

A EXPERIÊNCIA DO SAMAE DE BRUSQUE/SC COM A MODELAGEM HIDRÁULICA DE TODO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Eduardo Pauly Fernandes⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina e Diretor de Expansão do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Brusque/SC.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo de abastecimento de água realizado no SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) de Brusque/SC, utilizando como ferramenta principal a modelagem hidráulica computacional para a elaborar os projetos de melhoria de rede existentes para o horizonte de projeto de 2050, bem como o projeto da adutora da obra em andamento da nova Estação de Tratamento de Água Cristalina.

Inicialmente, foram realizadas as projeções populacionais do município de Brusque através de metodologias estatísticas dividido por bairro, que serviram como base para o Estudo de Demanda de Água do município.

A etapa posterior consistiu na construção do modelo hidráulico do sistema de abastecimento de água. Com o auxílio da modelagem hidráulica, foi possível elaborar os cenários de simulação, de cenários atuais (como a rede está hoje) e de cenários futuros (o que é necessário fazer).

Este trabalho teve como resultados principais as intervenções projetadas em 89,02 km de redes novas, 47 Distritos de Medição e Controle, 2 reservatórios de água tratada, melhoria da pressão média, eliminação de pontos com desabastecimentos e projetos executivos de todas as melhorias necessárias de 2020 até 2050, que resultou em um orçamento de investimento planejado de R\$ 45 milhões.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem hidráulica, Sistema de distribuição, WaterGEMS.

INTRODUÇÃO

A cidade de Brusque, localizada na região do Vale do Itajaí, no estado de Santa Catarina, Brasil, possui uma população total de 135 mil habitantes dividida em 31 bairros. O sistema de abastecimento de água da cidade é operado pela Autarquia pública SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto). Os principais desafios do SAMAE dizem respeito à ampliação da rede de distribuição de água, ao combate e à redução das perdas de água, atualmente no patamar de 40%, e à redução dos custos com energia elétrica, de aproximadamente 3 milhões de reais ao ano.

O atual sistema produz cerca de 300 L/s de água por meio de sua Estação de Tratamento de Água (ETA) Central, correspondendo à 75% da produção, e às 6 estações de menor porte, com os restantes 25% da produção. O sistema possui uma capacidade de reservação de 16.700 m³ e uma extensão de rede de mais de 700 km. Devido à topografia acidentada da cidade, o SAMAE opera ao todo com 54 estações elevatórias e boosters.

Com um crescimento estimado em 30% nos últimos 10 anos, Brusque enfrenta os desafios de uma cidade que necessita planejar e organizar a forma como o sistema de abastecimento de água é operado, para contornar alguns problemas como: falta de água e pressão baixa na rede, excesso de perda de carga em redes, falta de capacidade de bombeamentos, demanda de reservação, entre outros. E todas estas questões são agravadas principalmente pela falta de uma setorização adequada do sistema.

Para solucionar estes problemas, o SAMAE desenvolveu em parceria com uma empresa contratada, a SANOVA, que realizou um projeto de simulação hidráulica utilizando o software WaterGEMS. Por meio desse trabalho, a Autarquia pretendia, principalmente, validar onde estavam os gargalos operacionais do sistema atual; avaliar o impacto da implantação de uma nova estação, a ETA Cristalina, da desativação de sistemas de produção de menor porte e da elaboração do projeto de reforços, de otimização e de setorização da cidade para um horizonte de projetos até 2050.

O modelo hidráulico é a representação computacional do sistema real existente e do sistema que se deseja implantar. É constituído de duas partes principais: uma base de dados e um software de modelagem. A base de dados representa todas as informações necessárias para a construção do modelo: cadastro técnico, cotas topográficas, características físicas das tubulações, dimensões de reservatórios, ligações de água com consumos de água, entre outros. Já o software de modelagem é responsável por compilar (organizar) todas essas informações e equacioná-las em termos de equações hidráulicas diversas como energia, continuidade, transporte e otimização, de modo a fornecer respostas ao usuário.

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho foi a implantação da Modelagem Hidráulica do Sistema de Distribuição de Água no SAMAE de Brusque/SC, para servir como base para elaboração de projetos executivos, de planejamento e de controle operacional.

METODOLOGIA UTILIZADA

Preparação dos Dados

As principais informações para a construção do modelo hidráulico são o cadastro técnico de água, o levantamento planialtimétrico (topografia) e as ligações de água (consumo). Todos estes dados devem estar no mesmo sistema de coordenadas de modo que quando são inseridos no modelo respeitem a mesma localização geográfica.

Sendo assim, o primeiro trabalho desenvolvido pelo SAMAE foi a preparação destes dados. De início, desenvolveu-se a migração do cadastro de água da Autarquia para um novo mapa georreferenciado em parceria com o trabalho de GIS da prefeitura municipal.

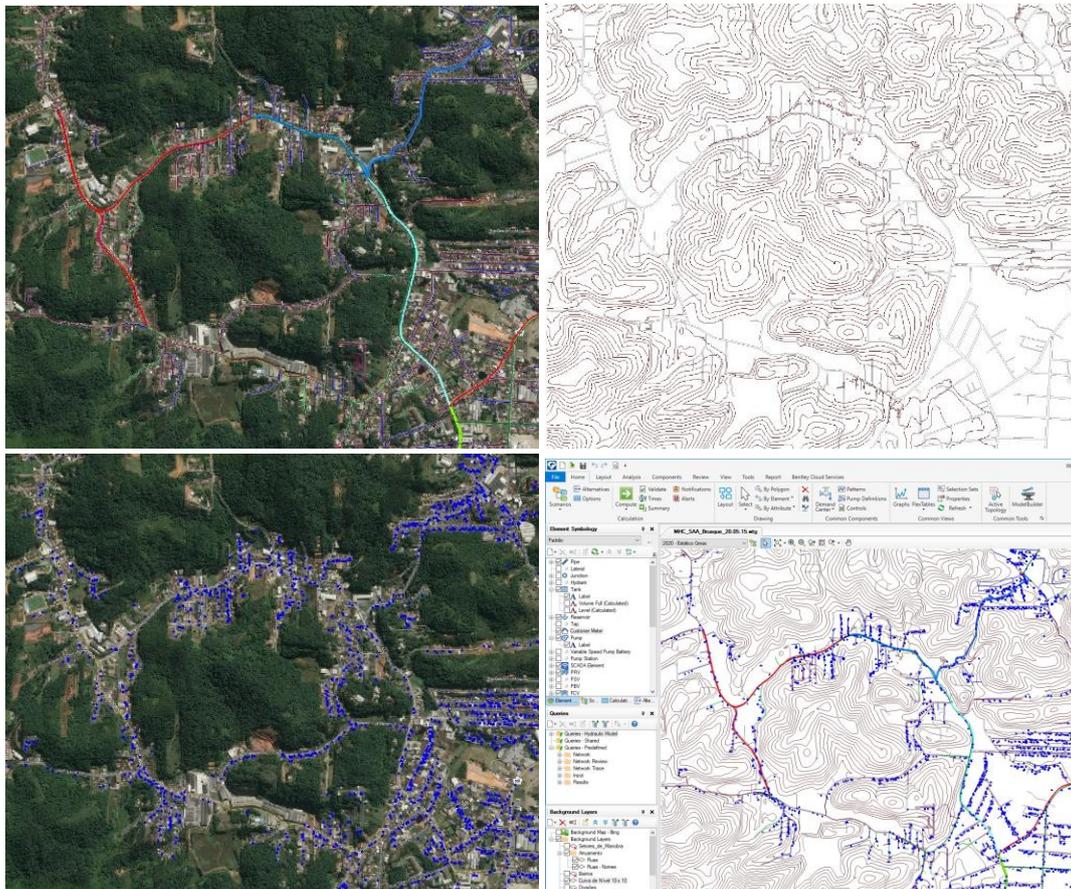


Figura 1: Cadastro técnico, topografia, ligações de água e os três sobrepostos no modelo hidráulico.

As ligações de água do Samae não contemplavam informações em GIS ou coordenadas de localização. Sendo assim, foi necessário realizar trabalhos de campo utilizando o GPS dos tablets dos leituristas de água para mapeamento dos hidrômetros e consumos de água. Devido aos problemas com sinais na região, foram meses de trabalho. Mesmo assim, foi mais rápido e mais eficiente do que inserir manualmente. As ligações de água representam o consumo micromedido, atribuídos aos elementos de consumidores, e vazão das perdas de água nos nós, atribuídos automaticamente pelo software.



Figura 2: Ligações de água com o consumo micromedido após o trabalho de georreferenciamento e inseridas no modelo hidráulico.

A topografia utilizada foi o levantamento planialtimétrico realizado em 2015 por meio de um sobrevoo na região, disponibilizado pela prefeitura do município.

Estudo de Demanda de Água

Para elaborar o Estudo de Demanda de Água foram realizadas projeções estatísticas anuais de crescimento populacional da cidade por bairros, levando em consideração aspectos relacionados ao histórico de novas ligações, zoneamento da cidade, ao plano diretor, aos empreendimentos futuros com viabilidade, entre outros. Esta projeção considerou o horizonte do projeto de 2020 até 2050. Os resultados das demandas de água foram a base para a inserção de consumo ao longo dos anos nos cenários e nas regiões no modelo hidráulico.

Construção do Modelo Hidráulico

Na construção do modelo hidráulico foram inseridas as tubulações de água conforme cadastro técnico, as curvas de bombas conforme os modelos, os dados técnicos, as ligações com consumos de água, 40 regras operacionais e a validação de limites de setores.

Os principais materiais e atividades utilizados para construção do modelo hidráulico foram:

- Cadastro de rede de água: arquivo em formato .dwg e QGIS Project, bem como arquivos isolados das camadas existentes, nas quais estavam representados as tubulações, diâmetros, tipo de material, traçado e informações diversas do sistema de água;
- Dados de reservatórios e bombas: planilhas em formato .xls com informações das bombas e dos reservatórios existentes no sistema;
- Sistema comercial: dados de demandas de água (dados de micromedição) georreferenciados no período de 12 meses;
- Reuniões diversas com equipe do projeto: foram realizados reuniões e encontros com a equipe de gestão, operação e manutenção como forma de coletar outros dados tais como informações de registros e válvulas redutoras de pressão, detalhes específicos de funcionamento do sistema, problemas, etc.

Os padrões de consumo foram obtidos a partir da telemetria de um dia de consumo de acordo com o comportamento de cada sistema de abastecimento de água. Quando não havia dados confiáveis utilizou-se a média dos padrões analisados.

Calibração do Modelo Hidráulico

Para que o uso do modelo tenha a confiabilidade necessária, é necessário confrontar os dados simulados com os dados lidos/observados de campo por meio de campanhas de medição de vazão e de pressão.

O SAMAE de Brusque possui em seu sistema um quantitativo considerável de macromedidores próprios, para a medição de vazão nos principais pontos estratégicos da rede. Todas as estações elevatórias apresentam medição de pressão com manômetros de sucção e recalque e medição de vazão com macromedidores. Como forma de refinar essa informação, foram realizadas campanhas de pitometria nos principais macromedidores para avaliar os desvios de medição e tornar o modelo hidráulico mais preciso. De forma complementar, foram instalados dataloggers na rede em pontos estratégicos para buscar mais dados de pressão.

Foram definidos 7 (sete) os pontos de instalação de dataloggers de pressão que, em conjunto dos dados do sistema contínuo de medição da telemetria via rádio do Samae, monitoraram todo o sistema de distribuição. O monitoramento foi realizado por um período de 7 (sete) dias.

A primeira etapa do processo de calibração consistiu na eliminação dos erros grosseiros provenientes da etapa de construção física do modelo. Nesta etapa, foram checadas principalmente as conectividades de rede e os limites físicos de setores atuais e registros fechados para compatibilizar ao máximo a realidade existente do sistema perante o cadastro técnico que foi utilizado.

Com o modelo pré-ajustado, foi definido qual dia de operação (24 horas) do sistema, dentro da semana monitorada, seria utilizado para a coleta de dados de campo, compreendendo não só as campanhas de medição que foram realizadas como também os dados provenientes da telemetria do SAMAE. A escolha do dia “ideal” diz respeito a um dia no qual houve menos intervenções e problemas operacionais na rede. Então foram levantados todos os dados disponíveis de vazão dos macromedidores (telemetria), pressão (telemetria), pressão (dataloggers) e níveis de reservatórios (telemetria).

Ao todo, foram selecionados 23 dados de vazão, 63 dados de pressão e 16 dados de nível de reservatórios, com 24 horas de dados. Com a compilação de todos esses dados de campo, eles foram importados para o modelo como informação de entrada para subsidiar a calibração de forma automatizada e otimizada, com uma ferramenta do software que realiza a calibração/balanceamento do modelo com base nos dados de campo (vazão e pressão).

Por fim, antes de realizar o uso do otimizador do WaterGEMS, foi realizado um balanceamento das perdas junto aos nós do modelo. Esta etapa consistiu na distribuição da diferença dos volumes macromedidos nos nós pelos volumes micromedidos. Essa diferença de volume, que na prática diz respeito às perdas totais do sistema, foi distribuída igualmente e proporcionalmente em todos os nós do modelo para permitir a calibração. Então foi realizada a calibração propriamente dita pela ferramenta.

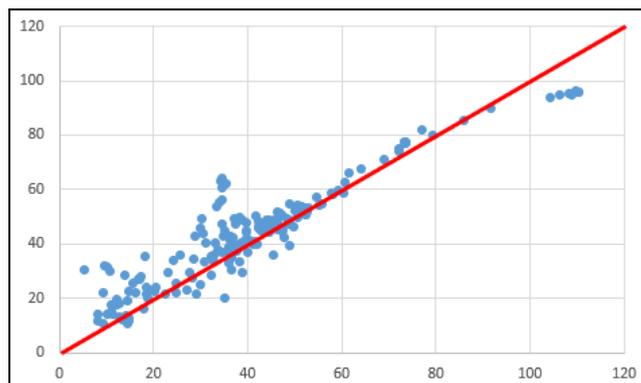


Figura 3: Pressões correlacionadas a partir dos resultados do modelo e dados de campo (dataloggers e telemetria).

Criação de Cenários e Elaboração do Projeto do Sistema de Distribuição

A partir do modelo calibrado, foram criados 28 cenários de simulação entre 2020 e 2050, no qual resumidamente foram avaliadas as intervenções necessárias na rede com base nas projeções de aumento da demanda e avaliados os cenários sempre na condição de consumo máximo. Além disso, foram analisados cenários entre 2020 e 2026 relativos ao processo de implantação da nova ETA Cristalina e desativação dos sistemas menores, uma vez que alterou significativamente o fluxo e a dinâmica do abastecimento de água da cidade.

Para início do projeto no ano de 2020, avaliou-se se o comportamento das perdas de carga e de pressões no sistema, além do funcionamento de bombas e reservatórios. Já no ano de 2024 é prevista a implantação da ETA Cristalina e conseqüentemente a desativação gradual dos sistemas isolados de forma que a rede seja abastecida apenas pela ETA Central, ETA Cristalina e S.I. Limeira.

Levou-se em conta a criação de 47 novos setores de abastecimento distribuídos por toda a região e planejados dentro dos padrões da norma. Este programa de setorização, assim como novas intervenções propostas farão parte do escopo para os anos subsequentes. No ano de 2050, criou-se 2 cenários adicionais onde foram avaliados a capacidade de armazenamento dos reservatórios ao longo do dia. Também foi considerada a implantação de todos os loteamentos presentes e futuros acima de 100 lotes, obtidos pelo cadastro GIS.

Com os reforços e substituições das redes e adutoras de água tratada, alterações operacionais e ampliações de reservatórios e elevatórios, elaborou-se projetos executivos, orçamentos, cronograma e caderno de obras para cada cenário e período.

Além disto, dentro do modelo hidráulico, foi elaborada a integração modelo com a telemetria via rádio através da ferramenta SCADA. Os dados de telemetria do SAMAE foram integrados ao modelo hidráulico via OPC Real-time. Foram conectados dados de vazão, pressão e nível dos reservatórios. Dessa forma é possível carregar dados em tempo real para o modelo.

Modelagem Hidráulica como Controle Operacional

Para utilizar o modelo hidráulico no controle operacional é necessário manter e atualizar o sistema, através de um fluxograma que o Samae criou para manter o modelo hidráulico sempre representativo ao sistema existente em campo. Neste mesmo sentido, é necessário realizar também alterações sem comprometer o que foi calibrado e validado.

Este fluxograma inclui um trabalho em conjunto com a equipe de cadastro para além de manter o cadastro técnico de rede atualizado conforme obras das equipes operacionais e novas ligações de água, também importar de forma conjunta com o modelo hidráulico. Este processo deve ser feito periodicamente. Além disto, o modelo de ser recalibrado de tempos em tempos, conforme a quantidade de alterações inseridas.

Desta forma, além da utilização do modelo hidráulico para elaborar projetos futuros, é possível utilizá-lo para o controle operacional no dia a dia da autarquia. A modelagem hidráulica permite a criação de diversos cenários em poucos cliques e poucos minutos. Em poucos minutos é possível identificar falhas no sistema, projetar e definir redes a serem executadas, elaborar viabilidades de empreendimentos, entre outros estudos.

O modelo hidráulico atualizado torna-se uma grande ferramenta disponível nas discussões diárias entre as equipes, servindo como validação das ideias dos técnicos. As imagens a seguir mostram um exemplo prático de como, rapidamente, é possível simular quatro situações distintas de uma área de abastecimento: todos os registros abertos, dois registros a montante fechados, um registro a jusante fechado e com uma nova rede projetada implantada.

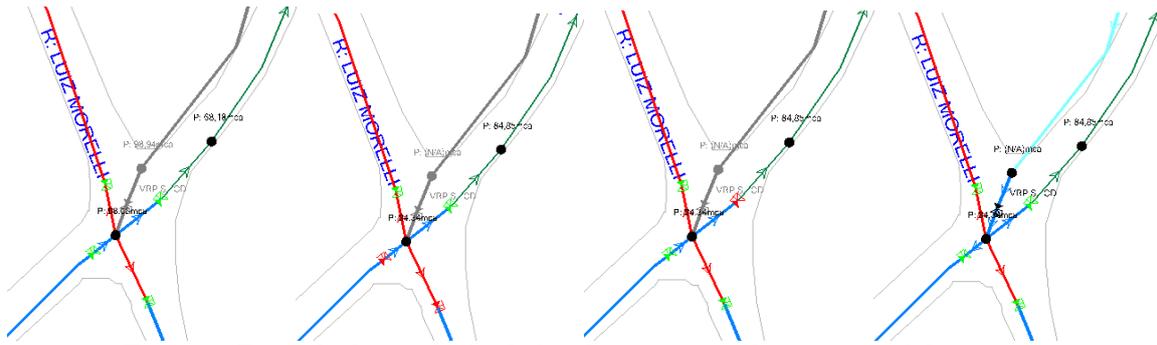


Figura 4: Exemplo de simulações hidráulicas no controle operacional do sistema.

DESAFIOS

Devido ao porte do projeto, inúmeros desafios foram encontrados, sendo os principais:

- Complexidade do funcionamento/operação geral do sistema;
- Topografia acidentada da cidade;
- Uso do Darwin Calibrador de forma independente por sistema isolado;
- Interpretação dos dados reais do sistema no formato de regras e inputs para o modelo hidráulico;
- Simulações dos reforços e substituições de tubulações.
- Setorização e criação dos Distritos de Medição de Controle do sistema.
- Integração modelo/SCADA.

RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados hidráulicos apontados pela simulação, bem como pelas projeções matemáticas realizadas pelo estudo, apontam:

1) Foram gerados os seguintes resultados principais, considerando a somatória das ações até o final de plano deste projeto dentro do modelo hidráulico: Intervenções resultando em 89,02 km de rede; Estruturação final do sistema em 47 novos Distritos de Medição e Controle; Desativação de 5 Estações de Tratamento de Água; Desativação de 11 unidades de bombeamento; Desativação de 6 reservatórios de água; Criação de 8 unidades de bombeamento; Criação de 2 reservatórios de água;

2) Consolidação de 47 Distritos de Medição e Controle (DMC) que possibilitarão ao SAMAE um controle local de sua rede e conseqüentemente, melhoria nos seus indicadores operacionais, tais como de perdas de água e eficiência energética. Os Distritos de Medição e Controle tem o intuito de facilitar a operação e melhorar o monitoramento de variáveis importantes, como o volume disponibilizado e consumido, vazões de mínimas noturnas, plano piezométrico ao longo do dia, entre outras medidas para o controle de perdas de água, garantindo não só uma boa qualidade de serviço, como a longevidade de todo o sistema (TSUTIYA, 2006). Na figura a seguir temos um resumo destes novos distritos criados.

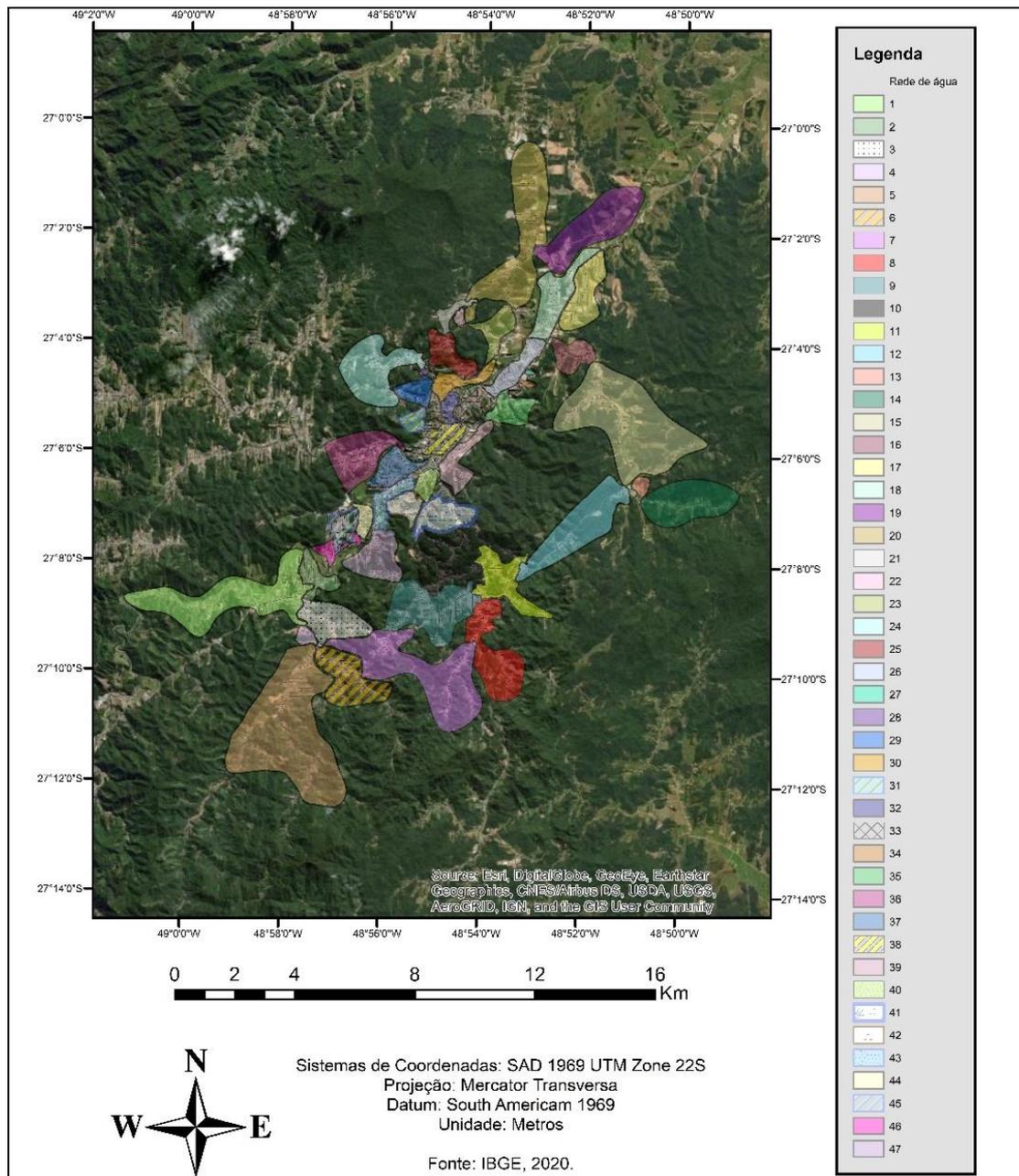


Figura 5: Distritos de medição e controle.

3) Necessidade de implantação de novos 5.000 m³ em dois reservatórios, pelo estudo de reservação dos reservatórios existentes nas Estações de Tratamento Central, Cristalina e Limeira, e dos reservatórios de montante Bateas, Jardim Vitória e Nova Brasília. O estudo verificou se o volume de reservação será suficiente para atender a cidade de Brusque até o ano de 2050.

4) Os projetos executivos que foram elaborados de todas as intervenções e melhorias necessárias de 2020-2050 resultaram em um orçamento de R\$ 44.956.838,50, o que possibilitará ao SAMAE, realizar um planejamento melhor e mais assertivo ao longo dos anos. Baseado na análise dos cenários criados até o ano de 2050, foram levantadas intervenções a serem realizadas no sistema, com o intuito tanto de otimizar as redes em relação a índices de perda de carga (m/km) e pressão (mca), quanto de reconfigurar a distribuição de água no município, a partir da implantação da ETA Cristalina e da criação dos Distritos de Medição e Controle.

5) Um projeto tratado em especial, como parte do escopo deste trabalho, foi o projeto da adutora de água tratada da nova ETA Cristalina, que deverá distribuir a água produzida para as regiões da cidade atualmente

abastecidas pelos Sistema Isolados Dom Joaquim, Cedro Alto, Santa Luzia e Zantão. A adutora terá um comprimento total de 18.924 metros, conforme tabela e figura a seguir.

Tabela 1: Materiais, diâmetros e comprimentos da Adutora de Água Tratada da ETA Cristalina.

MATERIAL E DIÂMETRO	COMPRIMENTO (M)
Tubo PVC DEFOFO PB DN 200 JEI	1.274
Tubo PVC DEFOFO PB DN 250 JEI	2.207
Tubo PVC DEFOFO PB DN 400 JEI	12.225
Tubo FOFO Dúctil PB K-7 DN 500 JE	658
Tubo FOFO Dúctil PB K-7 DN 600 JE	2.560
Total	18.924

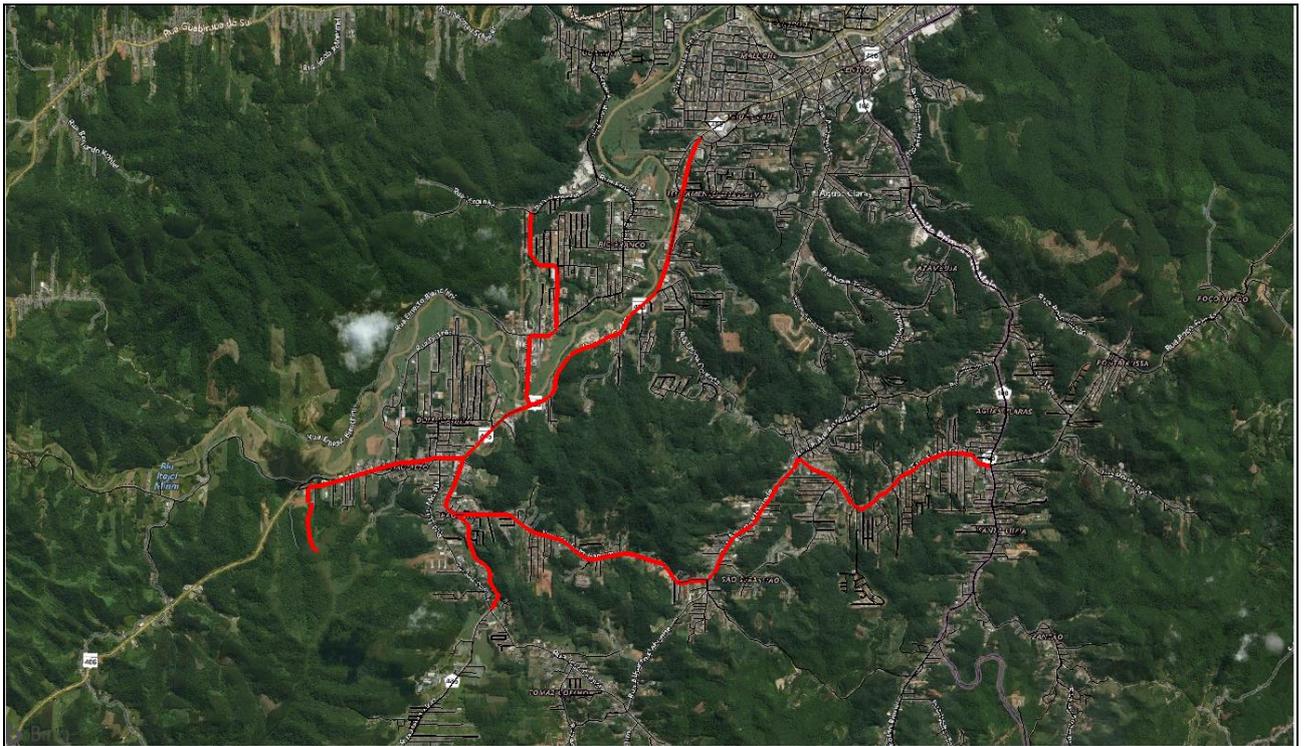


Figura 6: Traçado preliminar - Adutora Cristalina.

- 6) Melhoria da pressão média de 26 para 40 m.c.a, considerando o cenário atual calibrado com o cenário final (2050) projetado, possibilitando o sistema trabalhar com uma folga operacional maior e acabar com a falta de água;

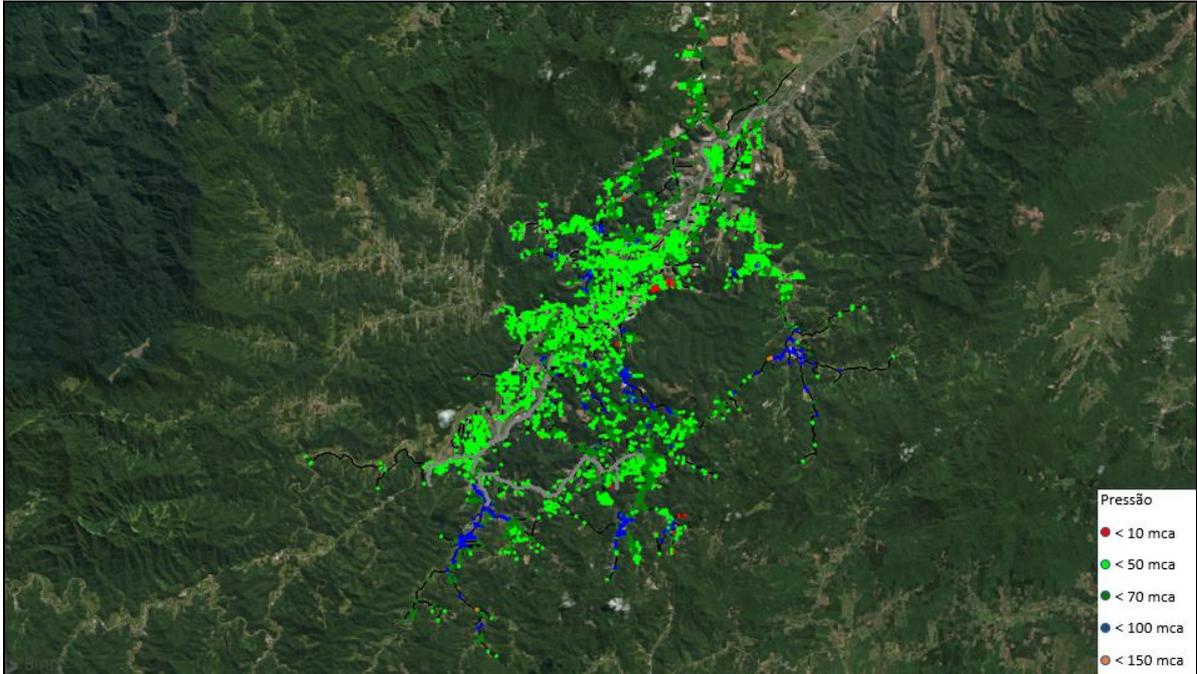


Figura 7: Pressões no sistema em 2020 após as intervenções.

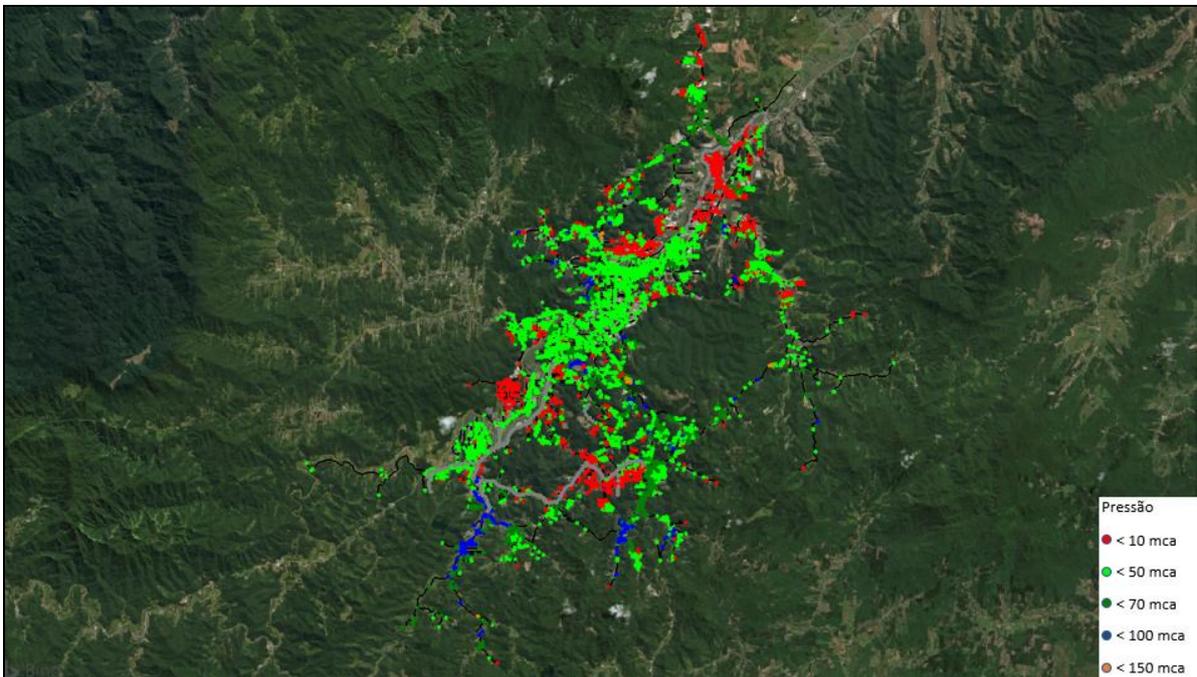


Figura 8: Pressões no sistema em 2020 antes das intervenções.

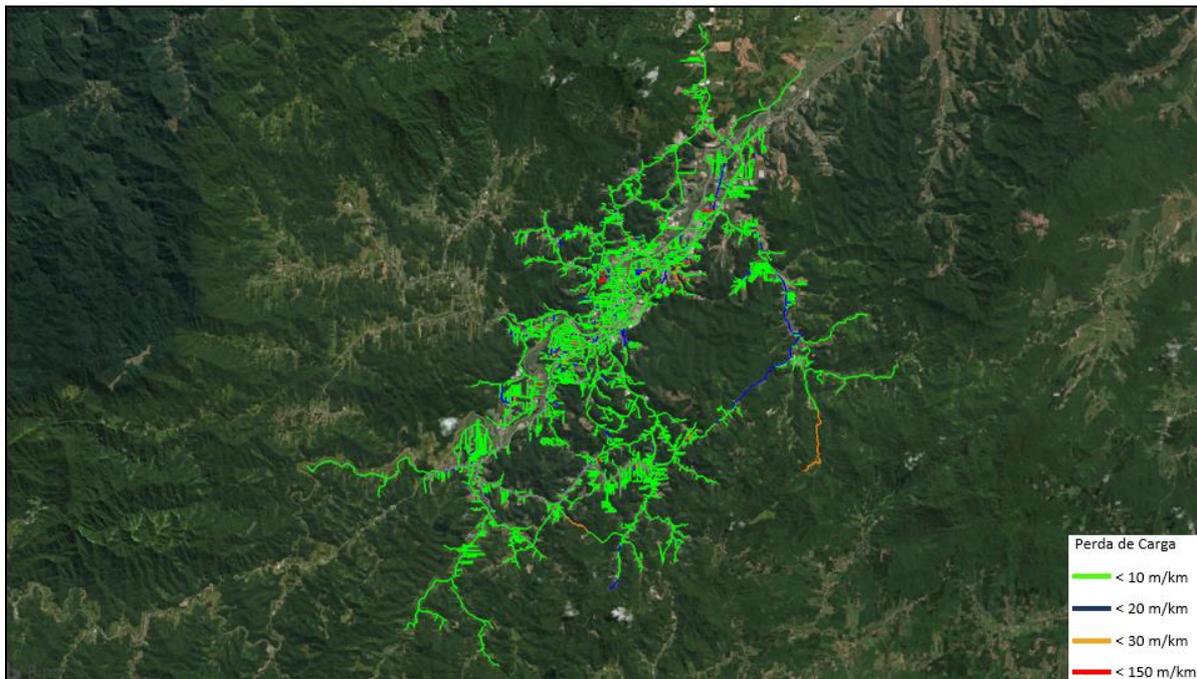


Figura 9: Perdas de carga no sistema em 2020 após as intervenções.

- 7) As projeções de redução de perdas de água de 40% (2020) para 25% (2050), devem gerar uma economia na produção de água de 16%, totalizando uma economia de mais de 27 milhões de reais no horizonte de projeto;
- 8) Aumento da eficiência energética em 38% considerando o indicador KWh/m³ de 0,18736 para 0,11542 entre os cenários de calibração (atual - 2020) e o cenário final de estudo (2050), bem como a economia estimada em 8 milhões de reais no horizonte do projeto;
- 9) As redes e adutoras projetadas como resultado deste trabalho de modelagem hidráulica foram executadas de imediato e as obras de expansão da Autarquia pela área operacional seguem o planejamento dos estudos. Como, por exemplo, o reforço da adutora de água tratada de 250 mm da ETA Limeira e a nova adutora de água tratada de 400 mm da nova ETA Cristalina. Sendo que esta última teve sua execução adiantada para expandir a área de abastecimento da ETA Central.

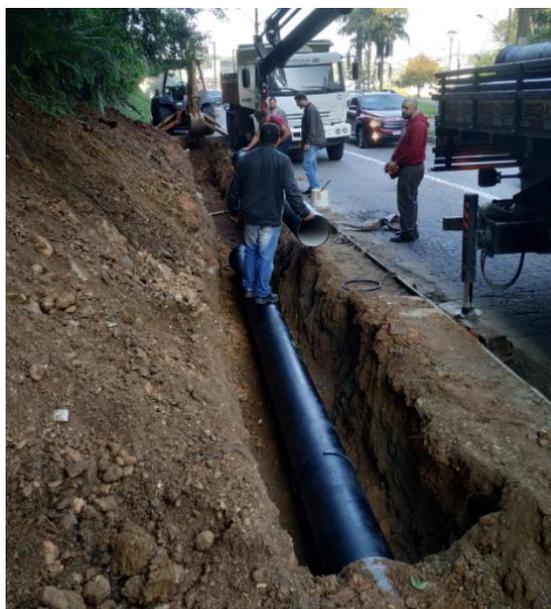


Figura 10: Nova adutora de água tratada sendo executada como resultado deste trabalho.

CONCLUSÕES

Ao final da elaboração deste trabalho, pode-se dizer que o SAMAE de Brusque deu um passo importante no sentido de planejar melhor o crescimento de seu sistema de abastecimento de água através da modelagem e simulação hidráulica para fins de validação das principais intervenções, não só no sistema atual quanto no sistema futuro, com o crescimento da população e da entrada em operação da ETA Cristalina.

Na parte de construção do modelo hidráulico, pode-se dizer que o SAMAE teve boa base de dados com uma confiabilidade adequada, não só em termos de dados cadastrais como também dados de telemetria, uma vez que o SAMAE possui seu sistema com uma cobertura avançada frente às outras companhias, não só da região SUL, mas também do Brasil.

Os resultados auxiliaram o SAMAE a fazer nossos planejamentos anuais, sabendo exatamente o recurso que precisa alocar para determinadas obras. Desta forma, o dinheiro público é certamente melhor aplicado.

Ressalta-se também a importância de se atualizar este trabalho por, pelo menos, uma vez ao ano, para que todas as projeções e os estudos hidráulicos sejam revistos e recalculados, uma vez que as premissas de hoje, podem não ser as premissas dos próximos anos.

Desta forma, além da utilização do modelo hidráulico para elaborar projetos futuros, é possível utilizá-lo para o controle operacional no dia a dia da autarquia. O modelo hidráulico atualizado torna-se uma grande ferramenta disponível nas discussões diárias entre as equipes, servindo como validação das ideias dos técnicos de forma rápida em poucos cliques, não dependendo de planilha e tabelas de cálculos.

Com a finalização deste trabalho de modelagem, tendo seu início recente da gestão operacional, as projeções dos impactos e benefícios futuros são:

- Otimização da pressão na rede;
- Redução dos índices de perdas de água;
- Melhoria nos indicadores de eficiência energética;
- Redução do consumo de produtos químicos provenientes da desativação dos sistemas isolados;
- Melhoria na qualidade operacional do sistema;
- Redução do número de reclamações dos usuários;
- Melhoria da imagem do SAMAE perante a população;
- Melhoria no controle e balanço hídrico dos Distritos de Medição e Controle;
- Potencializar projetos de mesmas características, não só no estado de Santa Catarina, como no Brasil.
- Aprimorar o planejamento de investimentos necessários ao longo dos anos para garantir um abastecimento contínuo e de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NETTO, AZEVEDO; FERNÁNDEZ, MIGUEL FERNÁNDEZ Y. *Manual de Hidráulica*. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 632 p.
2. TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. *Abastecimento de Água*. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.