de água por vazamentos e rompimentos de tubulações – o que representa menos desperdício, menos manutenções e menos interferências em calçadas e vias. É algo semelhante ao que ocorre à noite, por exemplo, com o transporte público: com menos demanda, reduz-se a circulação de ônibus.

O trabalho fornece uma abordagem abrangente e integrada, demonstra a eficiência e a sustentabilidade das práticas elencadas na gestão do sistema de abastecimento de água, beneficiando tanto os operadores quanto os consumidores finais.

METODOLOGIA UTILIZADA

Revisão Bibliográfica:

- Realizar revisão da literatura existente, incluindo artigos científicos, relatórios técnicos, normas e regulamentos do setor.
- Analisar estudos de caso de sucesso e relatórios.

Coleta de Dados Primários:

- Entrevistar gestores e operadores para obter insights sobre as práticas diárias e os desafios enfrentados.
- Aplicar questionários estruturados para coletar dados quantitativos e qualitativos sobre as estratégias.

Estudo de Campo:

- Realizar visitas às principais estruturas componentes dos sistemas de distribuição, incluindo estações de tratamento, redes de distribuição e equipamentos, para observar os comportamentos, a fim de moldar novas técnicas e inovações na gestão.
- Documentar processos operacionais, protocolos de manutenção e procedimentos de resposta a emergências.

Análise de Dados:

- Compilar e analisar os dados coletados a partir das entrevistas, questionários e estudos de campo.
- Identificar padrões, tendências e boas práticas na gestão através de benchmarking interno e externo.

Desenvolvimento de Modelos de Gestão:

- Com base na análise dos dados, desenvolver inovações nos modelos praticados que possam ser aplicados para melhorar a eficiência e a eficácia.
- Incluir recomendações para a implementação de tecnologias de monitoramento e sistemas de gestão de ativos.

Validação dos Modelos:

- Validar os modelos de gestão propostos através de consultas com especialistas do setor e testes em ambientes controlados ou pilotos.
- Ajustar os modelos conforme necessário, com base no feedback recebido e nos resultados dos testes e análises críticas mensais, interforuns mensais de desempenho e trimestrais de estratégia, mensurando resultados e possíveis correções de rumo.

Redação e Revisão do Trabalho Técnico:

- Redigir o trabalho técnico, organizando-o em seções claras que cobrem a introdução, objetivos, metodologia, resultados, discussão e conclusões.
- Realizar revisões para garantir a clareza, coerência e precisão das informações apresentadas.

Divulgação e Implementação:

- Preparar apresentações e materiais de divulgação para compartilhar as descobertas e recomendações com stakeholders relevantes, incluindo gestores, formuladores de políticas e a equipe envolvida diretamente nas diversas práticas diárias.
- Acompanhar a implementação das práticas recomendadas e avaliar seus impactos ao longo do tempo, rodando o ciclo PDCL.

Esta metodologia visa garantir que o trabalho técnico seja abrangente, rigoroso e aplicável, fornecendo uma base sólida para a melhoria das práticas de gestão na operação no sistema de distribuição de água e outros processos.

DAS PRÁTICAS

Além das melhores práticas conhecidas no mercado para o controle de perdas, assim como para a redução das manifestações de falta de água, temos como destaque a utilização dos contratos:

Contrato de Prestação de serviços de engenharia para monitoramento remoto e Manutenção Preventiva e Corretiva com troca de peças e partes em Conjuntos Redutores de Pressão

O projeto implementado no âmbito da Superintendência, teve sua primeira versão iniciada, com o objetivo principal de otimizar o controle da pressão da água nas redes de distribuição, visando reduzir perdas, minimizar desabastecimentos e reclamações de clientes, além de contribuir para a preservação dos recursos hídricos. O escopo do projeto abrangeu os diversos setores de abastecimento equipados com Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs), totalizando no escopo 280 VRPs na área de cobertura.

Foram monitorados os controladores eletrônicos inteligentes de 30 mais importantes VRPs do parque, permitindo o monitoramento remoto em tempo real, da pressão da água em diversos pontos da rede de distribuição e seus respectivos pontos críticos. Essa ferramenta inovadora possibilitou a coleta de dados precisos e a identificação de falhas ou anomalias no sistema de forma rápida e eficiente.

Para garantir o bom funcionamento das VRPs, foi implementado um programa abrangente de manutenção preventiva e corretiva destes 280 equipamentos, iniciando com ciclo de primeira vistoria, a fim de caracterizar com detalhes os 280 equipamentos através de relatório de inspeção, trazendo dados de nome do equipamento, endereço, tipo, marca, medidor de vazão, placa de BP. O relatório trouxe fotos e detalhes de todos os equipamentos, servindo como situacional e condicional dos equipamentos.

A manutenção preventiva incluiu visitas periódicas nas VRPs, limpeza, ajustes de parâmetros, substituição de peças, fornecimentos, visando prevenir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos. Já a manutenção corretiva foi acionada em casos de falhas ou avarias nas VRPs, com intervenções rápidas e eficazes para minimizar o tempo de indisponibilidade do sistema.

Os dados coletados permitiram identificar padrões, detectar anomalias no sistema e tomar decisões estratégicas para otimizar o controle da pressão da água. A equipe técnica utilizou ferramentas avançadas de análise de dados para extrair informações valiosas e subsidiar a tomada de decisões assertivas.

O sucesso do projeto também dependeu de um efetivo processo de gestão da mudança e capacitação de pessoal. A utilização de um aplicativo de manutenção, controle de tarefas e acompanhamento dos trabalhos em tempo real, manteve o processo contínuo de monitoramento e avaliação do sistema, buscando identificar oportunidades de melhoria e otimizar ainda mais o controle da pressão da água. A equipe técnica acompanha de perto o desempenho do sistema, realiza análises periódicas dos dados coletados e promove ajustes finos, visando garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água.

Nesta implementação o contrato ficou sob custódia de duas divisões na época pertencentes a um mesmo Departamento de Engenharia. As divisões na época de Eletromecânica e Operação de água dividiram as tarefas, acompanhamentos, análises e implementações, fazendo parte da antiga estrutura corporativa.

O novo contrato, assinado em 2023, traz a correção de lições aprendidas e aumenta para 380 os equipamentos atendidos. Neste foram tiradas as inspeções prévias, pois o parque já estava mapeado e criado banco com os dados que vem sendo atualizados.

Para este novo ciclo de manutenções e monitoramento, foram inseridos ainda como escopo, instalações de medidores de vazão e adquiridas 52 novas VRPs, através de contrato de aquisição, que já estão sendo colocadas no parque em substituição a equipamentos obsoletos, totalmente depreciados e cujas marcas já não possuem mais possibilidade de manutenção por falta de peças compatíveis ou ainda por estarem totalmente fora de condições de uso.

Este trabalho está sendo realizado por reposição e tomadas as tratativas de baixa e recolhimento do ativo ao almoxarifado de inservíveis, cumprindo o ciclo do ativo

Figura 1 – Equipamentos com identificação Patrimonial realizada pelo contrato



Para o primeiro trimestre de 2024, já foram substituídas 14 das 52 VRPs adquiridas, passando a sua operação plena, trazendo o resultado ótimo à redução proposta, concomitante trazendo resultados imediatos e imediatos ao indicador de perdas.

Figura 2 – Troca VRP XV de novembro – Município Salesópolis



Fonte: própria - IPDT de 133 L/Ligxdia e subindo

GESTÃO DE DEMANDA

A gestão da demanda da água na rede de distribuição mantém o abastecimento para os consumidores e preserva as tubulações. Por meio de válvulas redutoras e sistema de monitoramento, a Sabesp controla a pressão nas redes durante as 24 horas do dia.

No período noturno, quando há menor consumo, esse controle é intensificado, como forma de evitar perdas de água por vazamentos e rompimentos de tubulações – o que representa menos desperdício, menos manutenções e menos interferências em calçadas e vias. É algo semelhante ao que ocorre à noite, por exemplo, com o transporte público: com menos demanda, reduz-se a circulação de ônibus.

A gestão de demanda noturna é uma tecnologia mundial, recomendada pela Comissão Europeia e praticada rotineiramente pelas companhias de saneamento. A Sabesp já a adota na Grande São Paulo desde a década de 90.

RPA PARA GESTÃO

RPA é a automação robótica de processos, uma tecnologia que utiliza robôs de software para automatizar processos de negócios repetitivos.

A necessidade de um processo automático para alterar os parâmetros dos controladores das válvulas nos finais de semana foi identificada após análises da equipe do controle de perdas. Observou-se que o consumo e a pressão variam entre sábados e domingos nas áreas atendidas pelas válvulas redutoras de pressão com controladores automáticos. Concluiu-se que era necessário ajustar os parâmetros das válvulas aos domingos, envolvendo trinta válvulas no planejamento de redução de perdas. Contudo, o sistema permite apenas uma configuração para o final de semana, exigindo alterações manuais na madrugada de sábado para domingo e

novamente na segunda-feira. Esse processo manual seria oneroso e cansativo para os colaboradores. A solução proposta é a criação de uma RPA, ou seja, um programa em Python que automatize o processo de mudança dos parâmetros das válvulas, baseado em dados de uma planilha Excel. Esse programa seria executado automaticamente à meia-noite de domingo e segunda-feira via Agendador de Tarefas do Windows.

INOVAÇÃO

Contrato de Prestação de serviços de engenharia para realização de manobras; análise prévia de manifestações, realimentação, vistorias de identificação de causas e encerramento das ordens de serviços referentes as reclamações de falta de água e pouca pressão no âmbito da Superintendência XXXX.

Este contrato foi idealizado e montado em 2022, com a intenção do ineditismo e para apoiar a demanda de mão de obra, pela falta de concursos e número elevado de aposentados no quadro de funcionários da operação de água no segmento de manobra e atendimentos em campo especificamente voltados ao abastecimento e cliente final.

Com a chegada da nova Diretoria e as mudanças realizadas na estrutura, este contrato veio a compor inovação inédita para a realização dos serviços elencados no objeto.

A implementação foi inserida na realidade da Superintendência, a partir do mês de Março/2024, tornando-se o carro chefe dos resultados obtidos.

O início do contrato apesar de recente, trouxe melhorias reais para os atendimentos de Ouvidorias, inclusive:

Figura 3 – Tratativa Ouvidorias



Fonte: Própria - Apuração contrato

Este tipo de contrato visa otimizar o desempenho operacional, melhorar a satisfação dos consumidores e garantir a sustentabilidade do serviço de fornecimento de água.

Os principais objetivos deste contrato são:

Assegurar a Continuidade do Abastecimento: Garantir que o fornecimento de água ocorra de maneira contínua, minimizando interrupções e assegurando que os consumidores recebam água em quantidade e pressão adequadas.

Melhorar a Qualidade do Serviço: Aumentar a eficiência do sistema de abastecimento e a satisfação dos consumidores por meio da implementação de práticas avançadas de engenharia e de uma gestão proativa das reclamações.

Eficiência na Resolução de Problemas: Proporcionar uma resposta rápida e eficaz às reclamações, identificando e solucionando as causas dos problemas de forma eficiente.

Otimização Operacional: Implementar processos sistematizados para realizar manobras operacionais e outras ações necessárias, visando maximizar a eficiência e a eficácia das operações.

Componentes do Contrato:

Realização de Manobras

- **Descrição:** As manobras operacionais envolvem ações como abertura e fechamento de válvulas, ajuste de pressão, redirecionamento de fluxos e outras intervenções na rede de distribuição de água.
- **Objetivo:** Otimizar o fluxo de água para minimizar interrupções e garantir que todos os consumidores recebam água com pressão adequada.
- **Execução:** Deve ser realizada por técnicos qualificados, utilizando tecnologias modernas e seguindo protocolos padronizados.

Análise Prévia de Manifestações

- **Descrição:** Avaliação inicial das reclamações recebidas, classificando e priorizando as ordens de serviço com base na urgência e na gravidade dos problemas relatados.
- **Objetivo:** Identificar rapidamente as áreas mais críticas e direcionar recursos de forma eficiente para solucionar os problemas prioritários.
- **Execução:** Envolve a utilização de sistemas de gestão de reclamações e análise de dados para suporte à decisão.

Realimentação

- **Descrição:** Processo de comunicação com os consumidores para informá-los sobre o status de suas reclamações e as ações tomadas para resolvê-las.
- **Objetivo:** Manter os consumidores informados, aumentar a transparência e melhorar a satisfação com o serviço prestado.
- **Execução:** Pode incluir o uso de canais de comunicação diversos, como e-mail, SMS, aplicativos móveis e atendimento telefônico.

Vistorias de Identificação de Causas

- **Descrição:** Inspeções detalhadas nas áreas afetadas para identificar as causas específicas das falhas no abastecimento de água ou da baixa pressão.
- **Objetivo:** Diagnosticar problemas com precisão para implementar soluções eficazes.
- **Execução:** Utilização de tecnologias de detecção de vazamentos, monitoramento de pressão e outras ferramentas de diagnóstico avançado.

Encerramento das Ordens de Serviço

- **Descrição:** Finalização formal das ordens de serviço após a resolução dos problemas, assegurando que todas as ações necessárias foram concluídas e documentadas.
- **Objetivo:** Garantir a solução completa dos problemas e manter registros precisos para futuras referências.
- **Execução:** Inclui a verificação final das soluções implementadas e a documentação dos processos realizados.

Benefícios do Contrato:

- **Melhoria na Qualidade do Serviço:** A implementação de práticas sistemáticas e tecnológicas avançadas resulta em um serviço de melhor qualidade e em uma maior satisfação dos consumidores.
- **Redução de Custos Operacionais:** A identificação precoce de problemas e a execução eficiente das manobras e reparos podem reduzir significativamente os custos com manutenção e reparos emergenciais.
- **Satisfação dos Consumidores:** A resposta rápida e a comunicação transparente aumentam a confiança dos consumidores no serviço prestado.
- **Sustentabilidade e Eficiência:** A gestão eficiente dos recursos hídricos contribui para a sustentabilidade ambiental e operacional do sistema de abastecimento.

Desafios e Considerações:

- **Coordenação e Comunicação:** A eficácia do contrato depende de uma coordenação eficiente entre todos os envolvidos, incluindo engenheiros, técnicos, operadores e gestores.
- **Capacitação Técnica:** É essencial investir na capacitação contínua dos profissionais para garantir que estejam atualizados com as melhores práticas e tecnologias disponíveis.
- **Monitoramento e Avaliação:** Implementar um sistema robusto de monitoramento e avaliação para acompanhar o desempenho das operações e identificar áreas para melhoria contínua.

Um contrato de apoio operacional bem-estruturado para serviços de engenharia em sistemas de abastecimento de água é crucial para a garantia da qualidade e da eficiência do serviço. Ele proporciona uma abordagem sistemática e proativa na gestão das operações, resultando em um melhor atendimento às necessidades dos consumidores e na sustentabilidade do sistema de abastecimento de água. A implementação eficaz desse contrato requer uma combinação de tecnologia avançada, capacitação profissional e processos bem definidos, garantindo assim a satisfação dos consumidores e a eficiência operacional.

RESULTADOS

Com as práticas de gestão mencionadas e elencando as desenvolvidas ao longo dos dois últimos anos, apesar de não atingirmos a meta de perdas no ano de 2023, tivemos o melhor resultado da região metropolitana de São Paulo.

Figura 4 – IPDT

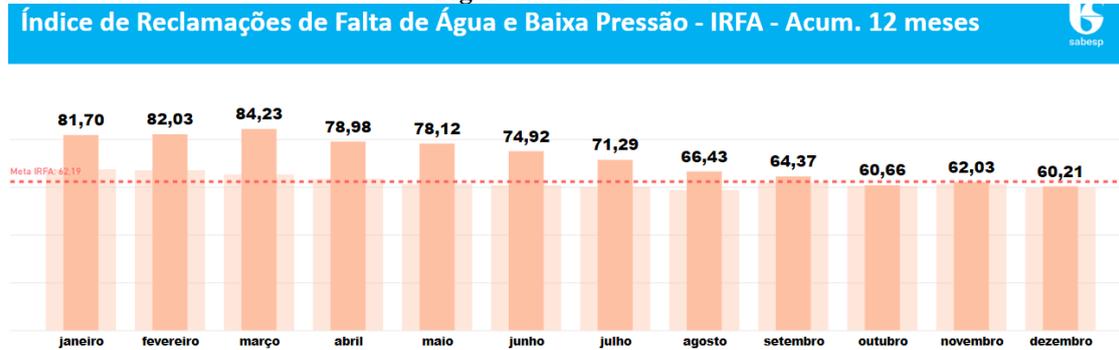


	IPDT (L/Ligxdia)
Realizado 2022	224
Previsto 2023	218
Realizado 2023	228

Fonte: Painel Corporativo

Com relação ao indicador de falta de água fechamos com os seguintes resultados positivos:

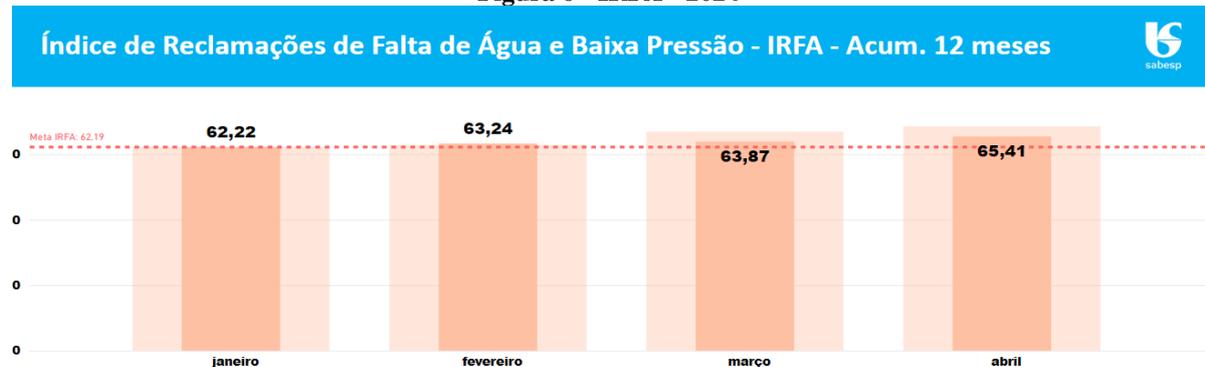
Figura 5 – IRFA - 2023



Fonte: Painel BI Gestão Corporativo

O desempenho do indicador para o ano de 2024, já apresenta no mês de Abril/2024 o alcance da meta proposta para Dezembro/2024:

Figura 6 - IRFA - 2024



Fonte: Painel BI Gestão Corporativo

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O equilíbrio entre o indicador de perdas e o indicador de falta de água é um desafio crucial na gestão dos recursos hídricos, particularmente em regiões onde a escassez de água é uma realidade constante. A análise realizada neste trabalho evidenciou a complexa relação entre as perdas de água no sistema de distribuição e a frequência de faltas de água experimentada pelos consumidores.

As perdas de água, muitas vezes causadas por vazamentos, falhas na infraestrutura e uso inadequado dos recursos, representam um desperdício significativo que compromete a eficiência operacional das empresas de saneamento e impacta diretamente a disponibilidade de água. Por outro lado, a falta de água, que pode ser resultado tanto de problemas de distribuição quanto de fatores externos como secas e mudanças climáticas, afeta negativamente a qualidade de vida da população e pode levar a situações críticas de abastecimento.

Este trabalho destacou a importância de estratégias integradas que abordem simultaneamente a redução das perdas de água e a mitigação das faltas de água. Investimentos em tecnologias de monitoramento, reparo de infraestrutura, campanhas de conscientização e políticas de uso eficiente dos recursos são fundamentais para alcançar esse equilíbrio. Além disso, a colaboração entre órgãos governamentais, empresas de saneamento e a sociedade é essencial para implementar soluções eficazes e sustentáveis.

Em resumo, a busca pelo equilíbrio entre o indicador de perdas e o indicador de falta de água é uma tarefa complexa, mas essencial para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a qualidade de vida da população. A implementação de medidas coordenadas e a contínua avaliação dos indicadores são passos imprescindíveis para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados à gestão da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAVALCANTI, João P.; SILVA, Maria L. Gestão de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento. São Paulo: Editora Técnica, 2019.
2. SANTOS, Ana R.; PEREIRA, Carlos F. Indicadores de Eficiência em Sistemas de Saneamento: Um Estudo sobre Perdas e Faltas de Água. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 25, n. 3, p. 101-117, 2020.
3. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2018.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12218: Sistemas de Abastecimento de Água - Projeto de Redes de Distribuição de Água. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
5. FERREIRA, Luiz G.; COSTA, Isabel M. Redução de Perdas e Gestão de Demanda: Estratégias para Sustentabilidade Hídrica. Porto Alegre: Editora Ambiental, 2021.
6. BRASIL. Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. Brasília: Ministério das Cidades, 2019.
7. RODRIGUES, Tiago H.; MORAES, Juliana P. Avaliação da Eficiência Hídrica em Sistemas Urbanos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 2, p. 245-259, 2021.
8. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.