REDUÇÃO DE PERDAS FÍSICAS POR MEIO DO CONTROLE DE PRESSÃO NO MUNICÍPIO DE CANOINHAS: SITUAÇÃO REAL DE UTILIZAÇÃO DE VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO COM DUPLO ESTÁGIO

Eduardo Nishida[(1)]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), especialista em Patologia das Construções pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Instituto de Administração (FIA) e mestrando do Programa ProfÁgua na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Atualmente é Chefe do Setor de Perdas e Eficiência Operacional Norte/Vale (SEPEN) da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).
Cristovão Pereira Silva[(2)]
Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETF-SC), Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Faculdade de Tecnologia SENAI Blumenau e Especialista em Gestão Integrada de Saneamento Básico pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Atualmente compõe a equipe do Setor de Perdas e Eficiência Operacional Norte/Vale (SEPEN) como Técnico em Saneamento na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).
Maicon André Vieira da Silva [(3)]
Técnico em Saneamento pela Associação Educacional e Tecnológica de Santa Catarina (ASSESSORITEC), Tecnólogo em Gestão Ambiental e Especialista em Recursos Hídricos, ambas pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Atualmente é Chefe da Agência de Canoinhas/SC na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Endereço[(1)]**:** Alameda Bela Aliança nº 1010, Apartamento 301 – Jardim América – Rio do Sul/SC – CEP 89160-216 – Brasil - Tel: +55 (47) 98493-5072 - e-mail: eduardonishida@gmail.com.

RESUMO

As perdas de água em sistemas de abastecimento representam um dos principais desafios operacionais enfrentados pelas companhias de saneamento, ocasionando impactos econômicos, operacionais e ambientais. Entre os fatores associados às perdas reais, destacam-se as elevadas pressões operacionais e a antiguidade das redes de distribuição. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da aplicação de estratégias de gerenciamento de pressão para redução de perdas reais no setor de abastecimento R3 do município de Canoinhas. Inicialmente foi realizado diagnóstico operacional do setor, identificando elevados índices de perdas, pressões excessivas e grande frequência de vazamentos e rompimentos. Posteriormente, foram implantadas válvulas redutoras de pressão em pontos estratégicos da rede de distribuição, visando promover maior estabilidade hidráulica e reduzir os excessos de pressão existentes no sistema. Em seguida, foi implantado sistema de operação em duplo estágio ou *set point*, do tipo day-night, permitindo adequação das pressões às variações de consumo ao longo do dia. Os resultados obtidos demonstraram redução significativa das perdas reais e melhoria das condições operacionais do sistema, evidenciando a eficiência do gerenciamento de pressão como ferramenta de combate às perdas em sistemas de abastecimento de água.

PALAVRAS-CHAVE: perdas reais, gerenciamento de pressão, válvula redutora VRP

INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água desempenham papel essencial na promoção da saúde pública, no desenvolvimento econômico e na qualidade de vida da população, sendo responsáveis pelo fornecimento contínuo de água potável em quantidade e qualidade adequadas (ALÉM SOBRINHO; MARTINS, 2004). Nesse contexto, as companhias de saneamento enfrentam o desafio permanente de ampliar a eficiência operacional de seus sistemas, conciliando a crescente demanda por água com a necessidade de preservação dos recursos hídricos e de sustentabilidade econômica dos serviços prestados.

Em Santa Catarina, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) é responsável pela operação dos serviços de abastecimento de água em 194 municípios catarinenses e no município de Barracão no estado

do Paraná, atendendo aproximadamente 3,5 milhões de consumidores por meio de 235 Sistemas de Abastecimento de Água, com cobertura de abastecimento de aproximadamente 96%. Além disso, atua na operação de sistemas de esgotamento sanitário e no desenvolvimento de programas socioambientais, desempenhando papel estratégico na implementação das políticas públicas de saneamento do Estado.

Entre os principais desafios enfrentados pelas companhias de saneamento destaca-se o controle das perdas de água nos sistemas de distribuição. As perdas representam parcela significativa do volume produzido que não chega ao consumidor final, ocasionando impactos econômicos, operacionais e ambientais (LAMBERT; HIRNER, 2000). Além do desperdício de água tratada, elevam os custos de captação, tratamento, bombeamento e distribuição, comprometem a eficiência operacional dos sistemas e aumentam a pressão sobre os mananciais utilizados para abastecimento público, especialmente em episódios de crise hídrica decorrentes de períodos com baixa precipitação, onde o assunto ganha evidência, inclusive nas mídias (TARDELLI FILHO, 2015). As perdas podem ser classificadas em aparentes e reais. As perdas aparentes estão associadas a fraudes, ligações clandestinas, falhas cadastrais e imprecisões de medição, enquanto as perdas reais correspondem ao volume efetivamente perdido por vazamentos em tubulações, conexões, reservatórios e demais componentes do sistema de distribuição (TARDELLI FILHO, 2004). Dentre os fatores que influenciam diretamente as perdas reais, destaca-se a pressão de operação das redes, parâmetro de maior importância relacionado à frequência e magnitude dos vazamentos, uma vez que pressões elevadas aumentam os esforços mecânicos sobre a infraestrutura, favorecem o surgimento de rompimentos e ampliam a vazão dos vazamentos existentes. Nesse cenário, o gerenciamento de pressão consolidou-se como uma das principais estratégias para redução das perdas reais em sistemas de abastecimento de água (TARDELLI FILHO, 2004). Entre as técnicas empregadas, destacam-se as Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs), responsáveis por limitar e estabilizar as pressões em setores específicos da rede de distribuição. Mais recentemente, sistemas de controle em duplo *set-point* (*day-night*) passaram a complementar essa estratégia, permitindo a redução automática das pressões durante os períodos de menor consumo, especialmente no período noturno, quando a influência dos vazamentos sobre a vazão distribuída torna-se mais significativa. A Vazão Mínima Noturna constitui um dos principais indicadores utilizados para avaliação da efetividade dessas ações, por possibilitar o acompanhamento e rápida identificação de vazamentos não declarados (LAMBERT; HIRNER, 2000).

Apesar dos avanços tecnológicos e operacionais disponíveis, os índices de perdas de água no Brasil permanecem elevados. Segundo o Diagnóstico Temático do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), as perdas na distribuição atingiram 39,53% em 2024, enquanto as perdas por ligação corresponderam a 349,1 $l.lig^{-1}.dia^{-1}$ (BRASIL, 2025). Esse cenário reforça a necessidade de adoção de estratégias operacionais capazes de melhorar o desempenho dos sistemas existentes sem demandar elevados investimentos em renovação da infraestrutura. Nessa perspectiva, o gerenciamento de pressão destaca-se como uma alternativa técnica e economicamente viável, visto que a implementação de medidas de redução deve considerar o nível econômico de perdas, entendido como o patamar em que o custo das intervenções supera os benefícios decorrentes da diminuição do volume perdido (LIMA, 2017).

Nesse contexto, a Agência da CASAN de Canoinhas vem desenvolvendo um conjunto de ações voltadas ao controle das perdas reais, contemplando a setorização do sistema de distribuição, a implantação de macromedição, o monitoramento remoto das pressões e o gerenciamento de pressão por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) equipadas com sistemas hidráulicos de duplo set-point (*day-night*). O presente trabalho apresenta os resultados obtidos com a implantação dessas estratégias no setor de abastecimento Campo da Água Verde, avaliando sua influência sobre a Vazão Mínima Noturna, as ocorrências de vazamentos e outros indicadores operacionais utilizados no acompanhamento das perdas reais.

OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é apresentar os resultados dos indicadores de perdas através do controle de pressão no setor crítico, dispensando a necessidade de grandes investimentos na modernização das redes de distribuição. Como objetivos específicos, podemos relacionar os seguintes:

- ✓ Apresentar o impacto das ações no número de ocorrências operacionais do setor;
- ✓ Apresentar evolução dos indicadores de perdas do setor de estudo e do município de Canoinhas;
- ✓ Propor recomendações para continuidade dos trabalhos no combate às perdas de água.

METODOLOGIA

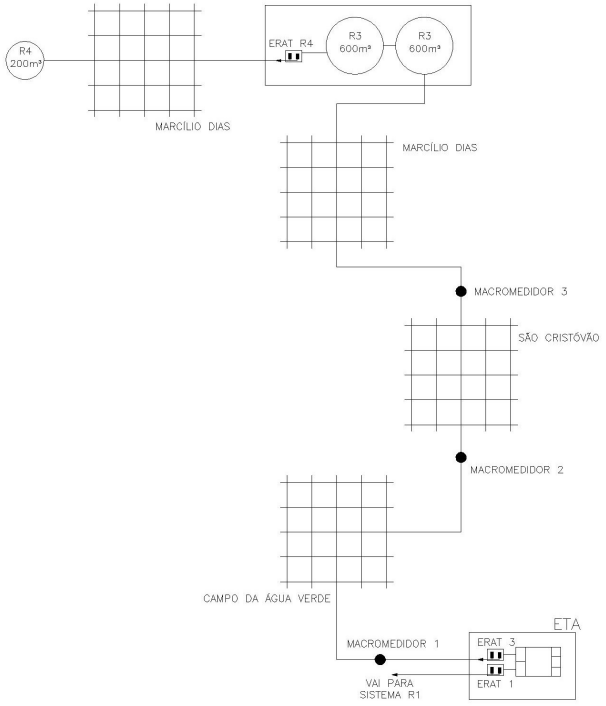
O desenvolvimento deste estudo foi estruturado em cinco etapas principais. Inicialmente foi realizada a caracterização da área de estudo, contemplando os aspectos operacionais e hidráulicos do setor analisado. Na sequência, descreve-se a metodologia empregada para determinação da Vazão Mínima Noturna (VMN), utilizada como principal indicador de desempenho operacional. Posteriormente, são apresentadas as etapas de implantação das Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs), do sistema de monitoramento remoto das pressões e, por fim, da implementação dos sistemas hidráulicos de duplo set-point (day-night), utilizados para adequação das pressões às variações de consumo ao longo do dia.

Caracterização da área de estudo

O setor R3 constitui uma das principais áreas de abastecimento do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Canoinhas, atendendo aproximadamente 4.916 ligações de água, o que corresponde a cerca de 24,6% do total de 16.560 ligações cadastradas na sede do município. Considerando a população urbana atendida pela CASAN, estimada em aproximadamente 45.000 habitantes, conforme dados do Base de Dados Operacional – BADOP, possuindo significativa representatividade operacional dentro do sistema do município. Em relação aos indicadores de perdas, no ano de 2024, Canoinhas apresentou Índice de Perdas na Distribuição (IPD) de 41,8% e Índice de Perdas por Ligação (IPL) de 366,3 l/lig.dia.

O sistema é abastecido por uma estação de recalque localizada na área da Estação de Tratamento de Água (ETA), responsável por pressurizar toda a malha de distribuição da região, incluindo o atendimento ao sistema São Cristóvão, localizado no município vizinho de Três Barras. Nas porções mais elevadas do sistema, no bairro Marcílio Dias, encontram-se os reservatórios R3 e R4, ambos classificados como reservatórios de jusante, popularmente denominados “reservatórios de sobra”. Em função dessa configuração operacional, as regiões situadas em cotas mais baixas ficam submetidas a elevadas pressões de serviço, da ordem de 50 mca. Destaca-se, nesse contexto, o bairro Campo da Água Verde, onde as ocorrências operacionais são recorrentes e estão fortemente associadas aos elevados níveis de pressão observados na rede de distribuição. Em razão dessas características, essa região, composta por 3.727 ligações de água (76% do SAA R3), foi selecionada para o desenvolvimento e aplicação de estratégias de gerenciamento e redução de pressão. As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, o croqui de abastecimento e a localização da área de estudo.

Figura 1 – Croqui de abastecimento do Setor R3



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Figura 2 – Localização geográfica do Campo da Água Verde

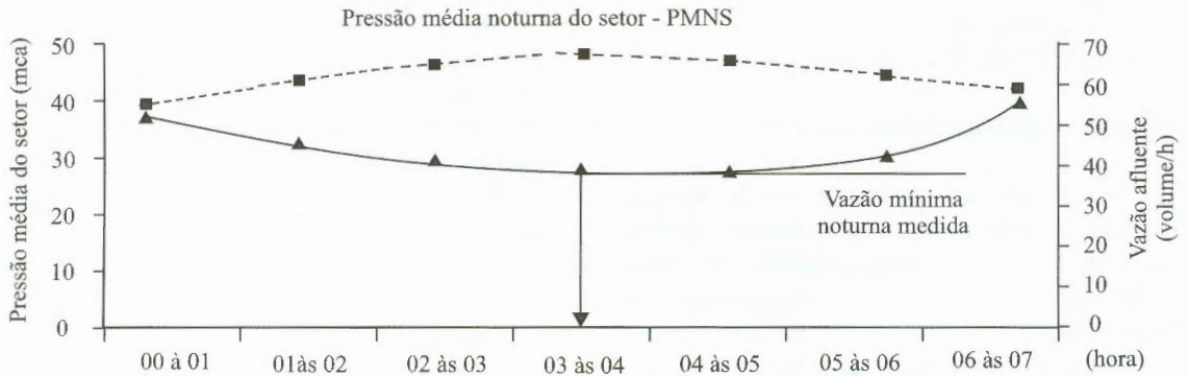


Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026)

Vazão Mínima Noturna

O ensaio de Mínima Vazão Noturna (MVN) é amplamente utilizado na avaliação de perdas reais em sistemas de abastecimento de água, constituindo um importante indicador para avaliação da efetividade de ações de gerenciamento de pressão, visto que a interpretação dos resultados deve considerar a influência das pressões sobre os vazamentos pois, durante o período noturno, a redução da demanda provoca o aumento das pressões na rede, elevando as vazões perdidas pelos vazamentos existentes. O uso da VMN para a determinação das perdas reais é vantajosa devido ao fato de que, no momento de sua ocorrência, há pouco consumo, as vazões são estáveis e uma parcela significativa do seu valor refere-se aos vazamentos. O método baseia-se na análise da vazão que ingressa em um setor durante o período de menor consumo, geralmente entre 3h e 4h da madrugada (TARDELLI FILHO, 2004), conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Ensaio de Vazão Mínima Noturna por método indireto



Fonte: Tardelli Filho (2004) adaptado de Lambert (2002)

Ela é composta pela soma do consumo legítimo realizado pelos usuários durante a madrugada e das perdas existentes na rede de distribuição. Assim, a estimativa da vazão associada aos vazamentos pode ser obtida pela diferença entre a mínima vazão medida e o consumo noturno legítimo estimado, ou uso noturno, entretanto, no presente estudo, não se buscou determinar a parcela correspondente ao consumo legítimo noturno, uma vez que esse parâmetro apresenta variações em função das características específicas de cada sistema de abastecimento. Dessa forma, a mínima vazão noturna foi utilizada como um indicador de desempenho operacional, sendo avaliada sua evolução ao longo do tempo à medida que as ações de combate às perdas foram implementadas. Neste trabalho, não foi realizada a distinção entre a parcela proveniente dos vazamentos no sistema e a correspondente ao uso noturno dos consumidores, ou seja, não se entrou no mérito de determinar os valores de cada componente da MVN, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Componentes da Vazão Mínima Noturna

<table>
<tr><td rowspan="8">Vazão mínima medida</td><td rowspan="5">Vazão noturna dos vazamentos</td><td rowspan="3">Vazão noturna dos vazamentos na rede</td><td>Vazamentos não-visíveis estimados</td><td>Vazamentos não-visíveis estimados</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Vazamentos inerentes no sistema de distribuição</td><td>Na rede</td></tr>
<tr><td>Nos ramais (rede até o hidrômetro)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Consumo noturno</td><td rowspan="3">Vazamentos em tubulações internas das economias</td><td>Nas tubulações internas até a caixa d'água, inclusive</td></tr>
<tr><td>Nas bóias das caixas d'água</td></tr>
<tr><td>Nas tubulações internas de cada economia, após a caixa d'água</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Uso noturno pelos consumidores</td><td rowspan="2">Consumo noturno excepcional</td><td>Não-residencial</td></tr>
<tr><td>Residencial</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Consumo noturno estimado</td><td>Não-residencial</td></tr>
<tr><td>Residencial</td></tr>
</table>

Fonte: Tardelli Filho (2004) adaptado de Lambert (2002)

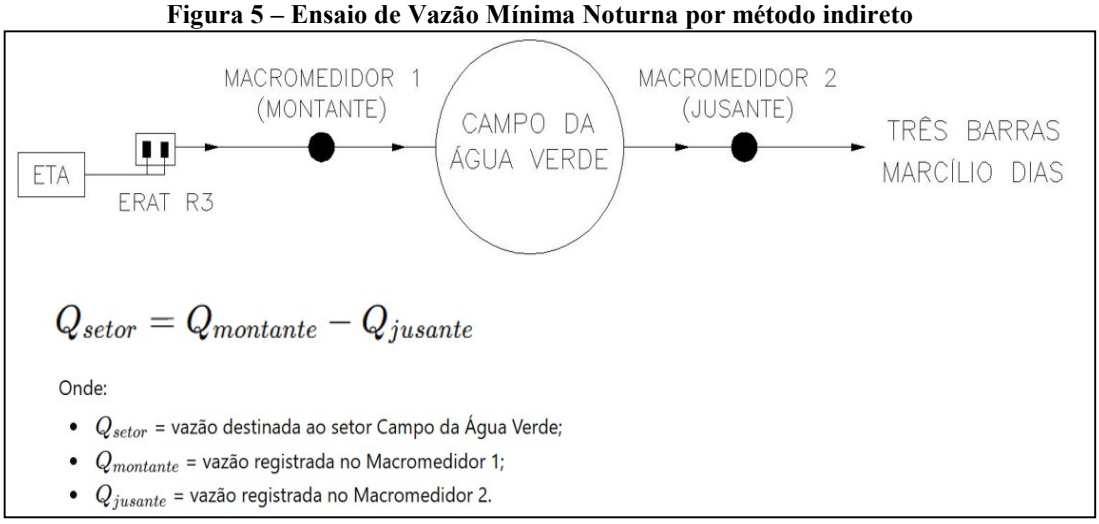
A determinação da vazão no setor Campo da Água Verde foi realizada por método indireto, utilizando os registros de vazão dos macromedidores instalados no sistema de distribuição. Para sua estimativa, aplicou-se o princípio do balanço de vazões entre dois pontos de medição, considerando o macromedidor localizado a montante e a jusante da área de estudo. Neste trabalho, os equipamentos foram identificados como Macromedidor 1 (montante) e Macromedidor 2 (jusante), conforme Figura 1. Assim, a vazão destinada ao setor foi obtida pela diferença entre as vazões registradas nesses dois pontos de medição, cujos valores são obtidos através dos dados disponibilizados pelo sistema supervisório da CASAN. Para fins de padronização e comparação dos resultados, adotou-se a leitura sempre às 03h00, horário convencionalmente utilizado por representar um período de baixo consumo e, consequentemente, adequado para a análise da VMN. O acompanhamento deste indicador passou a ocorrer no início de 2025, cujos resultados são apresentados no capítulo seguinte.

A macromedição constitui uma ferramenta fundamental para a gestão operacional dos sistemas de abastecimento de água, permitindo o monitoramento contínuo dos volumes distribuídos, a realização de balanços hídricos e a avaliação de indicadores relacionados ao controle de perdas. Entre as tecnologias disponíveis para essa finalidade, destacam-se os medidores de vazão eletromagnéticos, amplamente utilizados em sistemas de abastecimento devido à sua elevada precisão e confiabilidade, cujo princípio de funcionamento baseia-se na Lei da Indução Eletromagnética de Faraday. Destaca-se que, no estudo em questão, ambos os macromedidores são eletromagnéticos.

Uma das principais vantagens dessa tecnologia é a ausência de partes móveis em contato com o fluido, o que reduz significativamente o desgaste mecânico e a necessidade de manutenção. Além disso, apresentam baixa perda de carga, ampla faixa de medição e elevada precisão mesmo em condições de baixas velocidades de escoamento, características particularmente importantes para aplicações relacionadas à análise de vazões mínimas noturnas e ao monitoramento de perdas reais.

No presente estudo, os equipamentos foram devidamente instalados em regiões estratégicas e seus dados armazenados pelo sistema supervisório da CASAN, servindo de base para a determinação indireta da vazão destinada ao setor Campo da Água Verde e, desse modo, permitindo o monitoramento da evolução da Vazão Mínima Noturna (VMN) e a avaliação dos resultados obtidos com as ações de gerenciamento de pressão implementadas. A Figura 5 apresenta um croqui esquemático da disposição dos macromedidores 1 e 2 em relação à área de estudo, detalhando a metodologia adotada para a determinação da Vazão Mínima Noturna (VMN) de maneira indireta

Figura 5 – Ensaio de Vazão Mínima Noturna por método indireto



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

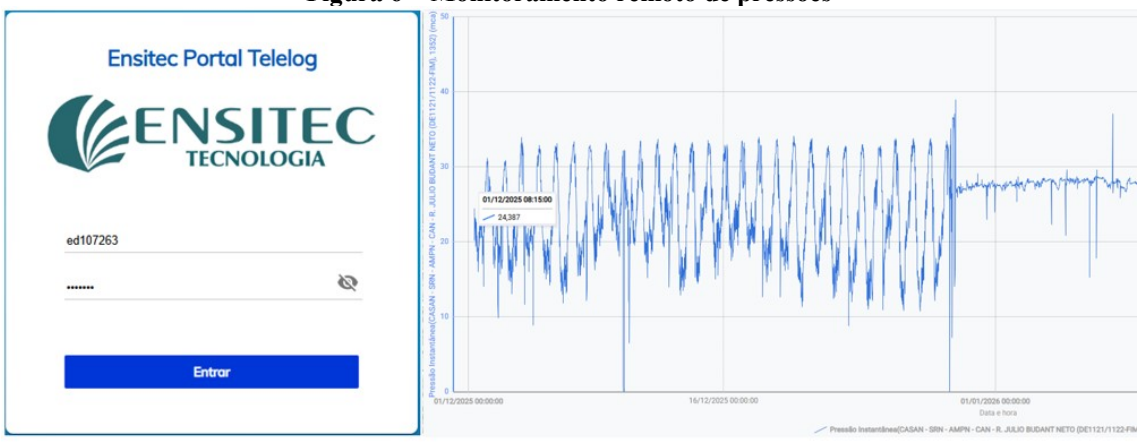
Implantação das Válvulas Redutoras de Pressão

Com o objetivo de facilitar a implantação das Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs), foram identificadas as regiões hidraulicamente isoladas do SAA Campo da Água Verde. A partir dessa análise, o setor foi subdividido em quatro áreas de controle, cada uma associada a uma VRP, denominadas A, B, C e D. Após a realização dos estudos de vazão, a equipe técnica definiu os diâmetros adequados para cada instalação e foram iniciadas as atividades de implantação, executadas pela equipe operacional de Canoinhas de forma gradativa, começando pelas intervenções de menor complexidade operacional. Nesse contexto, a VRP A foi instalada em abril de 2025, seguida pela VRP B em junho de 2025 e pela VRP C em julho de 2025. A instalação da VRP D foi postergada para uma etapa futura em razão da indisponibilidade de uma válvula com diâmetro de 150 mm, conforme especificado no dimensionamento previamente realizado.

Implantação de monitoramento remoto de pressão

Visando aprimorar o controle e desempenho das VRPs, foi implantado, por meio de empresa especializada contratada, um sistema de monitoramento de pressões no SAA denominado Telelog. Os equipamentos foram posicionados estrategicamente em pontos previamente definidos pela área técnica, possibilitando o acompanhamento contínuo dos dados a jusante das válvulas, permitindo a rápida identificação de eventuais anomalias ou falhas em seu funcionamento, visando reduzir o tempo de resposta das equipes de manutenção. Os pontos de controle receberam os nomes de PA, PB e PC, conforme nomenclatura da VRP correspondente. A seguir, a Figura 6 apresenta um exemplo genérico de como os dados de pressão são disponibilizados pelo sistema Telelog, onde é possível acompanhar a variação da pressão no ponto de interesse ao longo de um determinado tempo definido pelo usuário.

Figura 6 – Monitoramento remoto de pressões

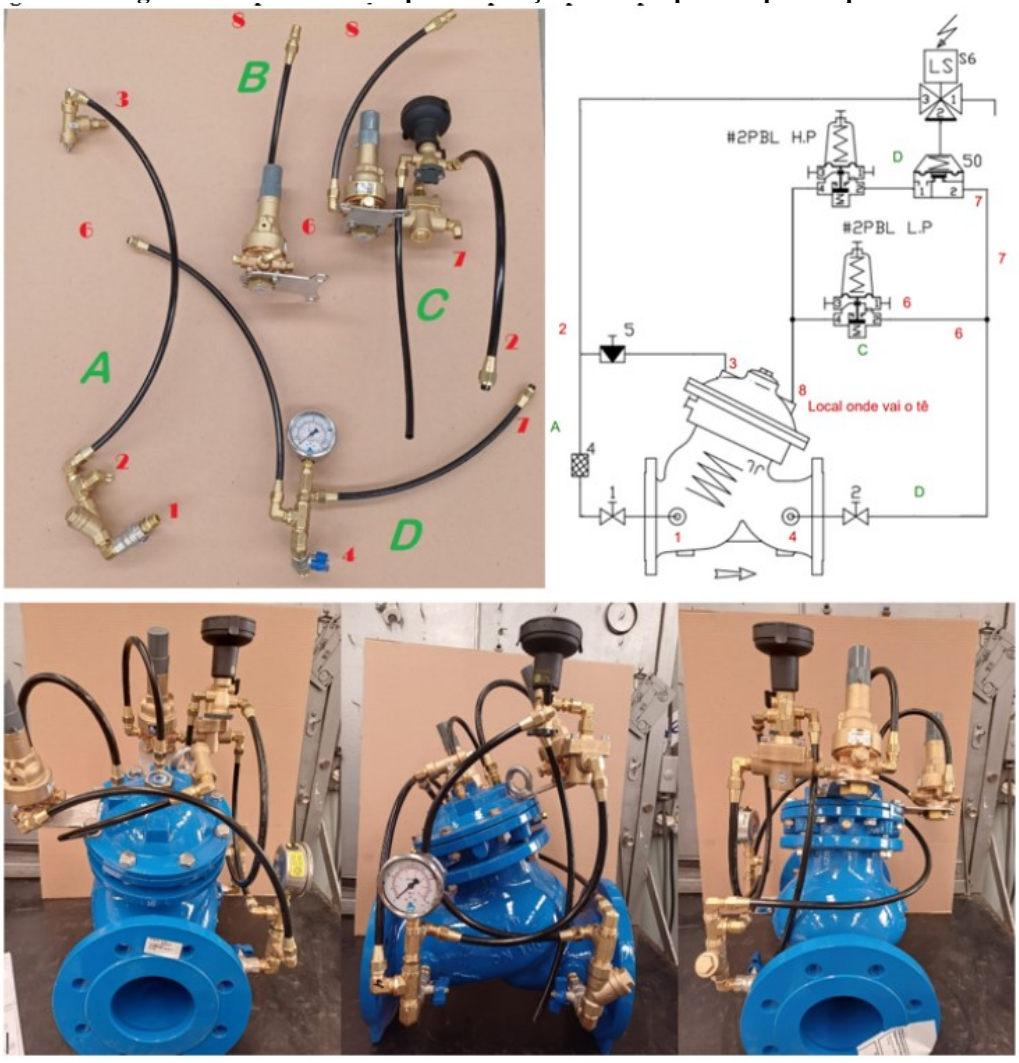


Fonte: Adaptado do Sistema Telelog pelos autores (2026)

Implantação dos sistemas hidráulicos de duplo set-point (day-night)

A estratégia adotada baseou-se no comportamento característico dos sistemas de abastecimento de água, nos quais a redução da demanda durante o período noturno resulta no aumento das pressões nas redes de distribuição. Nessas condições, as vazões associadas aos vazamentos existentes tendem a aumentar, elevando os volumes perdidos. Dessa forma, a implantação de um regime de redução de pressão no período noturno é uma prática usual na mitigação desse efeito, reduzindo as perdas de água e promovendo ganhos de eficiência operacional. Partindo-se da premissa de que nenhum sistema de abastecimento de água é completamente estanque, a estratégia de redução da pressão noturna reconhece a existência de perdas inerentes à operação, buscando, entretanto, restringi-las ao menor patamar possível. Sendo assim, as adequações nos equipamentos foram todas realizadas em 2026, sendo nas VRPs A e B no mês de maio e VRP C no mês de abril, realizada antes das demais por ser aquela que possui maior área de influência. Na Figura 7 é apresentada um modelo de VRP com os respectivos componentes, croqui de instalação e situação final, na qual é possível transformar a válvula convencional numa day-night.

Figura 7 – Kit hidráulico para alteração da VRP para duplo set-point

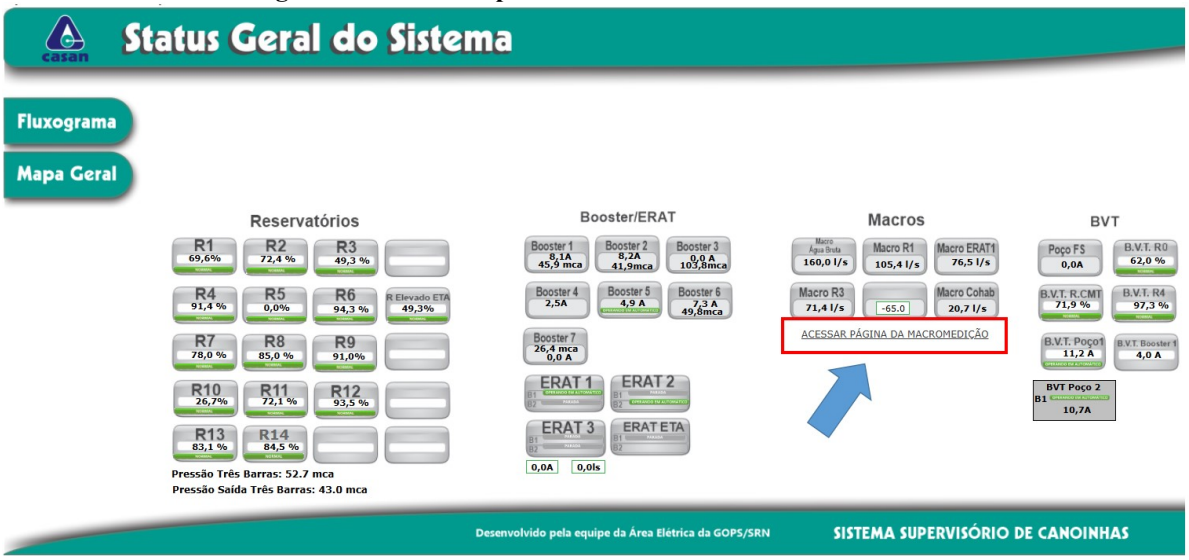


Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

RESULTADOS OBTIDOS

As informações dos macromedidores 1 e 2 foram disponibilizadas no sistema supervisório da CASAN, conforme ilustrado nas Figuras 8 e 9, facilitando a obtenção dos dados em tempo real. Já na Figura 10, são apresentados os respectivos macromedidores instalados nos pontos de interesse, ambos eletromagnéticos.

Figura 8 – Sistema supervisório de Canoinhas - Status Geral



Fonte: Adaptado do sistema supervisório pelos autores (2026)

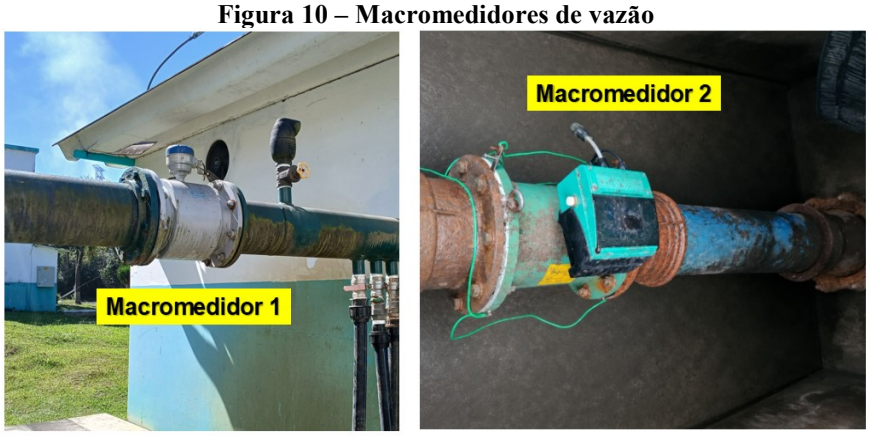
Figura 9 – Sistema supervisório de Canoinhas - Página da macromedição



Local da Medição	Vazão em litros por segundo	Acumulado em metros cúbicos
Água Bruta	160,0 l/s	47560292,0 m³
R 1	100,6 l/s	17424705,9m³
ERAT 1	76,6 l/s	12641058,0 m³
R 3	76,9 l/s	3824138,6m³
Cohab	23,5 l/s	44941245,0 m³
Entrada R 1	86,2 l/s	271591,0 m³
Booster 2	5,3 l/s	105175,0 m³
DMC Alto Frig.	2,7 l/s	44941245,0 m³
Três Barras	30,8 l/s	1848870,4 m³
Saída Três Barras	1,7ls	279755,0m³

Fonte: Adaptado do sistema supervisório pelos autores (2026)

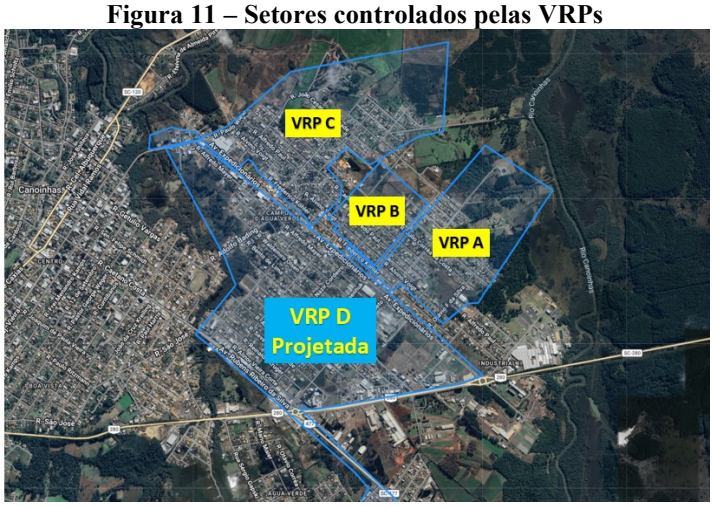
Figura 10 – Macromedidores de vazão



Fonte: Acervo dos autores (2026)

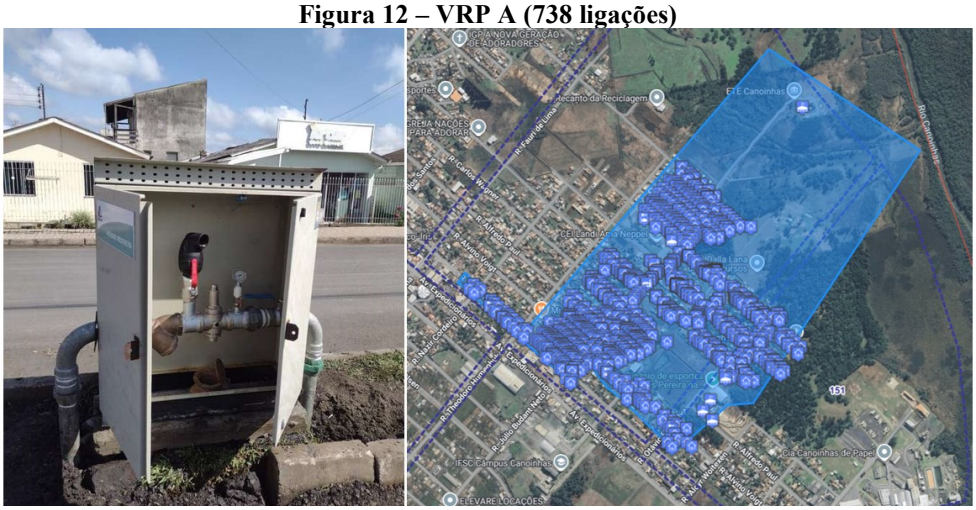
Referente à setorização do sistema do Campo da Água Verde, o estudo resultou na implantação dos 4 setores controlados pelas VRPs, conforme detalhado na Figura 11. Já nas Figuras 12, 13 e 14 são mostradas cada uma das válvulas instaladas em seus respectivos locais.

Figura 11 – Setores controlados pelas VRPs



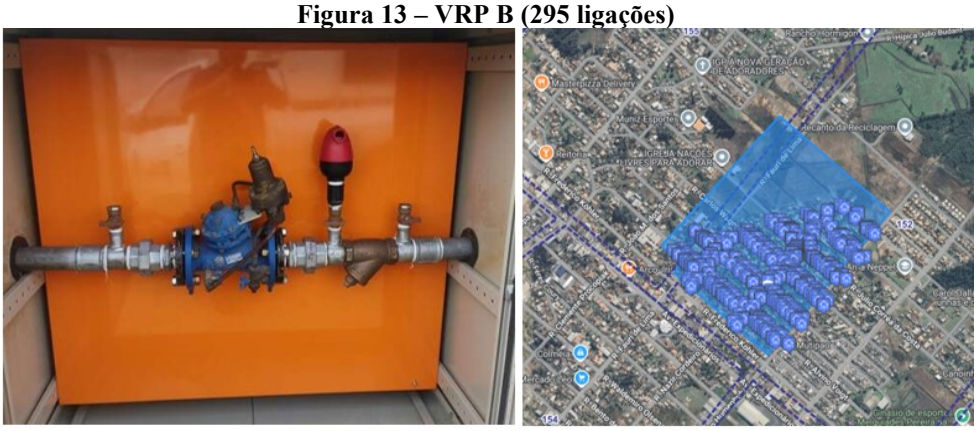
Fonte: Adaptado do Google Earth pelos autores (2026)

Figura 12 – VRP A (738 ligações)



Fonte: Acervo dos autores (2026)

Figura 13 – VRP B (295 ligações)



Fonte: Acervo dos autores (2026)

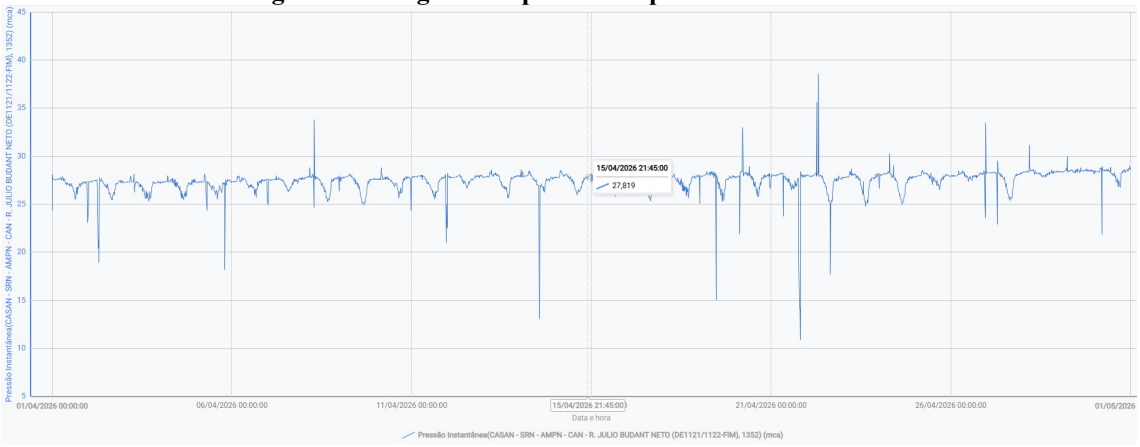
Figura 14 – VRP C (916 ligações)



Fonte: Acervo dos autores (2026)

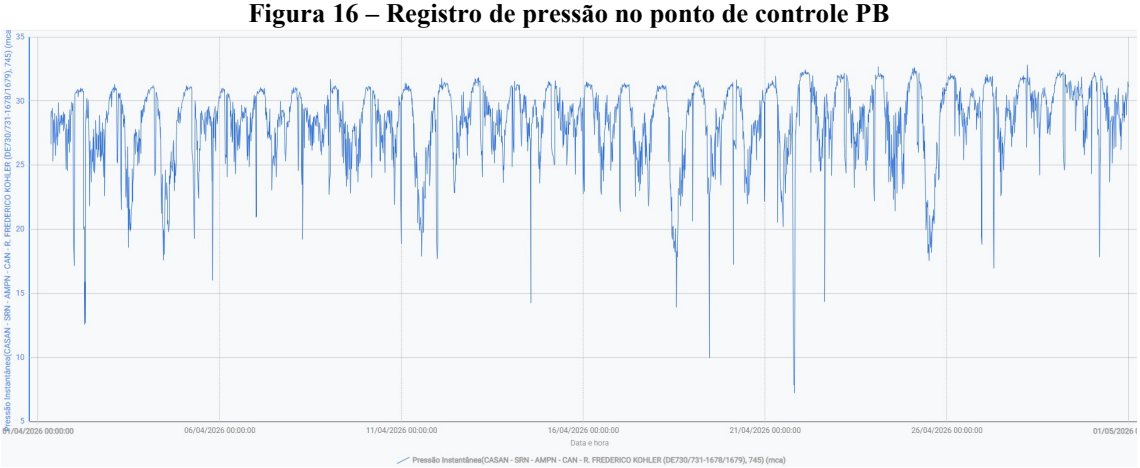
Após a implantação das VRPs, as pressões do sistema, inicialmente da ordem de 50 mca, passaram a situar-se predominantemente entre 20 e 30 mca, conforme evidenciam os registros dos pontos de monitoramento apresentados nas Figuras 15, 16 e 17. Embora sejam observados alguns valores fora dessa faixa, esses registros são atribuídos, em sua maioria, a falhas na transmissão de dados pelo sistema supervisório, não representando o comportamento hidráulico predominante do sistema.

Figura 15 – Registro de pressão no ponto de controle PA



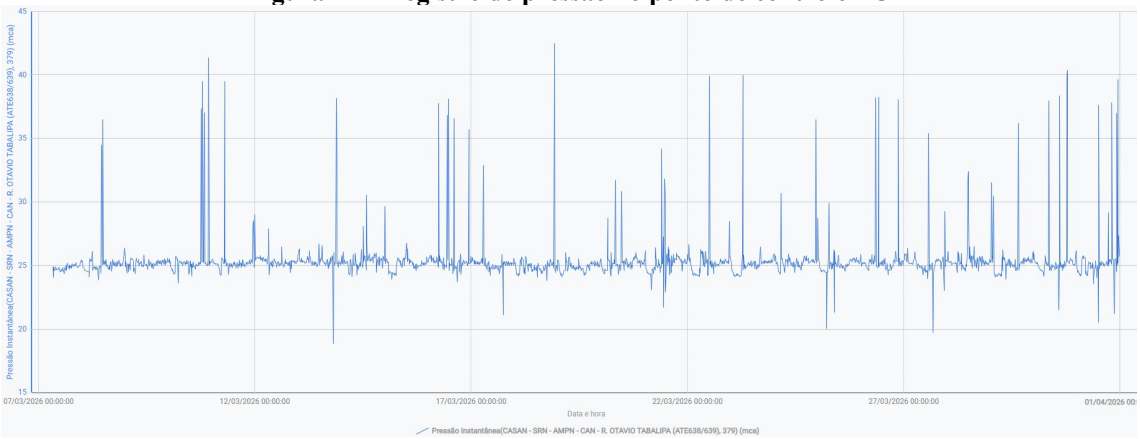
Fonte: Dados do Sistema Telelog (2026)

Figura 16 – Registro de pressão no ponto de controle PB



Fonte: Dados do Sistema Telelog (2026)

Figura 17 – Registro de pressão no ponto de controle PC



Fonte: Dados do Sistema Telelog (2026)

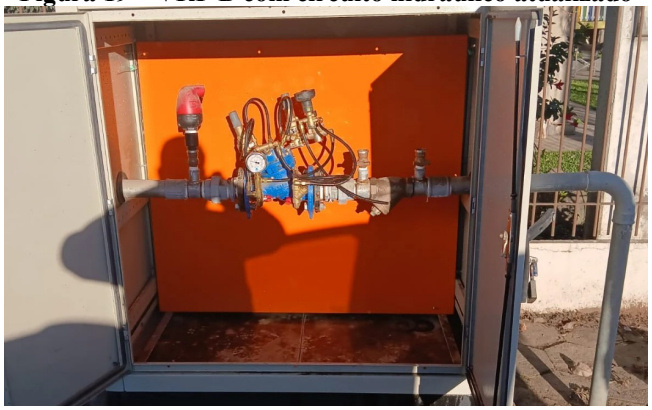
Após a implantação dos kits hidráulicos com programação em dois estágios, as VRPs passaram a operar com pressões ainda mais reduzidas durante o período noturno, atingindo valores inferiores a 15 mca entre 23h e 06h. Esse intervalo corresponde ao período de menor demanda de consumo no sistema, quando a participação das perdas reais na vazão total é mais significativa. As Figuras 18, 19 e 20 mostram cada uma das válvulas e suas novas adequações do circuito hidráulico, enquanto as Figuras 21, 22 e 23 trazem o comportamento das pressões a jusante das VRPs nessa nova condição de operação, onde nota-se maior redução das pressões no período noturno.

Figura 18 – VRP A com circuito hidráulico atualizado



Fonte: Acervo dos autores (2026)

Figura 19 – VRP B com circuito hidráulico atualizado



Fonte: Acervo dos autores (2026)

Figura 20 – VRP C com circuito hidráulico atualizado



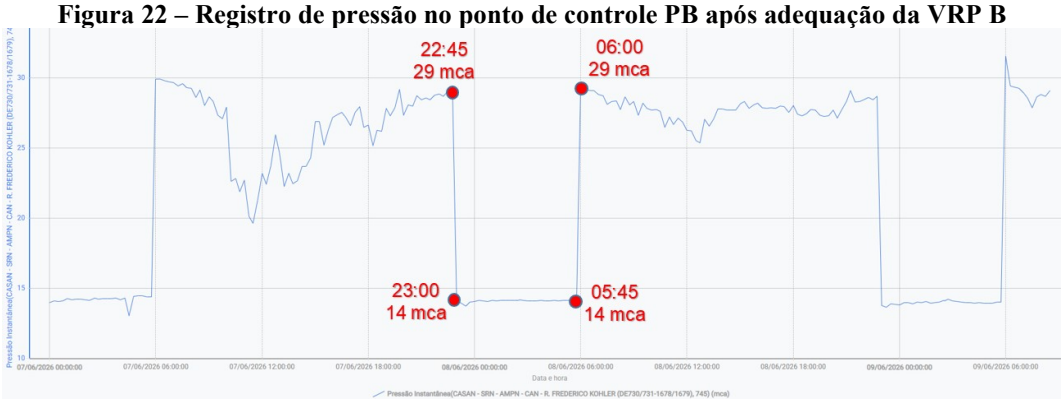
Fonte: Acervo dos autores (2026)

Figura 21 – Registro de pressão no ponto de controle PA após adequação da VRP A



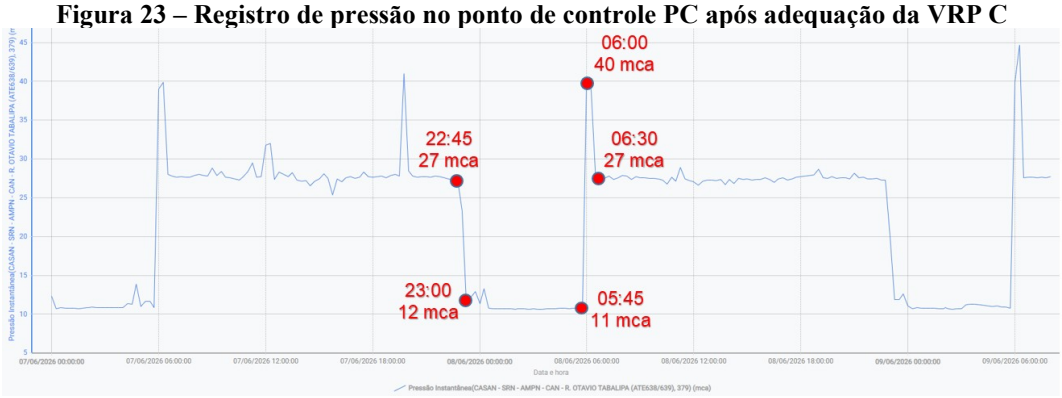
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Telelog (2026)

Figura 22 – Registro de pressão no ponto de controle PB após adequação da VRP B



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Telelog (2026)

Figura 23 – Registro de pressão no ponto de controle PC após adequação da VRP C

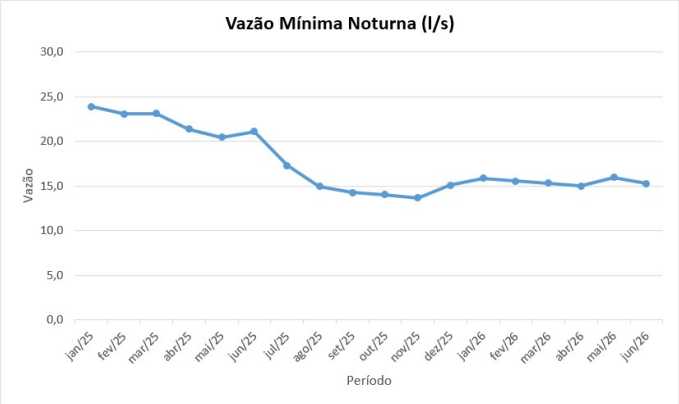


Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Telelog (2026)

Como resultado, observou-se uma redução significativa das vazões mínimas noturnas, as quais estavam na faixa de 23 l/s passando para valores entre 15 e 17 l/s após implantação das ações. Ao consolidar essas informações a partir do início de 2025, visto que os resultados podem ser obtidos diariamente, foi elaborado um gráfico com a vazão média mensal ao longo do tempo, apresentado a seguir na Figura 24, a qual evidencia a redução da vazão noturna.

Figura 24 – Média mensal da Vazão Mínima Noturna a partir de 2025

Período	Vazão Noturna (l/s)
jan/25	23,9
fev/25	23,1
mar/25	23,1
abr/25	21,4
mai/25	20,5
jun/25	21,1
jul/25	17,3
ago/25	14,9
set/25	14,3
out/25	14,0
nov/25	13,7
dez/25	15,1
jan/26	15,9
fev/26	15,5
mar/26	15,3
abr/26	15,0
mai/26	16,0
jun/26	15,3



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados de telemetria dos macromedidores de vazão (2026)

Além disso, foi realizado o levantamento dos serviços de manutenção em redes de distribuição, ramais domiciliares e cavaletes ao longo dos anos de 2024, 2025 e 2026. A análise dos dados evidencia uma tendência de redução das ocorrências, com destaque para a diminuição dos reparos em redes de distribuição, onde houve uma redução bastante consistente.

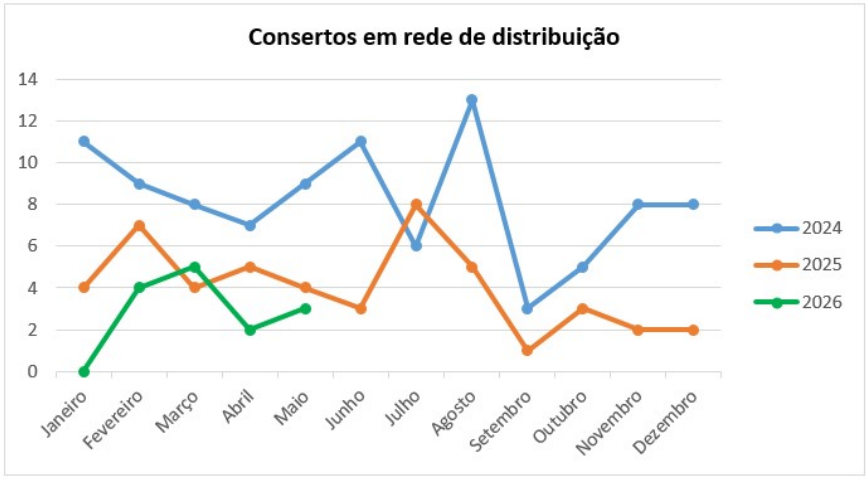
Para que a avaliação dos resultados seja representativa, é importante considerar o comportamento sazonal dos sistemas de abastecimento de água. Variáveis como temperatura, regime de chuvas, demanda de consumo e outras condições operacionais podem influenciar diretamente no número de ocorrências registradas em cada período do ano. Dessa forma, as comparações não devem ser realizadas de maneira contínua entre meses consecutivos, mas sim entre meses equivalentes de anos distintos. Assim, os resultados de janeiro de 2024, 2025 e 2026 são comparados entre si, o mesmo ocorrendo para fevereiro, março e assim segue para os demais meses, permitindo uma análise coerente de modo a reduzir a influência de fatores sazonais sobre os resultados observados. A seguir, na Tabela 1, são apresentados os dados comparativos para cada mês do período analisado e nas Figuras 25, 26 e 27, os mesmos dados são dispostos em gráficos, facilitando a compreensão dos resultados. Já na Figura 28 é apresentado o mapa de calor contendo o somatório de todas as ocorrências no ano de 2026, onde as cores quentes representam maior concentração de serviços, ou seja, nos locais indicados em cores vermelhas, por exemplo, são aqueles onde houveram maior quantidade de serviços de reparo de redes, ramais ou cavaletes.

Tabela 1 – Relação dos serviços de manutenção executados de jan/2024 a mai/2026 no setor

Tipo de ocorrência	Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	Valor médio (mês/ano)
Rede	2024	11	9	8	7	9	11	6	13	3	5	8	8	98	8,17
	2025	4	7	4	5	4	3	8	5	1	3	2	2	48	4,00
	2026	0	4	5	2	3	-	-	-	-	-	-	-	14	2,80
Ramal	2024	16	13	7	11	8	16	8	6	7	10	3	5	110	9,17
	2025	17	9	16	4	6	5	23	17	8	5	10	7	127	10,58
	2026	15	6	10	6	4	-	-	-	-	-	-	-	41	8,20
Cavalete	2024	48	45	34	37	26	29	24	19	25	37	33	31	418	34,83
	2025	57	27	48	40	31	12	28	39	22	30	32	41	407	33,92
	2026	49	38	24	32	24	-	-	-	-	-	-	-	167	33,40
Total	2024	75	67	49	55	43	56	38	38	35	52	44	44	596	49,67
	2025	78	43	68	49	41	20	59	61	31	38	44	50	582	48,50
	2026	64	48	39	40	31	-	-	-	-	-	-	-	222	44,40

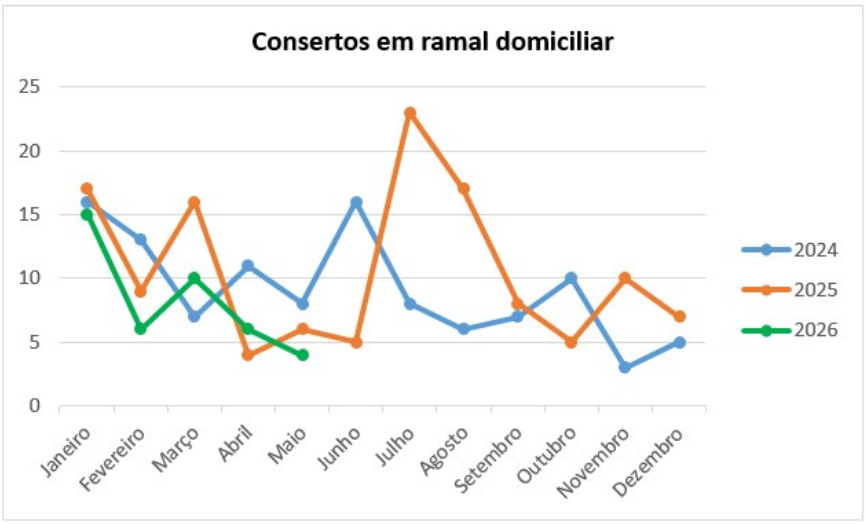
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado - SCI Casan (2026)

Figura 25 – Gráfico das ocorrências em redes de distribuição



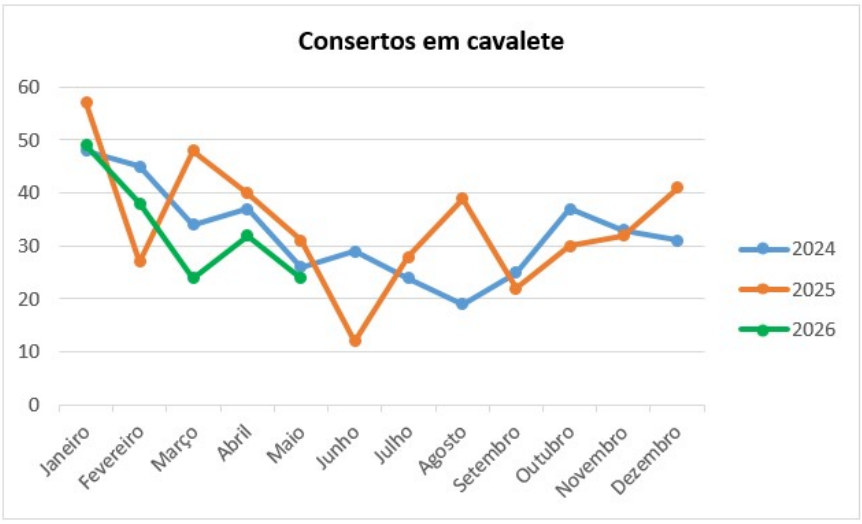
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado - SCI Casan (2026)

Figura 26 – Gráfico das ocorrências em ramais domiciliares



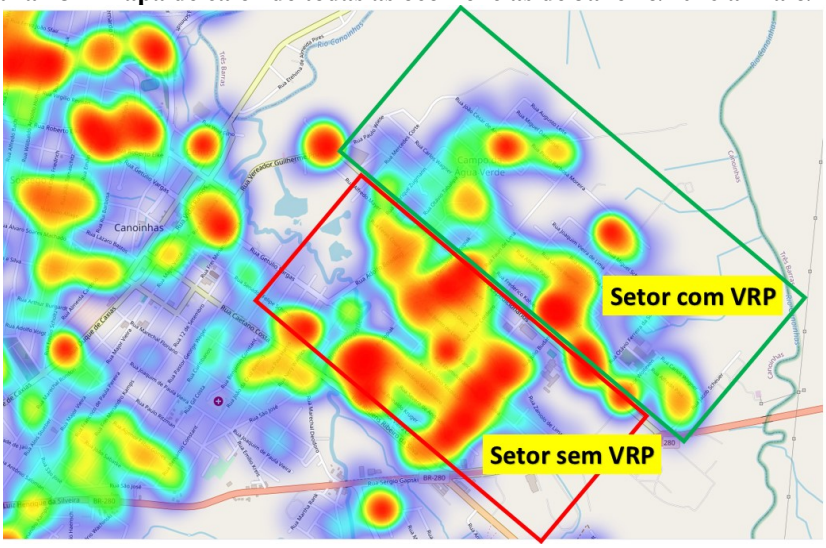
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado - SCI Casan (2026)

Figura 27 – Gráfico das ocorrências em cavaletes



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado - SCI Casan (2026)

Figura 28 – Mapa de calor de todas as ocorrências de Janeiro/2026 a Maio/2026



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado - SCI Casan (2026)

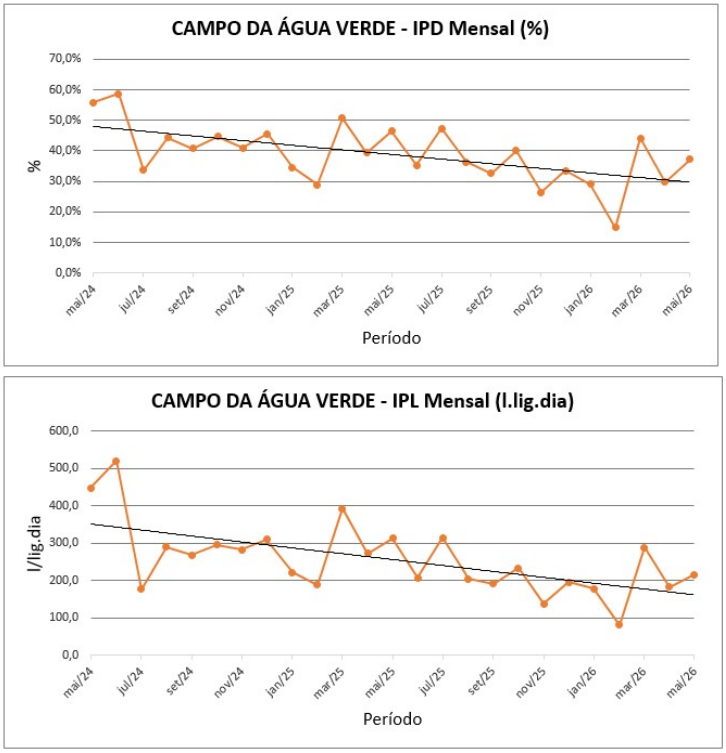
Acerca dos indicadores do sistema Campo da Água Verde, exclusicamente, dados dos últimos 24 meses apontam para uma redução consistente. Embora ocorram oscilações, é nítida a tendência de queda tanto no IPD quanto no IPL, passando de 55,8% e 447,6 l/lig.dia em mai/24 para 37,3% e 216,4 l/lig.dia em mai/26, conforme apresentado a seguir na Tabela 2 e complementada pelos gráficos com linha de tendência na Figura 29, evidenciando a redução consistente em ambos indicadores.

Tabela 2 – Cálculo dos indicadores do Setor Campo da Água Verde

Período	Ligações	Volume Macromedido (m^3)	Volume Exportado Três Barras (m^3)	Volume disponibilizado (m^3)	Volume micromedido (m^3)	Volume perdido (m^3)	IPD (%)	IPL (l/lig.dia)
mai/24	4.868	200.808	79.765	121.043	53.499	67.544	55,8%	447,6
jun/24	4.870	195.579	65.920	129.659	53.642	76.017	58,6%	520,3
jul/24	4.872	145.533	66.285	79.248	52.563	26.685	33,7%	176,7
ago/24	4.874	162.176	63.567	98.609	54.887	43.722	44,3%	289,4
set/24	4.876	163.726	67.377	96.349	57.068	39.281	40,8%	268,5
out/24	4.878	168.107	68.346	99.761	55.112	44.649	44,8%	295,3
nov/24	4.880	169.572	68.543	101.029	59.574	41.455	41,0%	283,2
dez/24	4.882	169.570	66.673	102.897	55.972	46.925	45,6%	310,1
jan/25	4.884	169.624	72.850	96.774	63.269	33.505	34,6%	221,3
fev/25	4.886	153.780	64.012	89.768	63.878	25.890	28,8%	189,2
mar/25	4.888	185.572	67.967	117.605	58.038	59.567	50,7%	393,1
abr/25	4.890	169.466	68.065	101.401	61.460	39.941	39,4%	272,3
mai/25	4.892	172.930	70.846	102.084	54.646	47.438	46,5%	312,8
jun/25	4.894	168.356	81.650	86.706	56.172	30.534	35,2%	208,0
jul/25	4.896	168.743	67.901	100.842	53.086	47.756	47,4%	314,6
ago/25	4.898	155.267	70.074	85.193	54.222	30.971	36,4%	204,0
set/25	4.900	152.984	67.036	85.948	57.878	28.070	32,7%	191,0
out/25	4.902	159.522	70.929	88.593	53.145	35.448	40,0%	233,3
nov/25	4.904	156.999	79.908	77.091	56.748	20.343	26,4%	138,3
dez/25	4.906	173.584	84.617	88.967	59.178	29.789	33,5%	195,9
jan/26	4.908	169.814	76.697	93.117	66.060	27.057	29,1%	177,8
fev/26	4.910	151.285	76.481	74.804	63.660	11.144	14,9%	81,1
mar/26	4.912	165.918	66.524	99.394	55.472	43.922	44,2%	288,4
abr/26	4.914	165.918	75.859	90.059	63.174	26.885	29,9%	182,4
mai/26	4.916	159.017	70.510	88.507	55.521	32.986	37,3%	216,4

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema Comercial Integrado SCI e Base de Dados Operacional BADOP (2026)

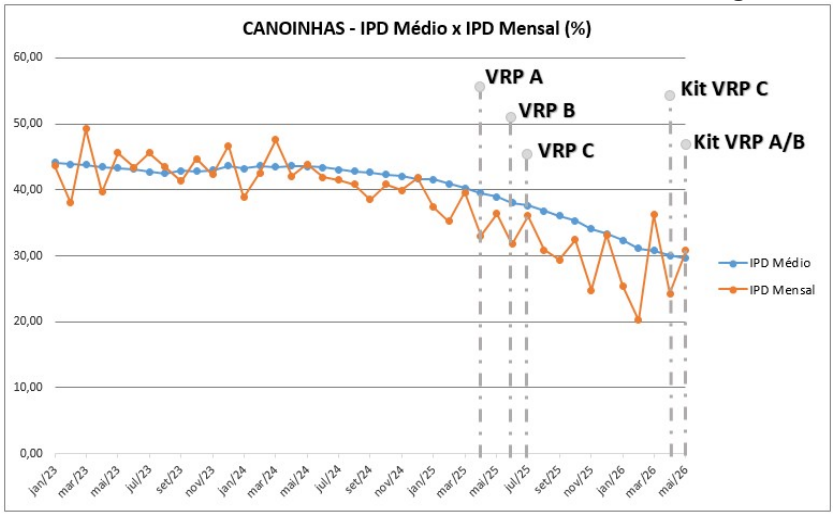
Figura 29 – Histórico do IPD e IPL dos últimos 24 meses no Campo da Água Verde



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

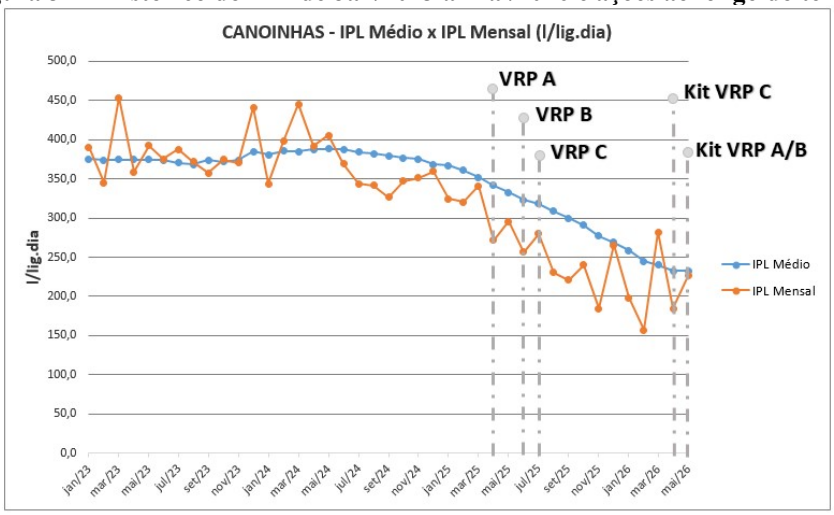
Em relação aos indicadores de perdas do SAA do município de Canoinhas, os mesmos também apresentaram redução expressiva ao longo dos últimos anos. O Índice de Perdas na Distribuição (IPD) passou de 41,7% em 2024 para 33,2% em 2025, atingindo 27,5% em Maio/2026, enquanto o Índice de Perdas por Ligação (IPL) foi reduzido de 366,3 l/ligação.dia para 265,3 l/ligação.dia em 2025, alcançando 209,8 l/ligação.dia em Maio/2026. Salientando que estes resultados referem-se aos valores médios anuais. Os gráficos a seguir, apresentados nas Figuras 30 e 31 apresentam os resultados mensais do IPD e IPL observados e a respectiva média móvel dos últimos 12 meses, permitindo visualizar de forma mais clara a evolução dos indicadores e suas tendências de redução. Além disso, foram inseridos os marcos temporais das implantações das VRPs e suas adequações, onde nota-se uma redução acentuada na média móvel a partir de 2025, quando foi dado início às instalações das VRPs, tanto para o IPD Médio quanto para o IPL Médio.

Figura 30 – Histórico do IPD de Jan/2023 a Mai/2026 e ações ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da Base de Dados Operacional - BADOP (2026)

Figura 31 – Histórico do IPL de Jan/2023 a Mai/2026 e ações ao longo do tempo



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da Base de Dados Operacional - BADOP (2026)

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam uma associação consistente entre as ações de gerenciamento de pressão implementadas e a redução da vazão mínima noturna observada no setor estudado. A diminuição desse indicador após a implantação das três VRPs sugere a redução das vazões perdidas por vazamentos existentes, comportamento compatível com o princípio amplamente difundido de que as perdas reais são diretamente influenciadas pelos níveis de pressão aos quais os sistemas de distribuição estão submetidos.

Além da redução da vazão mínima noturna, observou-se diminuição na quantidade de vazamentos registrados, com destaque para a redução das ocorrências em redes de distribuição. A análise espacial das ocorrências também demonstrou uma concentração de vazamentos na porção do sistema ainda não contemplada com controle de pressão, correspondente à futura área de atuação da VRP D. Considerando que essa região representa aproximadamente 50% do sistema Campo da Água Verde, os resultados obtidos até o momento indicam potencial para ganhos adicionais com a conclusão das intervenções previstas.

Embora o comportamento da vazão mínima noturna tenha apresentado melhora significativa após a implantação das VRPs, não foram observadas reduções expressivas adicionais após a implementação da estratégia de controle noturno por duplo set point. Entretanto, cabe destacar que essa medida foi implantada recentemente, de modo que seus efeitos ainda podem não estar plenamente refletidos nos indicadores avaliados. Adicionalmente, a estabilização da vazão mínima noturna pode indicar o surgimento de novos vazamentos ou o agravamento de vazamentos preexistentes, evidenciando a necessidade de campanhas de pesquisa de vazamentos ocultos para potencializar os benefícios decorrentes do gerenciamento de pressão.

Paralelamente aos resultados observados no setor em questão, os indicadores globais de perdas do município de Canoinhas também apresentaram evolução positiva no período analisado. Embora não seja possível atribuir essa melhoria exclusivamente às ações desenvolvidas no Campo da Água Verde, os resultados locais observados são compatíveis com a trajetória de redução dos indicadores do sistema como um todo e reforçam a importância do gerenciamento de pressão como ferramenta de controle de perdas reais e aumento da eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos demonstraram que a implantação de estratégias de gerenciamento de pressão promoveu melhorias significativas no desempenho operacional do Sistema de Abastecimento de Água Campo da Água Verde. A instalação das Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs), associada posteriormente à implementação da lógica de controle *day-night*, proporcionou reduções sucessivas da Vazão Mínima Noturna (VMN),

evidenciando a efetividade dessas intervenções no controle das perdas reais e na redução das ocorrências de vazamentos.
Embora os resultados obtidos sejam expressivos, parte do setor ainda permanece operando sem controle de pressão, indicando potencial para melhorias adicionais com a implantação da VRP D e a conclusão das intervenções previstas.
Recomenda-se a continuidade do monitoramento dos indicadores operacionais, especialmente da Vazão Mínima Noturna, das pressões de operação e dos índices de perdas, bem como a expansão das estratégias de gerenciamento de pressão para outros setores de abastecimento. Destaca-se, ainda, que a associação dessas ações com programas de pesquisa e reparo de vazamentos, combate às fraudes, regularização de ligações e substituição de hidrômetros pode potencializar os ganhos operacionais e contribuir para a melhoria contínua da eficiência e da sustentabilidade dos sistemas de abastecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALÉM SOBRINHO, Pedro; MARTINS, Getúlio. Abastecimento de água. In: TSUTIYA, Milton Tomoyuki. *Abastecimento de água*. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. cap. 1.

2. BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA): Diagnóstico Temático – Serviços de Água e Esgoto 2024. Brasília: Ministério das Cidades, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa. Acesso em: 1 jun. 2026.

3. LAMBERT, Allan; HIRNER, Wolfgang. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. London: International Water Association (IWA), 2000.

4. LAMBERT, Allan; THORNTON, Julian. *Avaliação de perdas reais*. Consultoria à SABESP. São Paulo, 2002.

5. LIMA, Ítalo de Morais. Perdas de água em sistemas de abastecimento: um estudo comparativo entre prestadores no Brasil. 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2017.

6. TARDELLI FILHO, Jairo. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. *Revista DAE*, São Paulo, n. 198, p. 6-20, jan./abr. 2015. DOI: 10.4322/dae.2015.012.

7. TARDELLI FILHO, Jairo. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, Milton Tomoyuki. *Abastecimento de água*. 1. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. cap. 10.