# MODELAGEM HIDRÁULICA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JARAGUÁ DO SUL - SC

**Morgana Decker**[(1)]
Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 2014. Pós-graduada em Gestão em Saneamento Ambiental pela Universidade Estácio de Sá em 2025. Desde 2018 é engenheira sanitarista do SAMAE de Jaraguá do Sul, ocupando atualmente a posição de Assessora de Apoio Técnico da autarquia.

**Endereço**[(1)]**:** Rua Erwino Menegotti, 478 – Água Verde – Jaraguá do Sul - SC - CEP: 89254-000 - Brasil - Tel: +55 (47) 2106-9100 - e-mail: morgana.decker@samaejs.com.br

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da modelagem hidráulica do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município de Jaraguá do Sul (SC), operado pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), com o objetivo de avaliar o comportamento hidráulico do sistema e subsidiar o planejamento de intervenções operacionais e estruturais. A metodologia contemplou as etapas de construção e calibração do modelo hidráulico computacional, rebalanceamento dos reservatórios, setorização em Distritos de Medição e Controle (DMCs) e proposição de intervenções para melhoria da eficiência operacional.
O modelo foi elaborado a partir de dados cadastrais, operacionais e de consumo, representando aproximadamente 1.078 km de redes de distribuição, sistemas de reservação, bombeamento e dispositivos de controle. As simulações em regime estendido permitiram identificar limitações hidráulicas relacionadas à distribuição de pressões, perdas de carga e condições operacionais críticas.
Os resultados demonstraram que as intervenções propostas, incluindo implantação de válvulas redutoras de pressão (VRPs), macromedidores, reforços de rede, adequações de bombeamento e reconfiguração das zonas de abastecimento, promovem melhorias significativas na eficiência energética, no controle operacional e na redução de perdas. O estudo evidencia a importância da modelagem hidráulica como ferramenta estratégica para gestão e planejamento de sistemas de abastecimento de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelagem hidráulica, setorização, sistema de abastecimento de água.

## INTRODUÇÃO

O abastecimento de água potável constitui um dos serviços essenciais à promoção da saúde pública, ao desenvolvimento urbano e à qualidade de vida da população. No contexto brasileiro, o setor de saneamento básico vem passando por transformações estruturais, especialmente após a atualização do marco legal (Lei nº 14.026/2020), que estabelece metas de universalização até 2033, incluindo o atendimento de 99% da população com água potável.

No município de Jaraguá do Sul (SC), o serviço de abastecimento de água apresenta elevados índices de atendimento quando comparado às médias estadual e nacional. Dados recentes indicam que aproximadamente 99,8% da população é atendida por rede de abastecimento de água, valor superior à média do estado de Santa Catarina (96,92%) e do Brasil (93,34%), evidenciando um cenário próximo à universalização do serviço.

A prestação dos serviços de saneamento no município é realizada pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), responsável pela operação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Este sistema é composto por um conjunto integrado de unidades operacionais que garantem a captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável à população.

O SAA de Jaraguá do Sul é estruturado a partir de duas Estações de Tratamento de Água (ETAs): a ETA Central, responsável por cerca de 80% do abastecimento, e a ETA Sul, que atende aproximadamente 20% da demanda. A capacidade total de produção do sistema pode atingir cerca de 1.200 L/s, sendo suficiente para atender à demanda atual e proporcionar segurança hídrica ao município.

A água captada em mananciais superficiais é submetida a processos de tratamento convencionais, incluindo coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, garantindo sua potabilidade conforme os padrões estabelecidos pela legislação vigente. Após o tratamento, a água é encaminhada para o sistema de reservação, composto por aproximadamente 39 reservatórios, com capacidade total de armazenamento da ordem de 25 milhões de litros.

A distribuição de água é realizada por uma extensa rede de tubulações que ultrapassa 1.000 km de extensão, atendendo dezenas de milhares de unidades consumidoras. Para assegurar o abastecimento em regiões com maiores cotas topográficas ou distantes das unidades de produção, o sistema conta ainda com diversas estações de bombeamento e unidades de pressurização (boosters), responsáveis por manter níveis adequados de pressão em toda a rede.

Apesar dos elevados índices de cobertura, desafios relacionados ao crescimento urbano, à variabilidade da demanda e à necessidade de otimização operacional tornam fundamental o uso de ferramentas de planejamento e gestão, para suporte à tomada de decisão, a fim de assegurar a sustentabilidade e a eficiência do serviço ao longo prazo.

Nesse sentido, a modelagem hidráulica tem papel fundamental, uma vez que consiste em uma ferramenta que possibilita o desenvolvimento de modelos computacionais detalhados do sistema de abastecimento de água do município de Jaraguá do Sul, com o objetivo de simular o comportamento hidráulico da rede de distribuição sob diferentes condições operacionais e cenários de demandas.

## OBJETIVO

### OBJETIVO GERAL

Apresentar, de forma detalhada, o processo de desenvolvimento da modelagem hidráulica do Sistema de Abastecimento de Água do município de Jaraguá do Sul, bem como analisar os resultados obtidos, de modo a subsidiar a tomada de decisão acerca das intervenções operacionais e dos investimentos necessários para a melhoria do desempenho do sistema ao longo dos próximos anos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar, organizar e validar os dados cadastrais, operacionais e de consumo necessários para a construção do modelo hidráulico do sistema de abastecimento de água;
- Representar computacionalmente a infraestrutura do sistema, incluindo redes de distribuição, reservatórios, estações de bombeamento e dispositivos de controle;
- Calibrar o modelo hidráulico a partir de dados reais de operação, garantindo sua representatividade em relação às condições atuais do sistema;
- Simular diferentes cenários operacionais, considerando variações de demanda, crescimento populacional e condições de projeto;
- Avaliar o comportamento hidráulico da rede, com análise de pressões, vazões e perdas de carga, identificando pontos críticos e limitações operacionais;
- Analisar alternativas de intervenção, incluindo setorização, controle de pressões, ampliação da reservação e otimização energética do sistema;
- Subsidiar a tomada de decisão quanto às ações de melhoria, priorizando investimentos com base em critérios técnicos, operacionais e econômicos.

## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de forma integrada, contemplando as etapas de modelagem hidráulica, calibração, rebalanceamento dos reservatórios, setorização do sistema e proposição de intervenções. Essas etapas foram desenvolvidas de forma sequencial e interdependente, tendo como base a construção de um modelo representativo do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município de Jaraguá do Sul, capaz de reproduzir as condições operacionais atuais e subsidiar a análise de cenários futuros.

A etapa inicial consistiu no desenvolvimento do modelo hidráulico computacional, estruturado como ferramenta central de análise do sistema. O modelo foi elaborado com o objetivo de simular o comportamento hidráulico da rede de distribuição sob diferentes condições operacionais e cenários de demanda, permitindo a avaliação integrada de vazões, pressões e perdas de carga ao longo do sistema.

Para a construção do modelo, foram incorporados dados cadastrais da rede de distribuição, informações operacionais fornecidas pela autarquia e projeções de crescimento populacional e de consumo, considerando horizonte de planejamento até o ano de 2045. Foram avaliados parâmetros como expansão urbana, incremento de demandas industriais, implantação de novos loteamentos e metas de redução de perdas, adotando-se como condição crítica de dimensionamento a vazão máxima diária de projeto.

As demandas foram espacialmente distribuídas no modelo com base em matrículas georreferenciadas do sistema comercial, sendo o consumo alocado diretamente aos nós correspondentes. As perdas reais e aparentes foram consideradas de forma distribuída ao longo da rede, proporcionalmente ao comprimento das tubulações, respeitando critérios hidráulicos e excluindo condutos principais e adutoras. Para áreas de expansão, as demandas foram inseridas conforme disponibilidade de dados, de forma pontual ou distribuída.

O modelo foi desenvolvido em conformidade com normas técnicas aplicáveis (NBR 12215, NBR 12217 e NBR 12218), adotando critérios hidráulicos que incluem limites de pressão mínima e máxima, velocidades admissíveis e gradientes de perda de carga. Para o cálculo das perdas de carga, foi utilizada a equação de Hazen-Williams, com coeficientes definidos em função do material e das condições das tubulações, conforme apresenta Azevedo Netto (2015).

As simulações foram realizadas em regime estendido de 24 horas, permitindo a análise do comportamento dinâmico do sistema ao longo do ciclo diário de consumo, incluindo períodos de pico e de baixa demanda. O modelo incorporou a operação de reservatórios, estações de bombeamento e dispositivos de controle, possibilitando a representação das condições reais de operação e a interação entre produção, reservação e distribuição.

A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar preliminarmente o comportamento hidráulico do sistema, incluindo a distribuição de pressões e vazões, bem como potenciais limitações operacionais. Os resultados obtidos após as etapas de calibração do modelo, rebalanceamento dos reservatórios e definição da setorização, culminaram na proposição de intervenções estruturais e operacionais necessárias à melhoria do desempenho do sistema.

## CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO

A etapa de calibração do modelo hidráulico teve como objetivo ajustar a representação computacional do sistema de abastecimento de água (SAA) às condições reais de operação, a partir da comparação entre os resultados simulados e os dados monitorados em campo. Essa etapa foi fundamental para garantir que o modelo reproduza, de forma consistente, o comportamento hidráulico do sistema, conferindo confiabilidade às análises e aos cenários prospectivos.

Para assegurar a aderência do modelo à realidade operacional do município de Jaraguá do Sul, foram realizadas visitas técnicas e reuniões com a equipe da autarquia, com o intuito de validar as informações do cadastro técnico da rede. Esse processo incluiu a verificação das unidades operacionais, bem como a consolidação e análise dos dados de monitoramento disponíveis, especialmente medições de pressão e vazão obtidas em campo.

Com base nas informações levantadas, procedeu-se à incorporação de ajustes no modelo hidráulico, contemplando aspectos operacionais relevantes do sistema. Dentre esses, destacam-se a definição de regras de operação para enchimento e esvaziamento de reservatórios, a delimitação dos setores de abastecimento, a identificação de pontos de mistura de fluxos e a representação adequada de registros e dispositivos de manobra.

As principais intervenções realizadas no modelo consistiram em adequações pontuais na rede de distribuição, incluindo a inserção de trechos não contemplados no cadastro original, a correção de conectividades e a atualização do status operacional de válvulas. Tais ajustes tiveram como finalidade promover a convergência entre as pressões simuladas e aquelas observadas em campo, além de eliminar inconsistências hidráulicas, como trechos isolados ou desconectados.

Dessa forma, o processo de calibração resultou em um modelo hidráulico representativo e confiável, apto a subsidiar análises operacionais, planejamento de intervenções e estudos de setorização do sistema de abastecimento.

## REBALANCEAMENTO DE RESERVATÓRIOS

O rebalanceamento dos reservatórios do sistema de abastecimento de água foi realizado com o objetivo de otimizar a distribuição das cargas hidráulicas, melhorar a eficiência operacional e garantir o atendimento adequado das zonas de pressão ao longo da rede. Essa etapa consistiu na reavaliação das áreas de influência de cada reservatório, considerando suas cotas operacionais, volumes disponíveis e interação com os demais componentes do sistema.

Inicialmente, foi conduzida uma análise detalhada do comportamento hidráulico do sistema a partir do modelo calibrado, permitindo identificar desequilíbrios na distribuição de vazões e pressões entre os diferentes centros de reservação. Foram observadas situações de sobrecarga em determinados reservatórios, coexistindo com outros subutilizados, além de áreas com atendimento inadequado, seja por deficiência ou excesso de pressão.

Com base nesses diagnósticos, procedeu-se à redefinição das áreas de atendimento de cada reservatório, buscando maximizar o uso da alimentação por gravidade sempre que possível e reduzir a dependência de bombeamento. Para isso, foram ajustadas as conexões hidráulicas entre setores, incluindo abertura ou fechamento estratégico de registros, criação de novos pontos de interligação e redefinição dos limites operacionais entre zonas de pressão.

Adicionalmente, foram incorporadas ao modelo regras operacionais para os reservatórios, como níveis de acionamento e desligamento, de forma a simular de maneira mais realista o enchimento e esvaziamento ao longo do ciclo diário de consumo. Essas regras permitiram avaliar o comportamento dinâmico do sistema e a capacidade de regularização dos volumes armazenados frente às variações de demanda.

O rebalanceamento também considerou a integração com dispositivos de controle, como válvulas redutoras de pressão (VRPs) e estações de bombeamento, de modo a garantir que as novas configurações de operação não resultassem em pressões fora dos limites normativos. Dessa forma, buscou-se um equilíbrio entre eficiência energética, controle de perdas e qualidade do serviço prestado.

Como resultado, obteve-se uma configuração mais equilibrada do sistema, com melhor distribuição de cargas hidráulicas, redução de zonas críticas de pressão e maior aproveitamento da infraestrutura existente. Essa etapa foi fundamental para subsidiar as propostas de setorização e planejamento das intervenções futuras no sistema de abastecimento.

## SETORIZAÇÃO

A setorização do sistema de abastecimento de água foi desenvolvida com base na modelagem hidráulica calibrada da rede, utilizando simulações em período estendido e considerando cenários representativos de operação atual e futura. O processo teve como objetivo estruturar o sistema em Distritos de Medição e Controle (DMCs), de forma a possibilitar maior controle operacional, redução de perdas e melhoria da eficiência hidráulica.

Inicialmente, procedeu-se à análise das áreas de influência dos reservatórios, considerando seus níveis operacionais mínimo e máximo, a fim de avaliar a capacidade de atendimento por gravidade. Para isso, foi adotado um método baseado na relação entre cotas topográficas dos nós e níveis d'água dos reservatórios, permitindo identificar regiões com atendimento adequado, marginal ou inviável sob o ponto de vista hidráulico.

Como ferramenta de apoio, foi aplicado um critério de classificação por faixas de carga disponível, estruturado em códigos de cores, que permitiram identificar áreas com necessidade de controle de pressão por válvulas redutoras (VRPs), delimitar zonas com atendimento seguro por gravidade, considerando perdas de carga admissíveis, e detectar regiões com risco de subpressão ou sobrepressão, bem como áreas não atendidas.

A partir das análises hidráulicas realizadas, foram definidas as zonas de pressão e os limites dos setores de abastecimento, buscando maximizar o aproveitamento da carga hidráulica disponível e, consequentemente, minimizar a necessidade de bombeamento no sistema.

A definição da setorização considerou um conjunto integrado de critérios hidráulicos, operacionais e normativos. Dentre os principais aspectos avaliados, destacam-se a adoção de faixa de pressão operacional entre 10 mca, como limite mínimo dinâmico, e 40 mca, como limite máximo estático, em conformidade com as normas técnicas vigentes. Adicionalmente, foram analisadas as condições críticas de operação por meio de simulações em período estendido, contemplando os horários de demanda máxima e mínima, permitindo avaliar o comportamento dinâmico do sistema ao longo do dia.

Também foram considerados critérios relacionados à limitação das perdas de carga na rede, com a adoção de gradientes máximos admissíveis e condições adequadas de escoamento, bem como a necessidade de adequação da infraestrutura existente, incluindo a definição de diâmetros mínimos e a substituição de redes subdimensionadas, especialmente aquelas com diâmetro nominal inferior a 50 mm, visando à melhoria do desempenho hidráulico.

A setorização foi estruturada com base na segmentação do sistema em Distritos de Medição e Controle (DMCs), possibilitando o monitoramento contínuo de vazões e pressões, bem como o diagnóstico e controle de perdas. Para a adequada gestão das zonas hidráulicas, foram previstos dispositivos de controle, tais como válvulas redutoras de pressão (VRPs) e estações de bombeamento (boosters), com o objetivo de manter as pressões dentro dos limites operacionais estabelecidos e evitar situações de subpressão ou sobrepressão.

A concepção da setorização também se baseou na integração de diferentes tipos de intervenções, agrupadas conforme seus objetivos principais, incluindo ações voltadas à garantia de pressão, redução de pressão, eficiência energética e adequação à operação dos reservatórios. Essa abordagem permitiu a organização do sistema de forma funcional e orientada ao desempenho hidráulico.

Os setores foram organizados considerando tanto os DMCs existentes quanto os propostos, com a definição de pontos estratégicos de controle, medição e manobra, possibilitando o isolamento hidráulico das áreas e proporcionando maior flexibilidade operacional ao sistema.

Como parte da metodologia adotada, também foi considerada a implantação de macromedidores em pontos estratégicos, como entradas e saídas de setores e adutoras, além da instalação de dispositivos de controle hidráulico, incluindo VRPs, registros e boosters. Complementarmente, foram previstos reforços e reconfigurações da rede de distribuição, com o objetivo de adequar o sistema às novas condições operacionais e às demandas projetadas.

Por fim, ressalta-se que a definição final dos setores e das intervenções foi fundamentada nos resultados obtidos a partir do modelo hidráulico, o qual possibilitou a avaliação detalhada da distribuição de pressões ao longo da rede, do comportamento das vazões em diferentes cenários operacionais e da identificação de pontos críticos do sistema, subsidiando, de forma consistente, a proposição das intervenções necessárias.

## INTERVENÇÕES PROPOSTAS PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO

As intervenções propostas para o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município de Jaraguá do Sul foram definidas com base nos resultados obtidos por meio da modelagem hidráulica, contemplando análises de desempenho operacional, avaliação das condições de pressão e projeções de demanda para os horizontes de planejamento estabelecidos.

O conjunto de obras proposto compreende a implantação, substituição e adequação de infraestruturas existentes, incluindo redes de distribuição, adutoras, estações elevatórias, válvulas redutoras de pressão (VRPs), macromedidores, registros e reservatórios, sendo essas intervenções tratadas de forma integrada no contexto da setorização e do controle operacional do sistema.

No âmbito das redes de abastecimento, as intervenções incluem a implantação de novas tubulações, a substituição de redes existentes — com destaque para aquelas com diâmetros inferiores ao adequado ou materiais obsoletos — e a execução de reforços estruturais em trechos críticos. Tais ações têm como objetivo a redução das perdas de carga, a melhoria da distribuição de pressões e a adequação da capacidade hidráulica às demandas atuais e futuras.

No que se refere ao controle de pressões, prevê-se a implantação de válvulas redutoras de pressão, associadas à reconfiguração das zonas de abastecimento por meio da setorização em Distritos de Medição e Controle (DMCs). Essas intervenções visam a mitigação de pressões excessivas, a redução de perdas físicas e a uniformização do regime de pressões na rede de distribuição.

As intervenções contemplam, ainda, a implantação e adequação de sistemas de bombeamento, com vistas à otimização da operação hidráulica e energética do sistema, priorizando o aproveitamento da carga disponível por gravidade. Complementarmente, estão previstos dispositivos de medição e controle, tais como macromedidores instalados em adutoras, entradas de setores e principais zonas de pressão, dimensionados com base nas vazões máximas e mínimas obtidas a partir do modelo hidráulico.

No que tange à reservação, as propostas incluem a implantação de novos reservatórios e a adequação operacional das unidades existentes, contribuindo para o equilíbrio hidráulico do sistema, a regularização das vazões e o aumento da segurança no abastecimento.

As intervenções foram estruturadas em dois horizontes principais de planejamento. O horizonte de curto prazo, com referência ao ano de 2025, contempla as obras consideradas mandatórias para garantia do abastecimento nas condições atuais, com foco na manutenção de pressões mínimas adequadas durante os períodos críticos de consumo. O horizonte de longo prazo, com projeção para o ano de 2045, engloba o conjunto completo de intervenções necessárias à consolidação do cenário de projeto, incluindo o controle definitivo das pressões, a otimização da operação e a adequação do sistema às demandas futuras.

A estratégia de implantação das obras foi definida de forma faseada e hierarquizada, considerando critérios técnicos relacionados ao desempenho hidráulico, ao impacto sistêmico das intervenções e às relações de dependência entre os diferentes conjuntos de obras. Destacam-se as intervenções de caráter estruturante, que exercem influência direta sobre o desempenho global do sistema e, consequentemente, condicionam a eficácia das demais ações a jusante.

Ressalta-se que o sequenciamento de execução das intervenções deverá ser avaliado pelo SAMAE, considerando aspectos operacionais, construtivos e econômicos, sendo possível a antecipação ou execução conjunta de determinadas obras, desde que mantida a coerência hidráulica do sistema e observadas as dependências entre intervenções.

De forma geral, o conjunto de intervenções propostas promove uma reconfiguração significativa do sistema de abastecimento, resultando na melhoria das condições de pressão, na redução de perdas, no aumento da eficiência energética e na elevação da confiabilidade operacional, contribuindo para a sustentabilidade do serviço de abastecimento de água no município.

## RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos estudos de calibração dos modelos hidráulicos do município de Jaraguá do Sul, contemplando os sistemas de abastecimento de água da ETA Sul e da ETA Central, foram obtidos relatórios técnicos consolidados contendo as principais características das redes de distribuição implantadas no município. Esses relatórios incluem informações detalhadas como extensão total de rede, distribuição de diâmetros, materiais constituintes das tubulações, entre outros parâmetros fundamentais para a análise do desempenho hidráulico do sistema.

O SAA ETA Sul atende cerca de 11.052 ligações, sendo composto por uma extensão aproximada de 343 km de rede de água, enquanto que o SAA ETA Central atende cerca de 37.564 ligações e contempla uma extensão próximo a 735 km de redes implantadas.

A Tabela 1 apresenta um resumo com as extensões totais por diâmetro para os sistemas ETA Sul e ETA Central, permitindo a visualização comparativa das características físicas das redes e subsidiando as análises posteriores de modelagem, operação e planejamento.

**Tabela 1 – Resumo SAA Existente por sistema**

| Diâmetro (mm) | SAA Extensão de Rede (m) | | |
|---|---|---|---|
| | ETA Sul | ETA Central | Total |
| 20 | 488 | 2246 | 2734 |
| 32 | 8163 | 16249 | 24412 |
| 40 | 15011 | 49890 | 64901 |
| 50 | 191120 | 422499 | 613619 |
| 60 | 945 | 3249 | 4194 |
| 65 | 0 | 650 | 650 |
| 75 | 45969 | 45707 | 91676 |
| 85 | 982 | 248 | 1230 |
| 90 | 0 | 540 | 540 |
| 100 | 28992 | 59012 | 88004 |
| 110 | 1495 | 1689 | 3184 |
| 125 | 0 | 413 | 413 |
| 140 | 2547 | 6528 | 9075 |
| 150 | 27168 | 31714 | 58882 |
| 160 | 2274 | 7657 | 9931 |
| 175 | 0 | 1953 | 1953 |
| 200 | 2331 | 36624 | 38955 |
| 250 | 6179 | 29995 | 36174 |
| 300 | 0 | 5096 | 5096 |
| 350 | 0 | 6404 | 6404 |
| 400 | 9016 | 6700 | 15716 |
| Total | 342.680 | 735.063 | 1.077.743 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

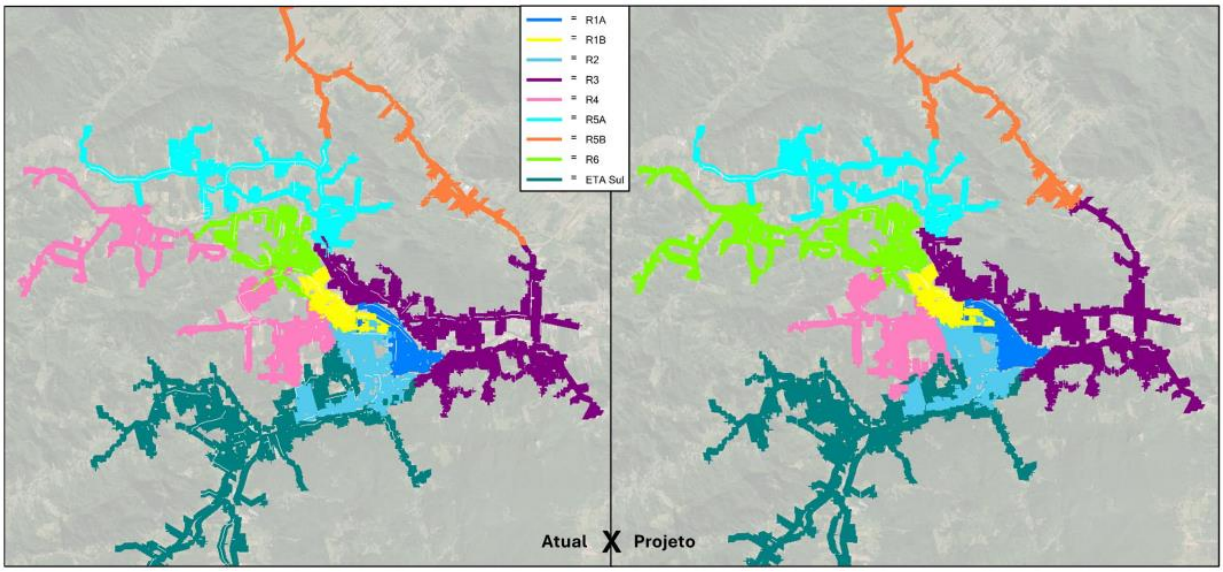
O rebalanceamento dos reservatórios do sistema de abastecimento de Jaraguá do Sul foi desenvolvido com base nas projeções de demanda para o horizonte de planejamento de 2045, considerando o crescimento urbano e industrial, bem como a evolução do consumo nos diferentes perfis de usuários (residencial, comercial e industrial).

A estratégia adotada teve como principais objetivos o equilíbrio dos tempos de detenção hidráulica entre os reservatórios, a melhoria da eficiência energética do sistema, a redução de custos de implantação e operação, e o aumento da segurança hídrica. Nesse contexto, buscou-se uma redistribuição mais eficiente das áreas de atendimento, priorizando o aproveitamento da alimentação por gravidade e a otimização das zonas de pressão.

Destaca-se, entre as soluções propostas, o redirecionamento da área de atendimento anteriormente vinculada ao reservatório R4 para o reservatório R6, viabilizado pela implantação do Reservatório Secundário Nereu Ramos. Essa reconfiguração resultou em ganhos significativos em termos de flexibilidade operacional, redução da necessidade de reforços em rede e melhor adequação das pressões nas áreas atendidas.

A Figura 1 apresenta um comparativo entre as áreas de abrangência dos reservatórios principais, evidenciando as diferenças entre o cenário atual e o cenário de projeto, após o rebalanceamento proposto.

**Figura 1 – Comparativo das áreas de abrangência dos reservatórios principais do SAA Jaraguá do Sul**



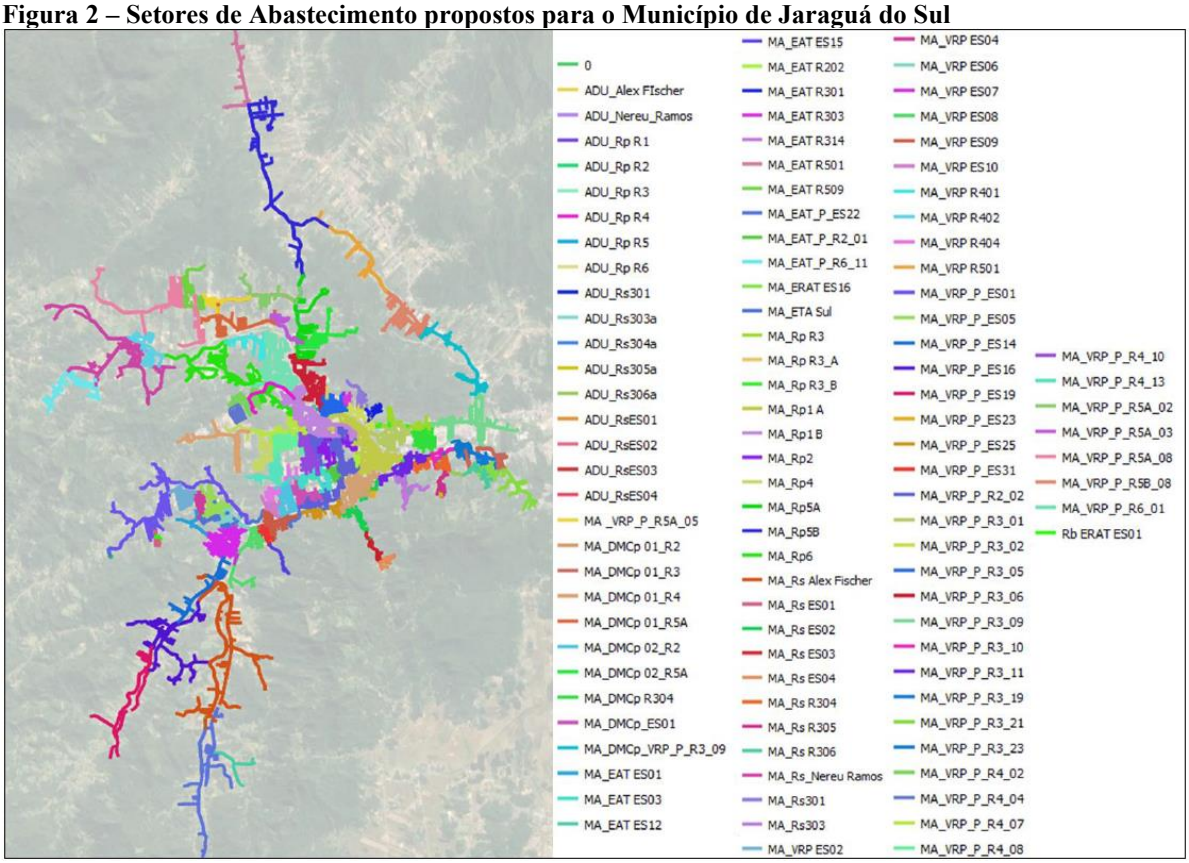

Fonte: Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

A partir das análises hidráulicas e do rebalanceamento dos reservatórios, foi proposta uma nova configuração de setorização do sistema de abastecimento, estruturada com base em Distritos de Medição e Controle (DMCs). Essa abordagem visa aprimorar o controle operacional, permitindo o monitoramento contínuo de vazões e pressões, além de contribuir para a redução de perdas e melhoria da eficiência do sistema.

A setorização foi definida considerando a compartimentação hidráulica da rede, a delimitação de zonas de pressão e a implantação de dispositivos de controle, como válvulas redutoras de pressão, registros de manobra, estações elevatórias e pontos de macromedição. Os setores foram organizados de forma a possibilitar o isolamento operacional e facilitar a gestão por áreas homogêneas.

A Figura 2 apresenta a visão geral da setorização proposta para o município, incluindo os DMCs e os grupos de obras associados, conforme a codificação adotada no desenvolvimento do estudo.

**Figura 2 – Setores de Abastecimento propostos para o Município de Jaraguá do Sul**




Fonte: Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

## PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES

O conjunto de intervenções proposto contempla obras de setorização, controle de pressão e eficiência energética do sistema de abastecimento, incluindo implantação e substituição de redes, estações de bombeamento, válvulas redutoras de pressão (VRPs), macromedidores, registros e reservatórios. As ações foram estruturadas de forma integrada, considerando a reconfiguração hidráulica do sistema e a adequação das infraestruturas existentes às condições operacionais futuras.

As intervenções foram definidas a partir de simulações hidráulicas desenvolvidas para os cenários atual e de projeto, permitindo avaliar o desempenho operacional do sistema e subsidiar o pré-dimensionamento das obras propostas. Os estudos contemplaram a organização das intervenções por grupos de obras, etapas de implantação e setores de abastecimento, possibilitando a hierarquização das ações e o planejamento faseado da execução.

As obras previstas para o horizonte imediato concentram-se na garantia das pressões mínimas em períodos críticos de consumo, incluindo reforços de rede, implantação de dispositivos de controle e adequações operacionais. Também foram previstos macromedidores em adutoras, entradas de setores e principais zonas de pressão, dimensionados preliminarmente a partir das vazões máximas e mínimas obtidas no modelo hidráulico.

Complementarmente, foram elaborados quantitativos de obras e estimativas de investimentos, incluindo extensões de redes por diâmetro, quantidades de boosters, registros, VRPs e demais estruturas necessárias à consolidação da setorização e otimização operacional do sistema.

Na sequencia são apresentados os quantitativos referentes as principais intervenções previstas, dividindo as intervenções imediatas, previstas para o ano inicial do projeto (2025), e as intervenções previstas até fim de plano (2045).

Com relação às intervenções lineares de rede de água, incluindo redes de distribuição e adutoras, as Tabelas 2 e 3 apresentam os quantitativos de metragem por diâmetro para cada setor de abastecimento referente respectivamente aos anos 2025 e 2045.

**Tabela 2 - Relação da metragem quantificada para as intervenções lineares por setor de reservação - 2025**

| Setor de Reservação | DN (mm) | | | | | | | Total (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 400 | |
| Rb ERAT ES01 | - | 170 | - | - | - | - | - | 170 |
| Rp ES | 500 | 40 | 364 | 35 | 194 | 143 | - | 1276 |
| Rp R1a | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rp R1b | 35 | 346 | 534 | 55 | - | - | - | 970 |
| Rp R2 | 571 | 8 | 1137 | 45 | - | - | - | 1761 |
| Rp R3 | 1789 | 420 | 303 | 39 | 2534 | 9 | 635 | 5729 |
| Rp R4 | 166 | - | - | - | - | - | - | 166 |
| Rp R5A | 22 | 304 | 6 | 504 | - | 1130 | - | 1966 |
| Rp R5B | 9 | - | 158 | 339 | - | 2149 | - | 2655 |
| Rp R6 | 258 | 44 | 761 | - | 26 | - | - | 1089 |
| Rs ES01 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rs ES02 | 33 | - | - | - | - | - | - | 33 |
| Rs ES03 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rs ES04 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rs R303 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rs R304 | 75 | - | - | - | - | - | - | 75 |
| Rs R306 | - | - | 6 | - | 231 | - | - | 237 |
| Rs-Alex Fischer | - | 330 | 103 | 913 | 2276 | - | - | 3622 |
| Rs-Nereu Ramos | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 3458 | 1662 | 3372 | 1930 | 5261 | 3431 | 635 | 19.749 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

**Tabela 3 - Relação da metragem quantificada para as intervenções lineares por setor de reservação - 2045**

| Setor de Reservação | DN (mm) | | | | | | | | Total (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | |
| Rb ERAT ES01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rp ES | 31 | 298 | 2289 | 87 | 653 | 1216 | 1349 | - | 5923 |
| Rp R1a | - | 2156 | 732 | 825 | 702 | - | - | - | 4415 |
| Rp R1b | - | 428 | 1346 | 180 | - | - | - | - | 1954 |
| Rp R2 | - | 191 | 429 | 2 | - | 1574 | - | - | 2196 |
| Rp R3 | 3 | 839 | 196 | 429 | 2996 | 2193 | 161 | 1495 | 8312 |
| Rp R4 | 36 | 1175 | 1118 | 978 | - | 2005 | 9 | - | 5321 |
| Rp R5A | 43 | 1693 | 866 | 596 | 732 | 7157 | - | - | 11087 |
| Rp R5B | 12 | 319 | 365 | 3 | 12 | 12 | - | - | 723 |
| Rp R6 | 57 | 669 | 1432 | 33 | 24 | 1226 | 238 | - | 3679 |
| Rs ES01 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | 12 |
| Rs ES02 | - | 576 | 12 | 178 | - | - | - | - | 766 |
| Rs ES03 | - | - | 12 | - | - | - | - | - | 12 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rs ES04 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| Rs R303 | 57 | - | - | - | - | - | - | - | 57 |
| Rs R304 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rs R306 | - | 1000 | 289 | 16 | - | - | - | - | 1305 |
| Rs-Alex Fischer | 128 | 141 | 326 | 2249 | 2243 | 1038 | 1590 | - | 7715 |
| Rs-Nereu Ramos | - | 30 | 3370 | 470 | 555 | 2250 | - | - | 6675 |
| Total | 373 | 9099 | 11852 | 7224 | 8097 | 18671 | 3347 | 1495 | 60.158 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

Adicionalmente, a Tabela 4 corresponde a um resumo das extensões totais por setor de abastecimento previstas para os anos de 2025 e 2045, assim como um total geral.

**Tabela 4 - Intervenções lineares por setor de reservação e ano de projeto**

| Setor de Reservação | Extensão de Rede (m) | | |
|---|---|---|---|
| | 2025 | 2045 | Total |
| Rb ERAT ES01 | 170 | - | 170 |
| Rp ES | 1276 | 5923 | 7199 |
| Rp R1a | - | 4415 | 4415 |
| Rp R1b | 970 | 1954 | 2924 |
| Rp R2 | 1761 | 2196 | 3957 |
| Rp R3 | 5729 | 8312 | 14041 |
| Rp R4 | 166 | 5321 | 5487 |
| Rp R5A | 1966 | 11087 | 13053 |
| Rp R5B | 2655 | 723 | 3378 |
| Rp R6 | 1089 | 3679 | 4768 |
| Rs ES01 | - | 12 | 12 |
| Rs ES02 | 33 | 766 | 799 |
| Rs ES03 | - | 12 | 12 |
| Rs ES04 | - | 6 | 6 |
| Rs R303 | - | 57 | 57 |
| Rs R304 | 75 | - | 75 |
| Rs R306 | 237 | 1305 | 1542 |
| Rs-Alex Fischer | 3622 | 7715 | 11337 |
| Rs-Nereu Ramos | - | 6675 | 6675 |
| Total | 19.749 | 60.158 | 79.907 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

A modelagem hidráulica também apresentou o quantitativo de redes a serem substituídas se consideradas as redes implantadas e em funcionamento com diâmetro inferior a 50 mm. A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para cada setor de reservação por ano de implantação. Importante frisar que estas intervenções em sua maioria devem ser realizadas quando da possibilidade de integração com outras obras do municipio, uma vez que no caso das previstas para 2045, não correspondem a intervenções essenciais, porém tendem a garantir uma melhor eficiência na operação do sistema.

**Tabela 5 - Relação da extensão de rede DN inferior a 50mm por setor de reservação e ano de projeto**

| Setor de Reservação | Ano 2025 | Ano 2045 | Total |
|---|---|---|---|
| Rp ES | 299 | 13.607 | 13.906 |
| Rp R1a | - | 2.960 | 2.960 |
| Rp R1b | - | 5.094 | 5.094 |
| Rp R2 | 524 | 10.581 | 11.105 |
| Rp R3 | 1.534 | 22.826 | 24.360 |
| Rp R4 | 95 | 8.733 | 8.828 |
| Rp R5A | - | 1.915 | 1.915 |
| Rp R5B | - | 3.123 | 3.123 |
| Rp R6 | 254 | 4.367 | 4.621 |
| Rs ES01 | - | 532 | 532 |
| Rs ES02 | - | 3.246 | 3.246 |
| Rs R301 | - | 867 | 867 |
| Rs R303 | - | 969 | 969 |
| Rs R304 | - | 2.120 | 2.120 |
| Rs R305 | - | 1.445 | 1.445 |
| Rs R306 | - | 1.009 | 1.009 |
| Rs-Alex Fischer | - | 1.075 | 1.075 |
| Rs-Nereu Ramos | - | 2.453 | 2.453 |
| Total | 2.706 | 86.922 | 89.628 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

A Tabela 6 apresenta o indicativo de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) previstas no sistema, distribuídas por setor de reservação e ano de projeto.

**Tabela 6 - Relação da quantidade de VRPs propostas, por setor de reservação e ano de projeto**

| Setor de Reservação | Ano 2025 | Ano 2045 | Total |
|---|---|---|---|
| Rp ES | - | 12 | 12 |
| Rp R2 | - | 2 | 2 |
| Rp R3 | 1 | 10 | 11 |
| Rp R4 | - | 14 | 14 |
| Rp R5A | - | 9 | 9 |
| Rp R5B | - | 7 | 7 |
| Rp R6 | - | 4 | 4 |
| Rs ES01 | - | 2 | 2 |
| Rs ES02 | - | 8 | 8 |
| Rs R301 | - | 2 | 2 |
| Rs R303 | - | 4 | 4 |
| Rs R304 | - | 1 | 1 |
| Rs R305 | - | 2 | 2 |
| Rs R306 | - | 3 | 3 |
| Rs-Alex Fischer | - | 10 | 10 |
| Rs-Nereu Ramos | - | 1 | 1 |
| Total | 1 | 91 | 92 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

Da mesma forma, a Tabela 7 apresenta os dados referentes aos novos registros propostos no sistema, seguindo a mesma metodologia de apresentação, por setor de reservação e ano de intervenção.

**Tabela 7 - Relação da quantidade de registros novos propostos, por setor de reservação e ano de projeto**

| Setor de Reservação | Ano 2025 | Ano 2045 | Total |
|---|---|---|---|
| Rb ERAT ES01 | 2 | | 2 |
| Rp ES | 4 | 33 | 37 |
| Rp R1b | 1 | 1 | 2 |
| Rp R2 | 6 | 6 | 12 |
| Rp R3 | 5 | 21 | 26 |
| Rp R4 | 2 | 25 | 27 |
| Rp R5A | 8 | 18 | 26 |
| Rp R5B | 2 | 6 | 8 |
| Rp R6 | - | 19 | 19 |
| Rs ES01 | - | 2 | 2 |
| Rs ES02 | 1 | 7 | 8 |
| Rs ES03 | - | 1 | 1 |
| Rs ES04 | - | 1 | 1 |
| Rs R301 | - | 1 | 1 |
| Rs R303 | - | 4 | 4 |
| Rs R304 | 2 | 2 | 4 |
| Rs R305 | - | 1 | 1 |
| Rs R306 | 1 | 9 | 10 |
| Rs- Alex Fischer | 1 | 16 | 17 |
| Rs-Nereu Ramos | - | 8 | 8 |
| Total Geral | 35 | 181 | 216 |

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Projeto de Modelagem Hidráulica – SAMAE, 2025

Por fim, a Tabela 8 apresenta os dados referentes às unidades de bombemaento, mapeando os dados referente à implantação de novas unidades, desativação de unidades em operação e substituição de sistemas de bombeamento. As informações são apresentadas por setor de reservação e ano de intervenção.

**Tabela 8 - Relação da quantidade de Intervenções em Bombas propostas, por setor de reservação e ano de projeto**

| Setor de Reservação | Implantar Nova Bomba | | | Desativar Bomba | | | Trocar Bomba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2025 | 2045 | Total | 2025 | 2045 | Total | 2045 |
| Rp ES | 2 | 11 | 13 | - | - | - | 3 |
| Rp R2 | 1 | 1 | 2 | - | - | - | 1 |
| Rp R3 | - | 6 | 6 | - | 1 | 1 | 1 |
| Rp R4 | - | 10 | 10 | - | 4 | 4 | 12 |
| Rp R5A | 3 | 5 | 8 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Rp R5B | 1 | 1 | 2 | - | - | - | 1 |
| Rp R6 | - | 6 | 6 | - | - | - | - |
| Rs ES02 | - | 4 | 4 | - | 1 | 1 | 1 |
| Rs R303a | - | 5 | 5 | - | - | - | 2 |
| Rs R304 | 1 | 1 | 2 | - | - | - | 1 |
| Rs R306 | - | 3 | 3 | - | 2 | 2 | 1 |
| Rs-Alex Fischer | 2 | 7 | 9 | 1 | 2 | 3 | - |
| Rs-Nereu Ramos | - | 6 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Total | 10 | 66 | 76 | 3 | 12 | 15 | 16 |

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da modelagem hidráulica do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Jaraguá do Sul demonstram a importância da utilização de ferramentas de simulação computacional como suporte ao planejamento operacional e à definição de intervenções estruturais em sistemas complexos de distribuição de água. A metodologia adotada, fundamentada na construção e calibração de um modelo hidráulico representativo dos sistemas atendidos pelas ETAs Sul e Central, permitiu avaliar de forma integrada o comportamento hidráulico do sistema frente aos cenários de demanda atual e futura, considerando o horizonte de planejamento até o ano de 2045.

Os resultados evidenciam que o processo de calibração foi fundamental para garantir aderência entre as condições simuladas e a operação real do sistema, conferindo confiabilidade às análises desenvolvidas. A incorporação de dados operacionais monitorados em campo, aliada à validação cadastral e à adequação das regras operacionais dos reservatórios, permitiu representar adequadamente as condições hidráulicas do município, reduzindo inconsistências operacionais e proporcionando maior precisão na avaliação dos cenários simulados.

A análise das características físicas do sistema revelou a elevada complexidade operacional da rede de distribuição do município, composta por aproximadamente 1.078 km de tubulações distribuídas entre os sistemas ETA Sul e ETA Central, atendendo conjuntamente mais de 48 mil ligações de água. Observa-se predominância de redes com diâmetro nominal de 50 mm, representando parcela significativa da infraestrutura implantada, além da existência de trechos com diâmetros reduzidos e materiais considerados inadequados sob a ótica operacional atual. Esses aspectos influenciam diretamente o comportamento hidráulico do sistema, especialmente no que se refere às perdas de carga, à ocorrência de pressões insuficientes e à limitação da capacidade de atendimento em períodos críticos de consumo.

O rebalanceamento dos reservatórios demonstrou-se uma etapa estratégica para a reorganização hidráulica do sistema, permitindo uma redistribuição mais eficiente das áreas de atendimento e maior aproveitamento das condições de alimentação por gravidade. A redefinição das áreas de influência dos reservatórios, associada à implantação de novas estruturas de reservação e à reconfiguração operacional das zonas de pressão, proporcionou ganhos relevantes em termos de flexibilidade operacional, eficiência energética e segurança hídrica. Destaca-se, nesse contexto, o redirecionamento da área de atendimento do reservatório R4 para o reservatório R6, viabilizado pela implantação do Reservatório Secundário Nereu Ramos, reduzindo a necessidade de reforços adicionais em rede e melhorando o equilíbrio hidráulico entre os setores do sistema.

Os estudos de setorização evidenciaram que a compartimentação do sistema em Distritos de Medição e Controle (DMCs), associada à implantação de válvulas redutoras de pressão (VRPs), macromedidores e dispositivos de controle operacional, representa uma solução tecnicamente adequada para melhoria do desempenho hidráulico e operacional do sistema. A definição das zonas de pressão, baseada em critérios hidráulicos e normativos, permitiu reduzir a exposição do sistema a condições de subpressão e sobrepressão, além de ampliar a capacidade de monitoramento e controle das perdas físicas. A utilização de VRPs, incluindo estratégias operacionais diferenciadas para períodos diurnos e noturnos, mostrou-se especialmente relevante para racionalização das pressões e redução das solicitações hidráulicas sobre a infraestrutura existente.

Os quantitativos de intervenções propostos reforçam a magnitude das adequações necessárias para consolidação do cenário de projeto. Foram previstos aproximadamente 19,7 km de intervenções lineares para o horizonte imediato de 2025 e cerca de 60,2 km adicionais até o horizonte final de 2045, totalizando aproximadamente 79,9 km de novas redes e reforços estruturais. Complementarmente, o estudo indicou a necessidade de substituição de aproximadamente 89,6 km de redes com diâmetros inferiores a 50 mm, consideradas limitantes ao desempenho hidráulico do sistema. Essas substituições, embora nem sempre mandatórias no curto prazo, apresentam caráter estruturante e contribuem significativamente para a melhoria da eficiência operacional e redução de perdas.

No âmbito do controle operacional, destacam-se ainda as previsões de implantação de 92 válvulas redutoras de pressão, 216 novos registros e 76 novas unidades de bombeamento, além da desativação e substituição de sistemas existentes. Esses números evidenciam que a reconfiguração proposta vai além de intervenções pontuais, caracterizando um processo abrangente de modernização operacional do sistema de abastecimento.

A estratégia de implantação faseada adotada no estudo demonstra coerência técnica ao estabelecer prioridades de execução para o horizonte de curto prazo, especialmente nas áreas críticas sujeitas à insuficiência de pressão durante períodos de maior consumo. Entretanto, conforme observado ao longo das análises, a hierarquização proposta deve ser compreendida como instrumento orientativo, cabendo ao SAMAE avaliar a execução das intervenções em função de critérios econômicos, operacionais e de oportunidade construtiva, sobretudo em situações de sinergia com outras obras de infraestrutura urbana.

Por fim, ressalta-se que o modelo hidráulico desenvolvido constitui a principal ferramenta técnica de suporte à tomada de decisão, permitindo avaliar de forma integrada os impactos das intervenções propostas sobre pressões, vazões, reservação e operação do sistema. Dessa forma, eventuais alterações futuras no planejamento, priorização de obras ou revisão de premissas operacionais poderão ser avaliadas diretamente no modelo, garantindo rastreabilidade técnica, confiabilidade das análises e maior segurança no processo decisório.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A modelagem hidráulica do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do município de Jaraguá do Sul demonstrou-se uma ferramenta fundamental para o planejamento, operação e gestão da infraestrutura de abastecimento, permitindo a avaliação integrada do comportamento hidráulico do sistema frente às condições atuais e aos cenários futuros de demanda. A utilização do modelo calibrado possibilitou identificar limitações operacionais, desequilíbrios de pressão, deficiências estruturais e oportunidades de otimização operacional, fornecendo suporte técnico consistente para a tomada de decisão.

Os resultados obtidos evidenciam que a adoção de estratégias de rebalanceamento dos reservatórios, setorização em Distritos de Medição e Controle (DMCs), implantação de válvulas redutoras de pressão (VRPs), adequação de sistemas de bombeamento e substituição de redes críticas contribui significativamente para a melhoria do desempenho hidráulico do sistema. As intervenções propostas permitem reduzir situações de subpressão e sobrepressão, melhorar a eficiência energética, ampliar a capacidade de controle operacional e promover a redução de perdas físicas, refletindo diretamente na confiabilidade e sustentabilidade do abastecimento público.

O conjunto de intervenções apresentado constitui, portanto, um plano estruturado de modernização do sistema de abastecimento de água, alinhado às projeções de crescimento urbano e às diretrizes operacionais do SAMAE. Sua implementação gradual possibilitará a transição de um modelo predominantemente reativo para uma operação planejada, monitorada e otimizada, proporcionando maior segurança operacional e melhor aproveitamento da infraestrutura existente.

Ressalta-se, entretanto, que a efetividade das ações propostas está diretamente relacionada à continuidade do processo de monitoramento operacional e à atualização periódica das premissas utilizadas no modelo hidráulico, especialmente aquelas associadas à evolução das demandas, expansão urbana, índices de perdas e alterações operacionais do sistema. Recomenda-se, ainda, o aprofundamento dos estudos de engenharia para o dimensionamento executivo das intervenções previstas para o horizonte de longo prazo (2045), considerando que parte das soluções propostas depende das dinâmicas futuras de ocupação urbana, crescimento industrial e comportamento do consumo.

Adicionalmente, recomenda-se que o modelo hidráulico desenvolvido seja mantido como ferramenta permanente de apoio à gestão do sistema, permitindo a validação técnica de futuras intervenções, alterações operacionais e estratégias de expansão. Dessa forma, será possível garantir maior rastreabilidade técnica no processo decisório e maior flexibilidade para adaptação do planejamento frente às necessidades futuras do município.

Por fim, recomenda-se que a priorização das intervenções considere não apenas os critérios hidráulicos identificados no estudo, mas também aspectos relacionados à viabilidade econômica, logística de implantação, integração com outras obras de infraestrutura urbana e maximização dos ganhos operacionais e energéticos, buscando o melhor equilíbrio entre segurança hídrica, eficiência operacional e sustentabilidade do sistema de abastecimento de água de Jaraguá do Sul.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 12215:2017. Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 26 p.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 12217:2017. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 19 p.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 12218:2017. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 41 p.

4. AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, Miguel; ARAÚJO, Roberto de; ITO, Acácio Eiji. Manual de hidráulica. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 632 p.

5. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, entre outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

6. SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE JARAGUÁ DO SUL (SAMAE). Projeto de Modelagem Hidráulica do Sistema de Abastecimento de Água de Jaraguá do Sul. Jaraguá do Sul: SAMAE, 2025.