



ANÁLISE DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO LOCALIZADOS NA SERRA DA IBIAPABA

Francisco Edirlan de Sousa Freitas⁽¹⁾

Químico, Formado pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Ocupa o cargo de Supervisor de Perdas e Medição de Água na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Messias Rômulo Rodrigues Marques

Engenheiro Ambiental. Atualmente ocupa o cargo de Coordenador de Serviços e Expansão na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE

José Filho Aguiar de Oliveira

Supervisor de Rede na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE

Janaina Rodrigues da Silva

Fiscal de Obras na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE

Juliane Cunha de Araújo Paula Pessoa

Engenheira Civil na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE

Endereço⁽¹⁾: Avenida Prefeito Jacques Nunes de Menezes, 1596 – Bairro Seminário – Tianguá – Ceará – CEP:62.320-000 – Brasil – Tel: +55 (88) 3671-3111. E-mail: edirlan.freitas@cagece.com.br.

RESUMO

O aumento do consumo doméstico e industrial tem levado a situações de falta ou restrição de água para o consumo humano em muitos países. Além disso, há também a premissa que nem toda água captada é efetivamente consumida pelos clientes, sendo que estas perdas são uma das principais causas da ineficiência operacional nas companhias de saneamento. Vazamentos em tubos e conexões, além das imprecisões dos dispositivos de medições e erros no cadastro comercial, são os grandes vilões na gestão de perdas na rede de distribuição de água. As perdas de água na distribuição chegam a 39,2% no Brasil e comparando-se os dados atuais com os últimos cinco anos, tivemos um aumento de 2,5% mostrando tendência de crescimento ano a ano. Apesar do aumento dos investimentos no setor de saneamento voltado para a melhoria do serviço prestado, diversos sistemas de abastecimento de água espalhados por todo o país não possuem controle efetivo das perdas, devido, vários fatores operacionais e principalmente estruturais. Após a aplicação das ações ao longo do período analisado e registro dos resultados individuais de perda real e aparente em todas as cidades atendidas, buscou-se levantar as consequências e o impacto delas no Índice de Perdas na Distribuição – IPD da Unidade de Negócios da Serra da Ibiapaba, a qual fora observado uma queda de 0,63 pontos percentuais entre Novembro de 2020 a Novembro de 2021, garantindo maior sustentabilidade ambiental ao processo.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Perdas na Distribuição; Perda real; Perda aparente.

INTRODUÇÃO

A oferta e a disponibilidade global de água doce no planeta estão cada vez mais limitadas. Por outro lado, cresce a demanda por água de qualidade que possa atender a todas as demandas da sociedade. De acordo com Machado (2015), o crescimento populacional, a ocupação desordenada do solo, o desperdício de água de todas as formas, poluição dos lençóis freáticos e erosão do solo são exemplos que trazem a redução da disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais ou subterrâneos, dificultando ainda mais os processos de tratabilidade que condicionem a água coletada aos padrões de potabilidade das organizações de controle. Ocorrido os processos de tratamento e disponibilidade da água a população, ainda há uma séria de obstáculos e barreiras que precisam ser superados para garantir que toda ou boa parte da água que após ser tratada possa chegar às casas de pessoas e demais consumidores que integram um complexo sistema de distribuição de água. Segundo Silva (2006), o crescimento populacional, aliado ao adensamento nos centros urbanos, tem contribuído para a elevação do consumo, o que tem levado os sistemas de abastecimento de água a trabalharem em situações extremas. Para atender à demanda, os novos mananciais se encontram cada vez mais distantes,

aumentado os custos de exploração e a complexidade das rotinas operacionais. Este fato, acrescido da ineficiência operacional das companhias, que, em muitos casos, operam com rotinas e equipamentos obsoletos, se apresenta como uma grande barreira à comunidade científica e aos profissionais do setor. O principal desafio atualmente consiste em atender à crescente demanda populacional distribuindo água de qualidade com o menor desperdício e custo possível. As companhias de saneamento do Brasil vêm buscando, ainda que timidamente, pequenos avanços nos procedimentos operacionais voltados exclusivamente para a redução das perdas de água. Em grande parte das empresas, as ações de melhoria se iniciaram em virtude do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, vinculado pelo Ministério das Cidades entre os anos de 1999 e 2003, que por meio de assistências técnicas, promoveu reformas, debates e discussões institucionais com vistas à elevação dos níveis de qualidade e eficiência nos sistemas de abastecimento de água. Contudo, na grande maioria das companhias, as melhorias apresentam-se de maneira pontual, não garantindo ações continuadas e sistemáticas de combate as perdas na distribuição. O índice de perdas na distribuição de água – IPD é um indicador volumétrico que relaciona a quantidade de água tratada que é perdida com o que é disponibilizado nos sistemas de abastecimento de água a partir da saída do tratamento, seguindo em direção as cidades.

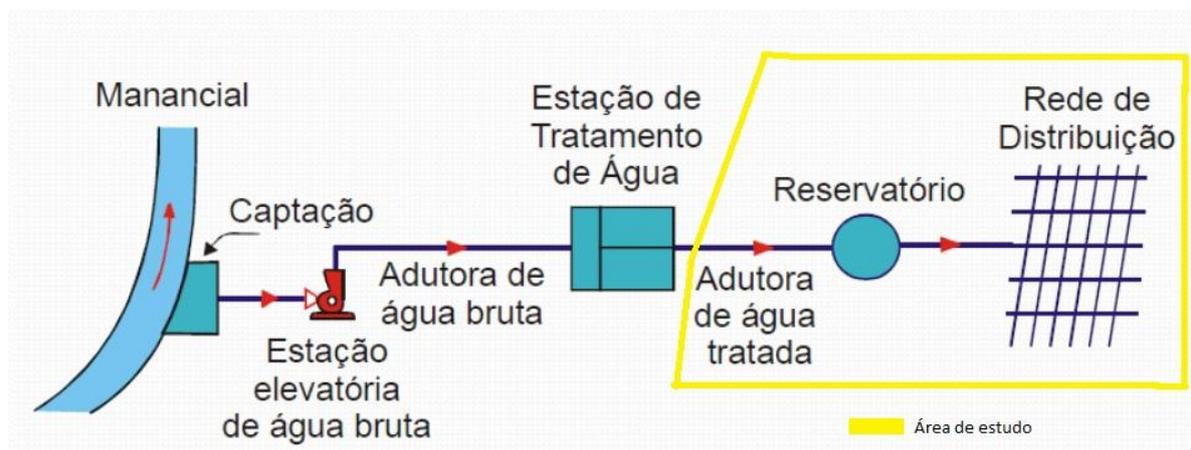


Figura 1 – Sistema de Abastecimento de água Fonte: Gomes, Heber Pimentel, 2007.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2019), as perdas de água na distribuição chegam a 39,2% no Brasil e comparando-se os dados atuais com os últimos cinco anos, tivemos um aumento de 2,5% mostrando tendência de crescimento ano a ano.

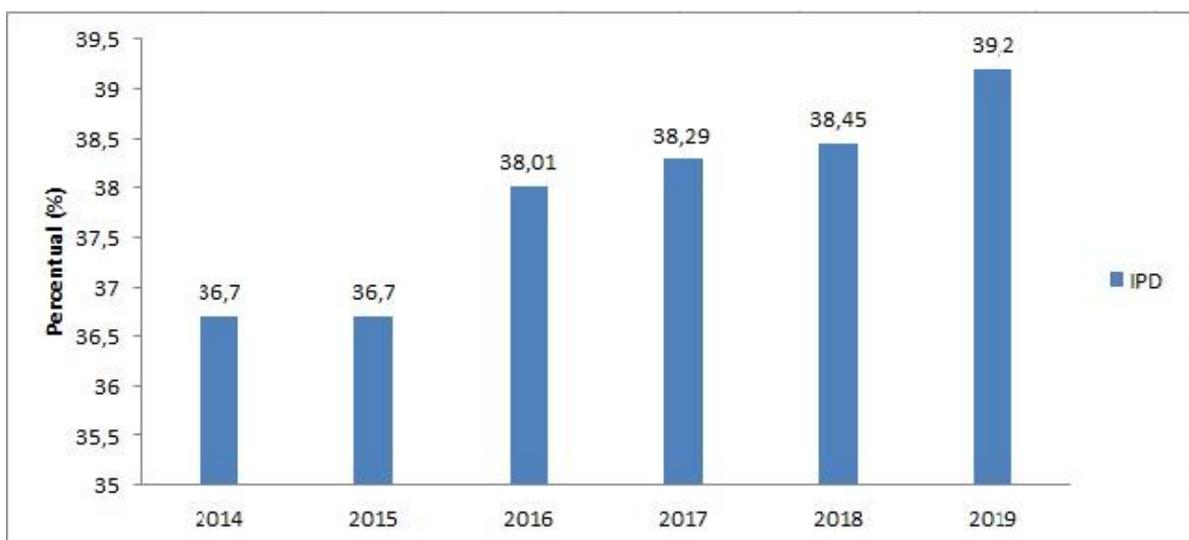


Figura 2 – Índice de Perdas na Distribuição (IPD) no Brasil (%). Fonte: Trata Brasil, 2021.

Apesar do aumento dos investimentos no setor de saneamento voltado para a melhoria do serviço prestado, diversos sistemas de abastecimento de água espalhados por todo o país não possuem controle efetivo das perdas, devido, vários fatores operacionais e principalmente estruturais. Conforme é citado em Malcolm (2001), no Brasil, a situação ainda esta longe do que é observado em países desenvolvidos, que possuem números que variam entre 8% a 24% de perdas na distribuição, tornando-se mais preocupante ainda quando comparado com as unidades federativas do país. De norte a sul do país há centenas de modelos de sistemas de abastecimento de água onde, parte deles, não seguem critérios técnicos de operação voltados para o controle das perdas na distribuição de água o que dificulta a busca por uma solução clara e objetiva dentro do contexto de redução das perdas. Em cada região há particularidades que evidenciam a necessidade de um modelo próprio e de longo prazo.

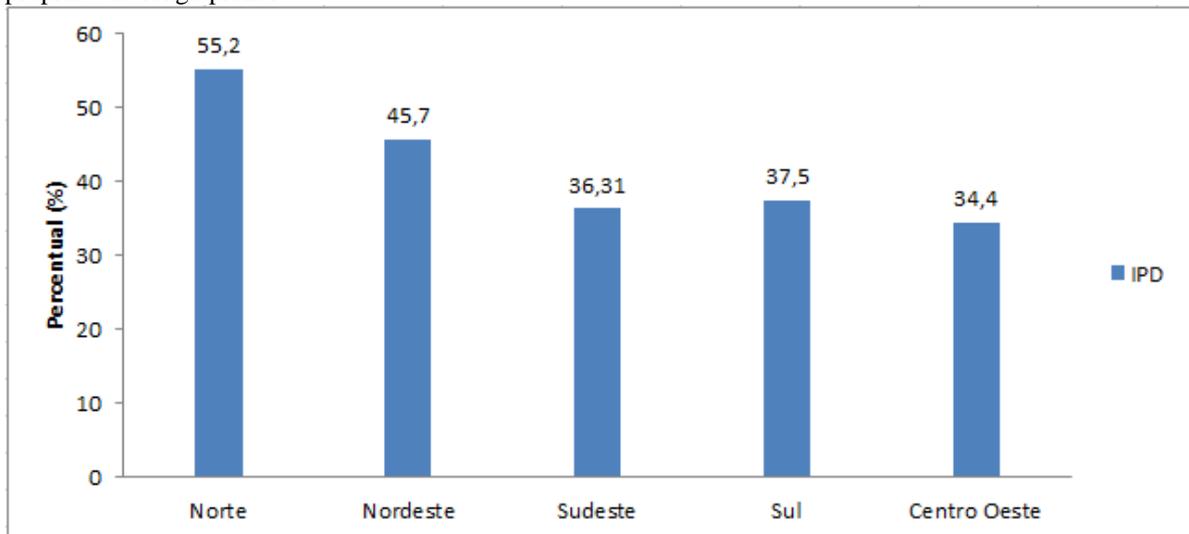


Figura 3 – Índice de Perdas na Distribuição (IPD) por região, 2019 (%) Fonte: Trata Brasil, 2021.

As regiões Norte e Nordeste, possuem percentualmente, os maiores índices de perdas na distribuição do Brasil, o que evidencia claramente a necessidade de modernização do setor. Neste contexto, mostra-se fundamental para as companhias de saneamento do país o desenvolvimento de ferramentas para a gestão eficiente e clara dos sistemas de abastecimento de água das cidades. As perdas de água em sistemas de abastecimento de água são influenciadas por diversos fatores estruturais e operacionais. Estas dependem basicamente das características da rede hidráulica e de fatores relacionados às práticas de operação, do nível de tecnologia do sistema e da expertise dos técnicos responsáveis pelo controle dos processos (BEZERRA e CHEUNG, 2013).

Segundo Gonçalves (1998), em um sistema de abastecimento de água as perdas ocorrem na produção, desde a captação de água bruta e tratamento até a sua distribuição (após o tratamento). Na produção, as perdas relacionam-se a rompimentos das adutoras de água bruta, em equipamentos, barriletes e conexões de estações elevatórias. Na distribuição, ocorrem perdas em adutoras de água tratada, estações elevatórias, reservatórios, redes de distribuição, ramais prediais e no kit cavalete ou ligação domiciliar. Moraes, et al(2007), explicam que a maioria dos projetos que envolvem sistemas de distribuição de água não prevê instrumentos de controle operacional, como por exemplo: macromedição, automação, gerenciamento da pressão, cadastro atualizado, assim como a integração de tudo isso em um sistema inteligente. A falta desses equipamentos reflete em altos índices de perdas nos sistemas brasileiros o que remete atenção na busca de ações que possam mitigar os altos números que aumentam anualmente. Diante dos tímidos avanços dos indicadores relacionados à prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitários dos últimos 13 anos elencados pela Lei nº 11.445 de 2017, surge como principal dispositivo para a busca da universalização dos serviços inerentes, a Lei 14.026 de 15 de Julho de 2020 que institui o novo marco regulatório do saneamento. Dentre as significativas alterações na legislação anterior, a lei atual busca garantir o acesso à água e esgoto a 99% e 90% da população brasileira, respectivamente, trazendo além dessas metas a garantia de ações que promovam a continuidade do abastecimento, ou seja, ter água disponível todo o dia o dia todo, assim como promover a redução das perdas de água na rede de distribuição ano a ano. O balanço hídrico apresenta-se como a ferramenta mais aplicada para identificação das perdas em um sistema de abastecimento de água. Segundo Lambert e Hirner (2000), através de um balanço hídrico é possível conhecer o destino da água que vem sendo fornecida ao sistema, nele são contabilizados todos os tipos de utilização e usos dentro de um determinado setor hidráulico de uma



determinada cidade, bairro e até mesmo podendo ser uma rua e assim permitir o planejamento de ações estruturadas que possam garantir o controle das perdas no sistema de distribuição de água.

Tabela 1 – Balanço Hídrico proposto pelo IWA

Volume fornecido ao sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada) Consumo faturado não medido (estimados)	Água faturada	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc.)		Água não faturada
	Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)				
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro) Erros de medição (micromedição)	Água não faturada	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição		Água não faturada
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios		
		Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)			

Fonte: Associação Internacional de Água – IWA, 2000

Segundo os critérios internacionais, as perdas são divididas em dois tipos, sendo elas:

- **Perdas reais ou físicas:** Trata-se das perdas provenientes de vazamentos nas redes de distribuição, adutoras, órgãos acessórios como válvulas, conexões e demais equipamentos, assim como provenientes dos extravasamentos de reservatórios e equipamentos responsáveis pela reservação de água. Em regra, essa perda de água, ocorre no transporte, antes de chegar às casas dos clientes.
- **Perdas comerciais ou aparentes:** Relaciona-se ao volume de água que disponibilizado ao cliente, porém não é computado pelos hidrômetros. Podendo ocorrer por falhas comerciais, como: erro de cadastro das ligações, submedição de hidrômetros ou por fraudes provocadas pelos clientes como furtos e/ou roubo de água.

Para fins de mensuração de eficiência são utilizadas mundialmente ferramentas matemáticas, a fim de quantificar as perdas de acordo com seu tipo. Existem vários indicadores de eficiência, sendo que dependendo da finalidade a que se propõe analisar essa eficiência, alguns índices são particularmente mais importantes. No âmbito deste trabalho, serão abordadas as ações de combate às perdas de água e de que forma esses trabalhos repercutem no IPD da unidade de negócios da bacia da serra da Ibiapaba. O IPD tem como premissa, determinar de forma quantitativa e em percentual as perdas de um sistema de abastecimento, levando em consideração a razão do volume de entrada do sistema, registrado por sua macromedição e o volume autorizado disponibilizado aos clientes como o micromedido, os volumes operacionais que são utilizados em descargas e drenagem da rede de distribuição, assim como os volumes recuperados e especiais que também se enquadram como volume autorizado.

OBJETIVO

O presente trabalho busca analisar as ações de mitigação das perdas reais e aparentes de água, em um intervalo de dozes meses, compreendendo todas as cidades que compõem a unidade de negócios da Serra da Ibiapaba (UNBSI).

- **Ramais de ligação e kit cavalete:** a maior parte dos vazamentos desses acessórios está relacionada à má qualidade da mão de obra aplicada, bem como, ao material utilizado. Os ramais, por exemplo, não recebem o recobrimento adequado nas valas onde são assentados, ficando sujeitos a recebimento de cargas mecânicas de carros, caminhões, que após a fadiga e carga recebida rompem-se dando início ao vazamento.
- **Redes de distribuição e adutoras:** os vazamentos na rede de distribuição e adutoras que transportam água ocorrem em menor frequência, no entanto, fatores como idade de instalação, pressão da linha e acomodação da rede no solo, são os principais fatores para o aparecimento de vazamentos que quando não tratados, causam grandes desperdícios.
- **Extravasamentos:** parte dos dispositivos que tem como função garantir a reservação de água para os dias e horas de maior consumo, podem não dispor de dispositivos totalmente estanques. No caso, as boias ou válvulas de regulação de nível apresentam problemas não observados pela operação, causando perdas de água significativas e de longo período.



Figura 4 – Vazamento de ramal (A), rede (B) e kit cavalete (C). Fonte: acervo pessoal

No balanço hídrico, as perdas aparentes apresentam um volume perdido de 1.938.994m³, o que representa 14,01% do total de perdas da unidade de negócios. Dentre as perdas comerciais registradas destacadas no balanço de massa aplicado, estão:

- **Submedição de hidrômetros:** A idade média do parque de hidrômetro é um ponto fundamental na redução da submedição. Considerando que quanto maior a idade dos hidrômetros, maiores serão as chances de registros de volume fora da curva de medição do equipamento, as ações de substituição de hidrômetros devem ser uma atividade contínua e sistemática de modo a garantir o menor erro no volume registrado;
- **Fraudes e ligações clandestinas:** o usuário, cadastrado ou não no sistema comercial, age de má fé com o objetivo de não registrar uma parte ou todo volume efetivo consumido pelo imóvel. Violação do lacre, *by-pass*, e inversão do hidrômetro são casos mais comuns e utilizados para fraudar a ligação predial.

Considerando as informações contidas no balanço hídrico, buscou-se elaborar um planejamento das atividades a serem executadas ao longo de 2020 envolvendo o atendimento de ações voltadas para as perdas reais e aparentes da unidade de negócios, ficando assim definidas:

Ações de Redução da Perda Real

- Instalação e manutenção de dispositivos de controle de nível dos reservatórios;
- Substituição de redes e ramais de ligação de água;
- Pesquisa de vazamentos por método acústico;
- Agilidade nos serviços de reparo de vazamentos em rede, ramal e kit cavalete;
- Gerenciamento de Pressão



Ações de Redução de Perda Aparente

- Instalação e verificação de Macromedidores;
- Intensificação das ações de combate a fraudes de ligação;
- Renovação da idade média do parque de hidrômetros;

RESULTADOS OBTIDOS

O trabalho de redução de perdas de água consiste na aplicação de ações que notadamente precisam ser sistemáticas e continuadas. Dentro do planejamento das atividades, o espaço para aplicação das ações e avaliação dos resultados levaram 12 meses, iniciando em Novembro de 2020. Destaca-se que no período do trabalho a pandemia foi um fator externo que exigiu mudança de hábitos e maior organização da Companhia de água frente às atividades inerentes ao abastecimento e atendimento ao cliente, especialmente nas ações que exigiam a programação e envolvimento de equipes operacionais espalhadas nas cidades que são atendidas com o serviço. Após a realização das atividades em campo, bem como avaliando as ações mês a mês, foram encontrados os seguintes resultados:

- **Análise das ações de perda aparente**

- **Instalação e verificação de macromedidores:** No período analisado, a unidade de negócios da Serra da Ibiapaba, conseguiu realizar a instalação de medidores eletromagnéticos do tipo carretel nas cidades que apresentaram aumento do volume perdido. Além disso, foi possível garantir as verificações dos equipamentos quanto à confiabilidade dos volumes registrados.



Figura 5 – Instalação de Medidor Eletromagnético. Fonte: Acervo pessoal

- **Intensificação das ações de fraudes de ligação:** As fraudes podem ser consideradas como sendo qualquer alteração feita nos hidrômetros ou na ligação domiciliar que possa contribuir com a ausência do registro do volume de água consumido pelo cliente. Para realização do trabalho de investigação, são levados em consideração as informações contidas nos relatórios de leitura emitida pelos profissionais responsáveis pela coleta das informações no imóvel, conhecidos como leituristas, assim como, durante os processos de análise de consumo medido pelo por equipe especializada que observam o perfil de consumo dos clientes em intervalos acima de três meses ou que causem redução brusca do consumo sem nenhuma ocorrência registrada. Além dessas ações, o trabalho busca também atender as denúncias relatadas por clientes através dos canais de comunicação e aplicativo da Companhia.



Figura 6 – Volume Recuperado de Fraudes. Fonte: Balanço Hídrico, SEI_CAGECE, 2022.

No período de 12 meses das ações, os serviços de combate a fraudes e ligações clandestinas resultaram em uma recuperação de um volume de 62.600m³. Comparando com o mesmo período do ano de 2021, houve um aumento de 38%.

- Renovação da Idade média do Parque de Hidrômetros: Considerando o trabalho de redução de perdas aparente por submedição de hidrômetros, foi realizada durante o período do trabalho a substituição de 8.837 medidores.

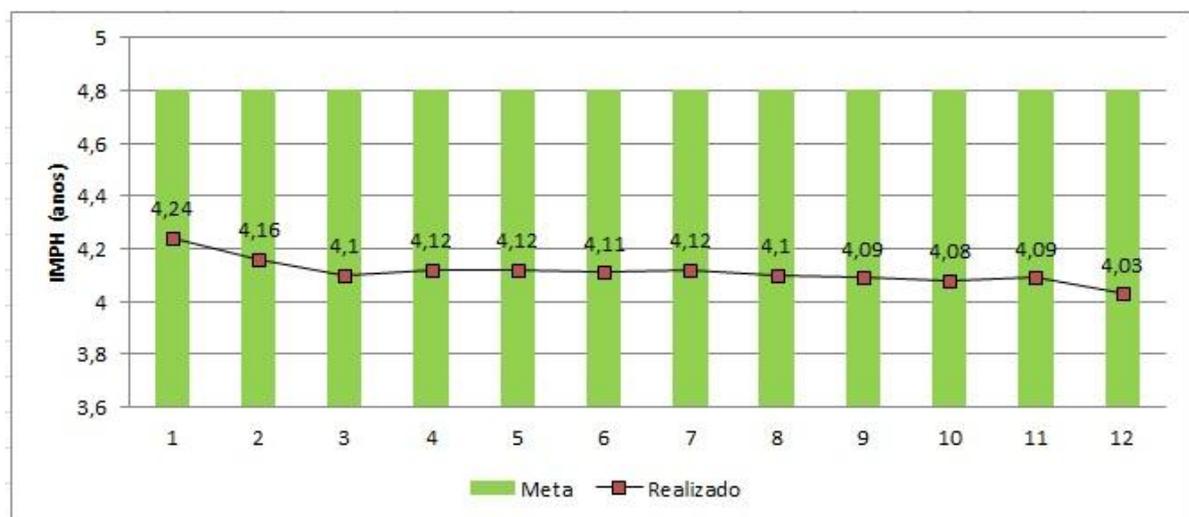


Figura 7 – Idade Média do Parque de Hidrômetros (IMPH). Fonte: Sistema Comercial, PRAX_CAGECE.

Conforme detalhado a figura 6, no período de Novembro de 2020 a Novembro de 2021, a unidade de negócios conseguiu manter a idade média do parque de hidrômetros abaixo da meta estipulada. Critérios como: hidrômetros acima de dez anos de instalação, categoria e perfil de consumo do cliente foram levados em consideração para o planejamento das ações e alcance dos resultados. O trabalho de manutenção preventiva do parque de hidrômetros permitiu reduzir perdas por submedição, bem como, oferecer redimensionamento do equipamento instalado.

- **Análise das ações de perda real**

- Instalação e manutenção de dispositivos de controle de nível dos reservatórios: O trabalho consistiu na instalação de boias e/ou manutenção das válvulas de controle na entrada de reservatórios de água do tipo elevado ou

apoiado. Com a redução do consumo, tem-se o acúmulo de água nos equipamentos, que quando não controlado, causa extravasamentos, contribuindo com a perda física dos sistemas de distribuição.



Figura 8 – Instalação de boia mecânica. Fonte: Acervo pessoal

- **Instalação de rede e ramais de ligação de água:** Uma das ações mais eficazes no trabalho de redução de perda real, a substituição de redes e ramais proporciona uma renovação do ativo instalado, garantindo sobrevida aos equipamentos que transportam água até o cliente.

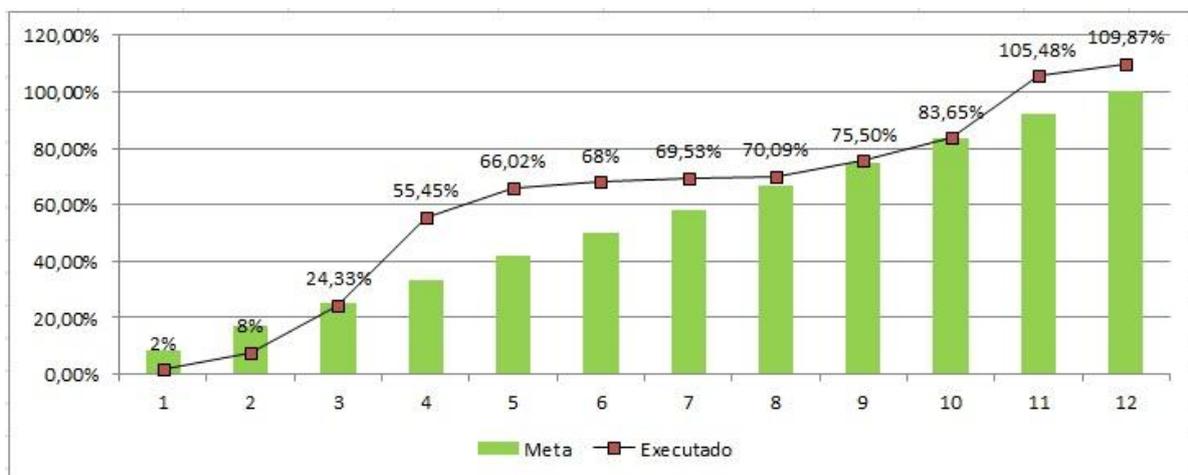


Figura 9 – Percentual de Rede Executada no Período. Fonte: SGR_CAGECE, 2021

Em todo o ano de 2021, foi executada a substituição de 31.920 m de rede de distribuição, com diâmetros variando em 50mm a 200mm, divididos em tubos linha PVC PBA CL 12 e PVC Defofo disponíveis em todas as cidades cobertas pela unidade. Conforme detalha o gráfico, foi possível superar os resultados ao longo do ano, chegando a um valor que supera a meta percentual estipulada para o ano em novembro de 2021. Nesta fase de instalação, foi possível acompanhar as execuções, observando pontos como: profundidade de escavação das valas, tipo de solo escavado e demais critérios de assentamento, de modo a garantir a máxima integridade das novas tubulações.

- **Pesquisa de Vazamentos por método acústico:** A metodologia mais eficiente no controle ativo de vazamentos não visíveis propõe através de métodos acústicos de detecção, encontrar pequenas rupturas e/ou fissuras ao longo das tubulações de redes e ramais de ligação de água instaladas nos centros urbanos e setores hidráulicos. Na condição do trabalho, foi possível vasculhar a rede de distribuição de água dos maiores sistemas da unidade, assim como, aqueles com maiores índices de perdas na distribuição.

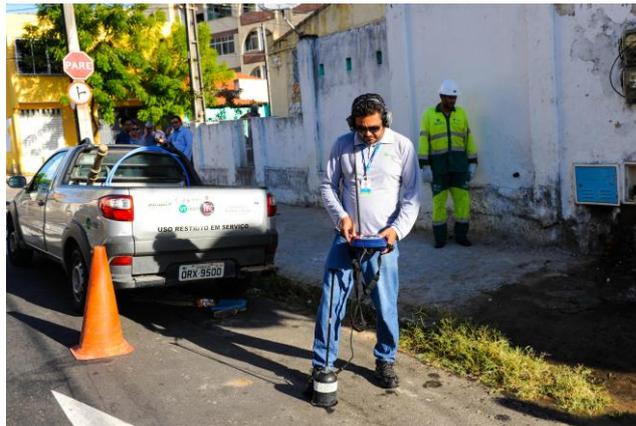


Figura 10 – Pesquisa de Vazamento. Fonte: Acervo pessoal

- **Gerenciamento de Pressão:** As pressões a que está submetido o sistema de distribuição de água são uma dos principais fatores que influenciam o aumento do número de vazamentos. Durante o período de baixo consumo, excepcionalmente na madrugada, por exemplo, ocorre um dos períodos onde mais se perde água por consequência do aumento da pressão. O consumo mínimo favorece o aparecimento de fuga em acessórios mais frágeis da rede, como juntas e conexões. Daí a necessidade de gerenciar as pressões na rede, através da instalação de dispositivos de controle como válvulas redutoras de pressão, de modo a reduzir a carga hidráulica e consequentemente à volume desperdiçado.

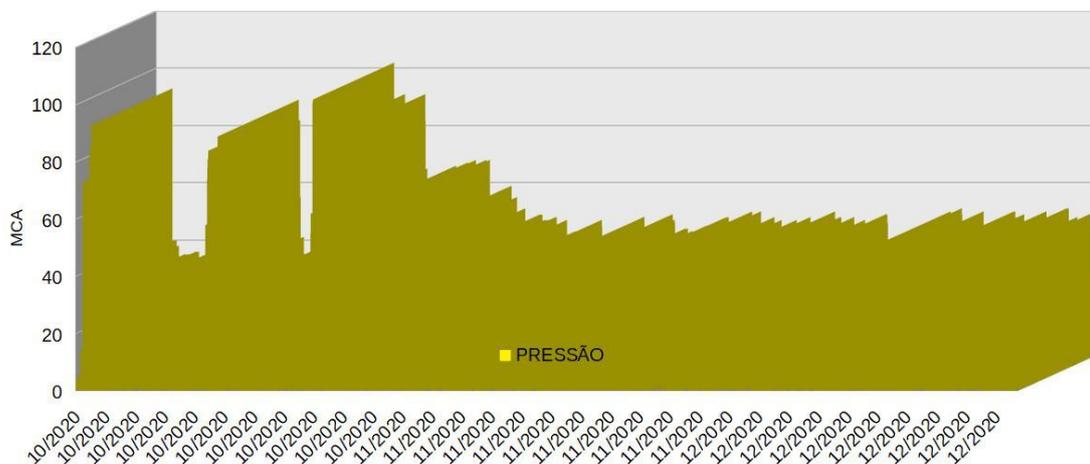


Figura 11 – Relatório Piezométrico, 10/10/20 a 06/12/20. Fonte: Telemetria_CAGECE, 2022

O relatório acima foi retirado do sistema de telemetria que é responsável pelo acompanhamento remoto das pressões na rede de distribuição de determinado bairro na Cidade de Viçosa do Ceará. O relatório mostra a relação de pressão registrada em intervalos que compreenderam os meses de Outubro a Dezembro de 2020. No perfil percebe-se o descontrole da pressão na linha a qual apresenta picos em determinado horário da madrugada com valores superiores a 100mca (metro de coluna de água).

Nesse horário, é comum o aparecimento de vazamentos em redes e ramais prediais que sem o devido controle, aumenta consideravelmente a perda no sistema distribuidor. Além disso, têm-se sucessíveis problemas e transtornos a população que ficam rotineiramente sem água em razão das paralisações para realização de manutenção na rede.

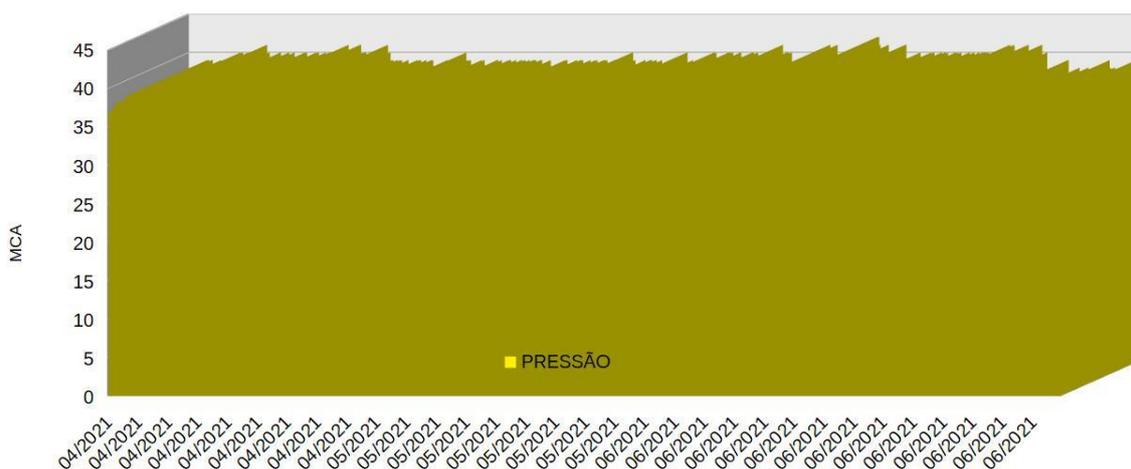


Figura 12 – Relatório Piezométrico, 01/04/21 a 31/07/21. Fonte: Telemetria_CAGECE, 2021

Após a instalação de dispositivos de controle de pressão, como válvulas redutoras de pressão, têm-se resultados mais satisfatórios. Observa-se que no mesmo intervalo de Abril a Julho de 2021, as pressões na rede mantiveram-se valores máximos abaixo da pressão máxima admissível da tubulação, com médias em torno de 30mca. Nesse intervalo de pressão é possível garantir o atendimento pleno das residências, bem como, diminuir vazamentos na rede distribuição, bem como em ramais e ligações prediais. O controle de pressão representa como uma das principais ações para controle da perda real.

- **Índice de Perdas na Distribuição – IPD**

Após a aplicação das ações ao longo do período analisado e registro dos resultados individuais de perda real e aparente em todas as cidades e sistemas que fazem parte da operação, buscou-se levantar as consequências e o impacto delas no Índice de Perdas na Distribuição – IPD da Unidade de Negócios da Serra da Ibiapaba, conforme demonstrado abaixo :

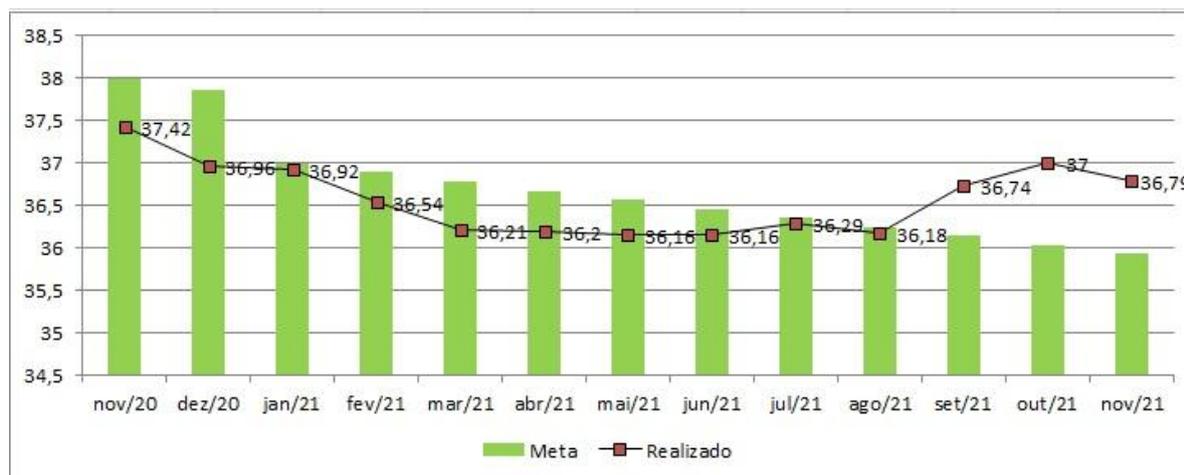


Figura 13 – Índice de Perdas na Distribuição/2021. Fonte: SGR_CAGECE, 2022

Observou-se uma queda de 0,63 pontos percentuais entre Novembro de 2020 a Novembro de 2021, mostrando-se eficiente as ações propostas. Em números absolutos, o volume perdido durante o período analisado foi de 3.774.05m³. Em comparação ao ano anterior, a redução do volume perdido foi de **1.354.577m³/ano**

CONCLUSÕES

– O diagnóstico da situação das redes de abastecimento de água tratada deve ser um trabalho contínuo, pois consegue trazer informações muito ricas sobre a área a ser abastecida;



– A instalação de Distritos de Medição e Controle – DMCs é a forma mais eficiente de proposição de redução de perdas. Um trabalho contínuo começa e termina por ele. Entende-se que os resultados partindo da gestão por DMCs tendem a ser mais expressivos, pois conseguem atender diversas ações em setores hidráulicos definidos;

– Adotar outros indicadores de desempenho contribui para a busca de melhores resultados. A perda em percentual não considera, ou até mesmo, não separa as perdas reais daquelas aparentes, causando dúvidas e más interpretações quando divulgado;

- No Balanço Hídrico é possível tipificar as variáveis das perdas de água, sendo uma ferramenta dinâmica que pode nortear as ações de combate as perdas mais eficientes e concretas;

– Dentro das perdas reais, é importante destacar o ganho operacional que é possível atingir apenas com o controle de pressão. Em perdas, a pressão é uma variável onde quando mais estável possível, melhores serão os resultados;

- Com os dados analisados no período correspondente, as ações resultaram em uma redução das perdas de água que corresponde a 1.354.577m³/ano aproximadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H.; COELHO, S.T.; ALMEIDA, M.C.; VIEIRA, P. *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Série Guias Técnicos 3, Ed, IRAR, Lisboa, 2005.*
2. ABES. *Controle e redução de perdas nos sistemas de públicos de abastecimento de água. Posicionamento e contribuições técnicas da ABES.* Rio de Janeiro, 2016.
3. BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. *Perdas de água: tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 220 p*
4. BRASIL. MINISTERIO DA SAUDE. *Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água. 2.ed.* FUNASA,2014.
5. Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il
6. CAGECE. *Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Sistema Empresarial de Informações. Acesso em Dezembro de 2019 a Novembro de 2022;*
7. CAGECE. *Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Sistema Comercial PRAX. Acesso em Dezembro de 2019 a Novembro de 2022;*
8. GOMES, HEBER PIMENTEL.; RAFAEL PEREZ GARCIA,.; PEDRO L.IGLESIAS REY. *Abastecimento de água: o estado da arte e técnicas avançadas.* UFPB/Editora Universitária, 2007.
9. Gonçalves, E. (1998). Metodologias para Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água - Estudo de Casos da CAESB. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF.
10. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População residente recenseada, Censo 2021. Brasília, DF.
11. IWA. Associação Internacional da Água. Congresso Mundial da Água. Disponível em: <https://worldwatercongress.org/>. Acessado em 23 de Março de 2022.
12. MACHADO, R. R. Oficina para a Construção do Documento sobre Gestão e Controle de Perdas, 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água - ABES, Porto Alegre, 2015.



13. MALCOLM, F. World Health Organization (2001). Water, Sanitation and Health Team & Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Leakage management and control : a best practice training manual. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66893>>, acessado em 08 de Julho de 2022.
14. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Dados do Saneamento no Brasil. SNIS. Brasil, 2019.*
15. MORAES, H. T. N; JEROZOLIMSK, T.. Perdas reais em sistemas de abastecimento de água: avanços necessários no caso brasileiro. In Anais: 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG – 2007
16. LAMBERT, A “ Water Losses Management and Techniques. “*Water Science and Technology: Water Supply*, 2(4), 2002.
17. LAMBERT, A. HIRNER, W. Losses from Water Supply Systems: Standart Terminology and Recommended Perfomance Measures. EUA: IWA,2000.
18. WRC (1985). “Leakage Control, Policy and Practice. Engineering and Operations Committee.”
19. Silva, Cleyton Oliveira da. *Modelagem de rede de distribuição de água com ênfase no controle de perdas / Cleyton Oliveira da Silva.- João Pessoa, 2006*
20. TARDELLI FILHO, J. *Controle e Redução de Perdas. In TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3ª edição. Depto de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da USP. 2006.*
21. TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento do Brasil 2021 (SNIS 2020), 2021. Vicentini, Liliana Pedroso. *Componentes do Balanço Hidrico para avaliação de PERdas em Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação de Mestrado, São Paulo 2012*