

386 - APLICAÇÃO DE GÊMEOS DIGITAIS NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM SÃO PAULO

Ricardo José Roncada Soares Padilha - rpadilha@sabesp.com.br

Técnico em Mecatrônica pela Escola Técnica Presidente Vargas – Técnico em Sistemas de Saneamento Sabesp Norte.

Juscilene de Souza Ladeia - jladeia@sabesp.com.br

Engenheira Civil pela Faculdade São Paulo (FESP). Gerente da Divisão de Operação de Água – Sabesp Norte.

Itamar Pacheco de Albuquerque Junior - ialbuquerque@sabesp.com.br

Engenheiro Civil pela Universidade Nove de Julho, Pós-Graduado em Engenharia de Saneamento Ambiental pela Universidade Mackenzie, Pós-Graduado em Engenharia de Estruturas Hidráulicas pela Unyleya, Tecnólogo em Gestão da Construção Civil e Técnico em Edificações pelo Instituto Federal do Amazonas.

Diego Cesar Corte - dcorte@sabesp.com.br

Engenheiro... (seguir modelo acima)

James Galvani Junior – jgalvane@sabesp.com.br

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá e Mestre em Engenharia de Estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Douglas Sponda Triboni Miranda de Almeida

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá. Consultor Principal da Bentley Systems.

Endereço⁽¹⁾: Rua Conselheiro Saraiva, 519 – Santana – São Paulo/SP - CEP: 02037-021- Brasil - Tel: (11) 2971-4079 - e-mail: rpadilha@sabesp.com.br

RESUMO

A quantidade de informações que envolvem os Operadores de Sistemas de Abastecimento de Água tem crescido ao longo dos últimos anos, e de uma forma mais evidenciada com a evolução tecnológica e o aumento do nível de digitalização.

Esse grande volume de informação, também conhecido como *Dark Data*, pode conter informações muito úteis para o controle operacional, e quanto antes elas chegarem à atenção do operador, mais benéfico será. E tais informações podem estar à disposição do operador a partir da leitura e interpretação de dados de diferentes fontes, e/ou até mesmo embutido nas informações históricas.

A aplicação de uma plataforma computacional que centralize informações corporativas provenientes de diferentes tipos de tecnologias, que apoie a Operação a acessar tais informações de uma forma ágil, e que ajude a interpretar informações, que de forma manual for complexo ou até impraticável frente às demandas emergenciais, pode ajudar na obtenção de *insights* para detectar problemas e otimizar o sistema.

Nesse projeto foi aplicado a plataforma OpenFlows WaterSight desenvolvida pela Bentley Systems, destinada para construção de Gêmeos Digitais de Sistemas de Abastecimento de Água. Por essa ferramenta pôde-se integrar informações como: medições em tempo real e histórico provenientes do Supervisor e do Historiador; cadastro geoespacial da rede pelo GIS; volumes mensais consumidos por cada cliente e; modelo hidráulico.

Ao unir e centralizar as informações provenientes de cada fonte de dados, foi possível configurar a plataforma para extrair informações importantes da operação do sistema: índices de balanço hídrico, regras para detecção de eventos anômalos, dashboards operacionais

PALAVRAS-CHAVE: Gêmeos Digitais, Digital Twins, Detecção de Anomalias, Machine Learning, Monitoramento, Insights,

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um Estudo de Caso feito na Sabesp da aplicação de uma plataforma em nuvem para Gêmeos Digitais de Redes de Abastecimento de Água. O trabalho envolve sistemas de distribuição de água potável localizado no município de São Paulo.

Um Gêmeo Digital consiste na representação digital de um ativo físico, processo ou sistema, construído através da integração de informações provenientes de múltiplas fontes de dados corporativas. O Gêmeo Digital pode ser aplicado para qualquer fase do ciclo de vida dos ativos, que vai desde a fase de planejamento, passando pelo projeto, construção, e até sua operação e manutenção. Nesse projeto foi adotado o Gêmeo Digital aplicado à operação de um Sistema de Abastecimento de Água.

Para a construção do Gêmeo Digital da operação desse sistema foram integradas fontes de dados operacionais de campo (vazões, pressões e nível do reservatório), informações de volumes mensais de consumo de cada unidade consumidora, dados cadastrais do SIG (Sistema de Informação Geográfica) e modelagem hidráulica da rede.

As informações de medições das remotas de campo, disponíveis em um sistema gerenciador proprietário de comunicação, foram replicadas no sistema historiador da Companhia, que armazena medições históricas em reservatórios, estações de bombeamento, macromedidores, válvulas redutoras de pressão e pressões em pontos críticos do sistema.

O Gêmeo Digital possibilita a centralização e integração desses dados corporativos da Sabesp de diferentes departamentos/áreas possibilitando: análise qualitativa e quantitativa do desempenho dos sensores de campo (remotas); identificação de falhas de equipamento em campo; detecção de anomalias de pressão em pontos críticos do sistema; detecção de vazamentos na rede; análise do balanço hídrico por Distrito de Medição e Controle (DMC); identificação de inconsistência nos limites de DMCs cadastrados no sistema SIG corporativo; confirmação de falhas de medição que, se tardiamente descobertas, impactariam no cálculo do balanço hídrico e proporcionariam uma má interpretação dos resultados apresentados; análise de performance energética dos sistemas de bombeamento e; simulações hidráulicas em tempo real e de previsão operacional e apoio a planejamento de respostas à emergências.

METODOLOGIA UTILIZADA

Foram escolhidos como alvo da implementação da Plataforma setores de abastecimento que já possuíam seus ativos lineares cadastrados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), sensores de campo em funcionamento com registro histórico das medições em banco de dados, modelo hidráulico da rede de distribuição e informações de faturamento mensal dos clientes. A escolha dos setores fora feita tendo em vista a expectativa da aplicação da plataforma para o monitoramento do sistema com dados em tempo real, com automatização de análises operacionais e apoio ágil à tomada de decisões.

Após selecionados os setores, a arquitetura de Tecnologia da Informação foi definida com as equipes multidisciplinares competentes com o intuito de estabelecer uma implementação padronizada.

Durante a construção do Gêmeo Digital, especificamente durante a integração dos dados operacionais, foram reunidas informações de medições de vazão, pressão, nível de reservatórios e status de equipamentos, tanto para o sistema de adução quanto de distribuição de água dos setores.

Ao integrar os bancos de dados do sistema Supervisório SCADA e do Historiador da Companhia, pudemos alimentar o Gêmeo Digital com registros medições históricas e em tempo real próximo, dando possibilidade do Gêmeo Digital manter um ciclo frequente de análises computacionais para determinação dos comportamentos padrão das medições. Outro Banco de dados integrado é o do sistema comercial, que traz as medições de volume mensal faturado de cada Ramal do Sistema ao Gêmeo Digital, que quando cruzado com as informações do SIG, possibilita a automatização do cálculo dos índices de performance de cada DMC.

Objetivando a detecção de eventos anômalos na operação do sistema, foram criados mecanismos para a sua automatização baseados em regras. Essas regras funcionam como gatilhos que, uma vez acionados, alertam o operador para que se possa antecipar a ocorrência ou verificar algum problema em campo com maior celeridade.

Esses gatilhos podem ser criados como função dos dados medidos em referência ao seu valor absoluto, ou em referência ao seu padrão comportamental observado nos últimos meses. O gatilho pode ser referenciado a uma medição ou à combinação de medições, trazendo a possibilidade de criar regras operacionais complexas.

O padrão comportamental analisado é definido através de algoritmos de aprendizado de máquina que realizam uma limpeza dos dados históricos coletados, e determinam faixas superiores e inferiores de valores criando faixas de confiança, ilustradas pelas áreas acinzentadas da Figura 1.

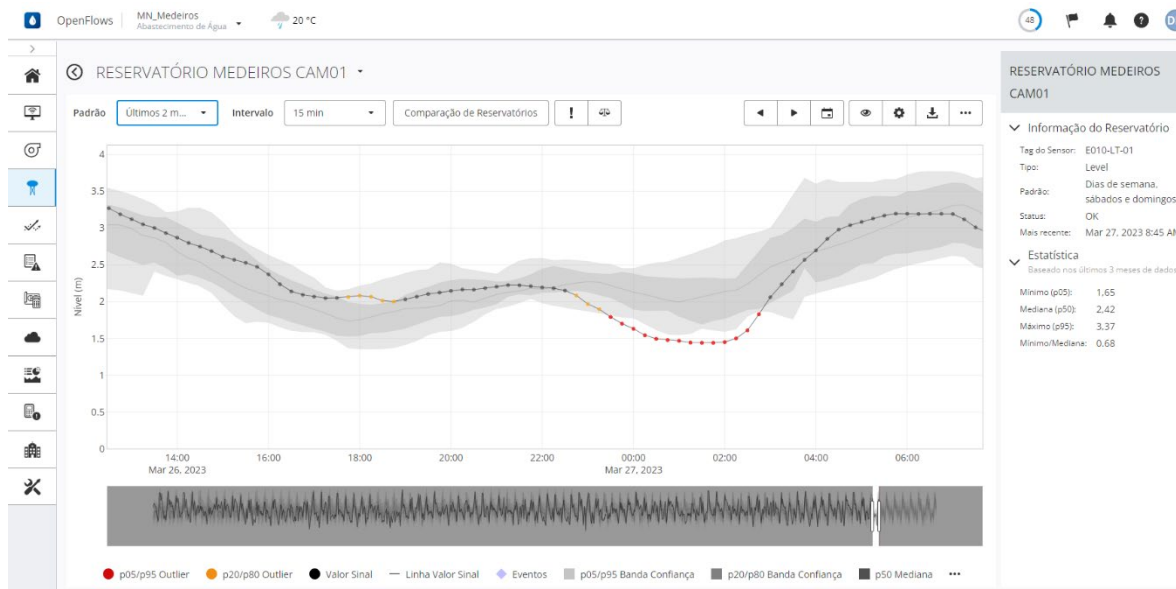


Figura 1: Medição de Nível de um Reservatório com Análise Integrada de Padrão

As faixas são definidas através dos Percentis 20 e 80 (cinza escuro) e 5 e 95 (cinza claro), cujos valores são calculados para diferentes períodos históricos que variam de 1 a 12 meses. A simbologia por cores das medições ajuda a identificar melhor o comportamento da medição em função do seu padrão, sendo pontos vermelhos as medições que estão acima ou abaixo da banda de confiança dos Percentis 5 e 95, e pontos Amarelos quando fora da banda de confiança dos Percentis de 20 e 80.

Os gatilhos de alertas definidos com base ao padrão servem para detectar comportamentos anômalos tomando como base o valor da medição em relação ao padrão histórico. A possibilidade de criação de gatilhos combinados mencionado anteriormente traz uma gama alta de situações operacionais que podem ser representadas a fim de detectar situações problemáticas.

Tomando como exemplo prático de gatilho combinado, que apoia a detecção de um problema anômalo de queda de pressão em um dado DMC controlado por uma Válvula Redutora de Pressão (VRP), é a análise combinada da medição da vazão, medição de pressão a jusante da VRP e no seu ponto crítico.

Essa combinação de gatilhos proporciona uma análise mais precisa dos eventos de falhas apontadas pelo sistema. No caso da pressão no ponto crítico estar abaixo do valor definido no parâmetro e simultaneamente a pressão de jusante e a vazão estarem abaixo dos seus comportamentos padrão, o sistema não emitirá alerta, visto que a condição combinada não foi atingida, ou seja, pode ter tido uma variação de pressão do ponto crítico num dado intervalo de tempo durante um fechamento da válvula, assim como ilustrado na Figura 2. As medições combinadas ficam também referenciadas a uma duração mínima de medições consecutivas onde as condições mencionadas sejam validadas, como trinta minutos ou mais, dependendo de cada caso.

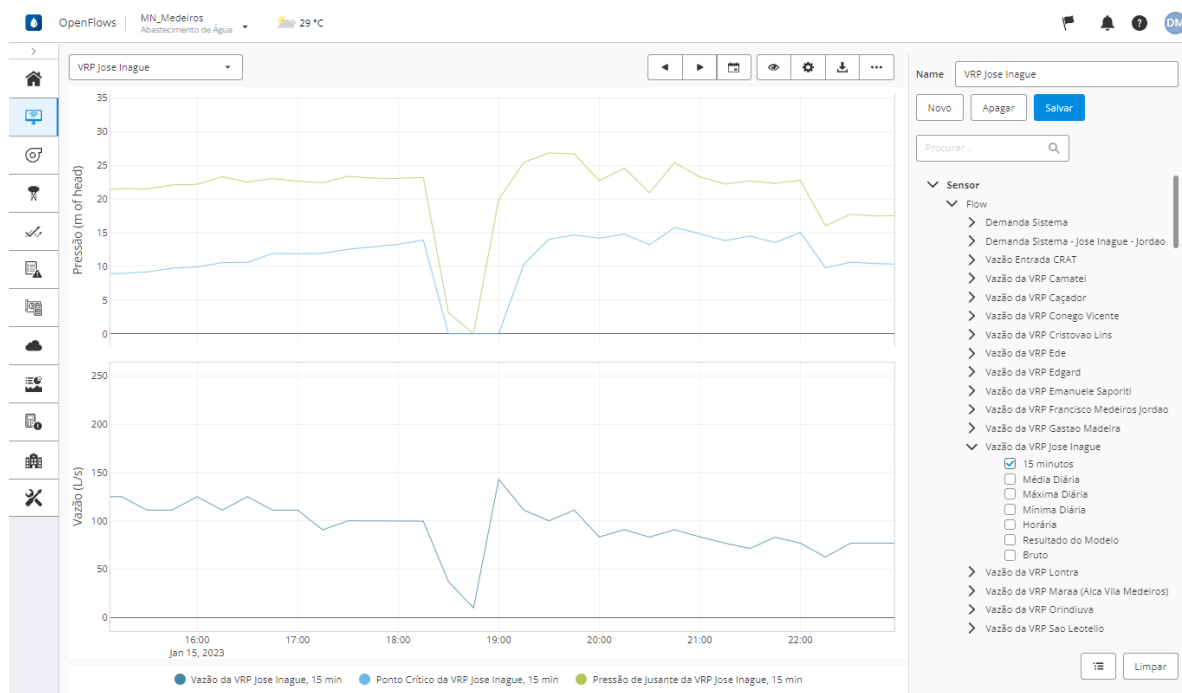


Figura 2: Comportamento da medição de vazão e pressão após fechamento de uma VRP

Essa combinação de condições ajuda a evitar que hajam gatilhos de eventos de queda de pressão causados por fechamento da VRP, que possa causar a sua redução de pressão de jusante e de vazão, situações que também podem causar o déficit de pressão no ponto crítico, mas que são esperados.

Outros eventos operacionais que também foram monitorados são: problemas na comunicação entre o equipamento de campo e o seu registro de dados na base de dados, verificados através de gatilhos que analisam um período de falta de envio de dados; e problemas no registro da informação através de gatilho de detecção de leituras constantes, também chamados de *Flat Readings*.

A avaliação dos problemas e insights levantados pela plataforma se deu através de reuniões periódicas com as equipes operacionais e de engenharia das unidades responsáveis pelo abastecimento dos setores selecionados.

RESULTADOS OBTIDOS

Com o Gêmeo Digital construído e em operação, foi possível realizar a coleta de dados históricos para um período de 24 meses, que possibilitou a análise de padrões de comportamento e previsão de dados através de algoritmos de aprendizado de máquina e análises estatísticas.

Uma vez os padrões definidos, foram configuradas regras operacionais para monitoramento automatizado dos setores visando a detectar problemas no sistema de uma forma mais confiável e automática assim como detalhado anteriormente. As regras configuradas auxiliaram a operação para detectar os seguintes tipos de problemas operacionais:

- Falha de registro de dados no historiador
- Falha no Logger (equipamento que registra os dados de pressão e vazão)
- Falha operacional de VRPs
- Vazamento e Quebras de Rede em Determinadas Zonas e DMCs
- Queda anormal de pressão nos Pontos Críticos dos DMCs

Como a plataforma reuni informações de diferentes fontes de dados, esses tipos de problemas eram observados de uma forma mais lenta, pois o operador dependia do acesso a diferentes softwares, fato que diminui a

celeridade na análise das informações de campo. A Centralização das informações em um único ambiente, simplificou o acesso aos dados pelo Operador, e trouxe informações que antes não eram conhecidas, como o estudo do comportamento padrão das medições. Com a automatização da detecção de eventos anômalos e de cálculos hídricos, esses problemas são reportados de forma imediata, enquanto, ao comparar com o período anterior ao uso do Gêmeo Digital, alguns problemas seriam detectados manualmente pelo Operador após o impacto final no cliente, podendo ser horas ou até dias mais lento comparado ao período de do Gêmeo Digital.

A parametrização e inserção de novos gatilhos para detecção de eventos anômalos pode ser revisitada sempre que necessário, ajustando as necessidades da operação ou dinamismo do próprio sistema de abastecimento.

Na imagem a seguir temos um exemplo de um evento detectado sobre um problema operacional em uma VRP onde sua pressão de jusante esteve abaixo do padrão, destacado na área azul clara do gráfico, causando baixas pressões na DMC:

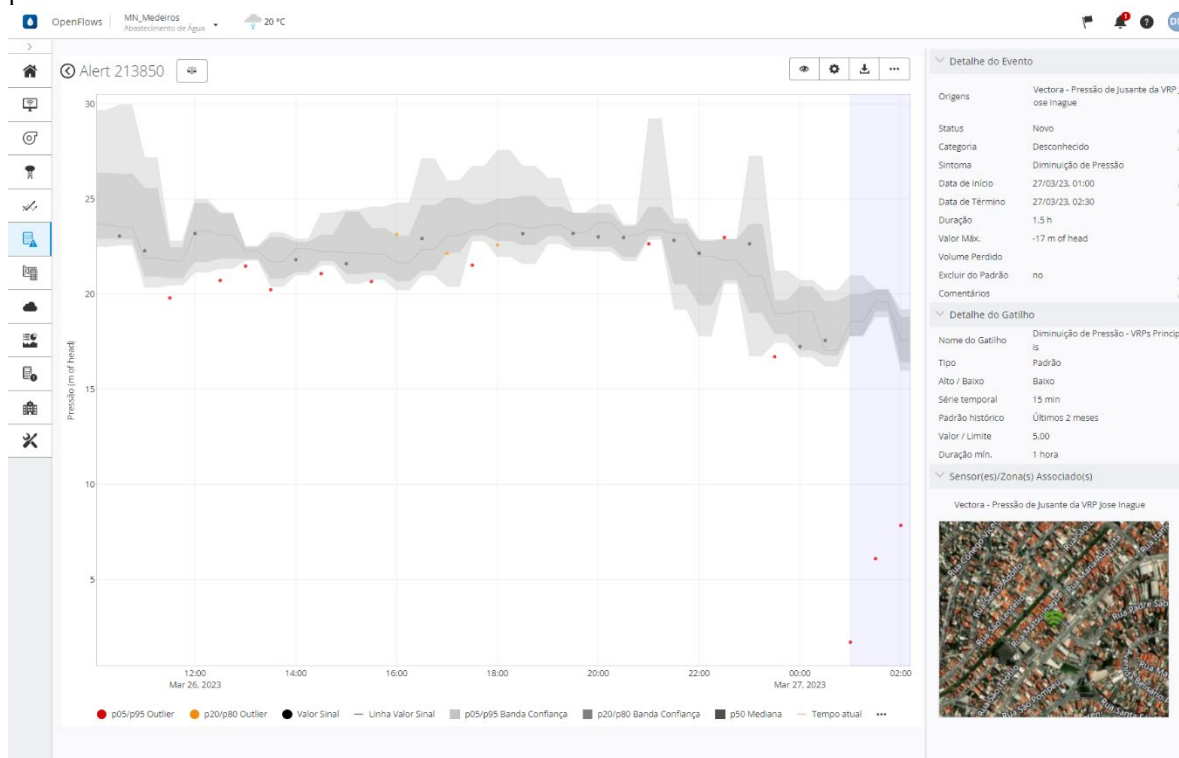


Figura 3: Exemplo de Evento Anômalo detectado – Pressão de Jusante Abaixo do Padrão

Outra informação nova que o Gêmeo Digital proporcionou ao Operador são os índices hídricos calculados a partir do cruzamento dos dados do Historiador, do Sistema Comercial e do SIG. A partir dessa combinação foi automatizado o balanço hídrico de cada DMC dos setores escolhidos, permitindo a análise dos índices de performance de água para priorização das intervenções e demais ações proativas no controle de perdas. Essa avaliação trouxe também apoiou a estudo dos registros que delimitam cada área e de suas poligonais cadastradas. A plataforma ajudou diretamente a detectar um problema em um DMC que apresentou um volume mensal de consumo maior que o volume distribuído:

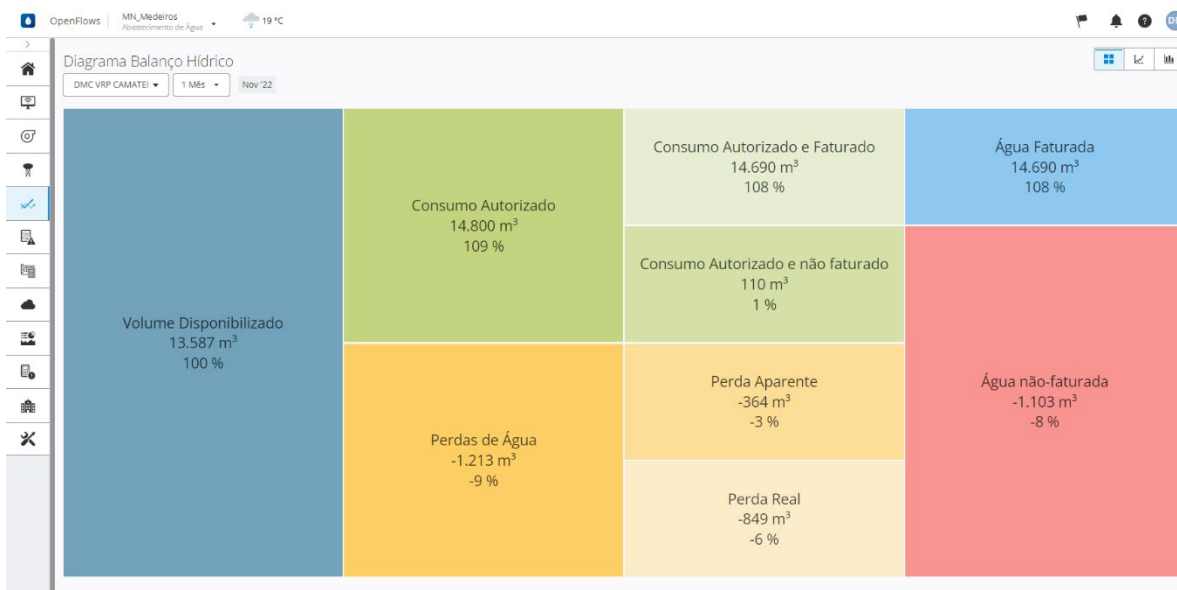


Figura 4: Balanço Hídrico reportado com Valor de Consumo Faturado maior que o Distribuído

Como a plataforma faz a análise do balanço com a integração dos valores dos macromedidores e cruzando isso as informações geoespaciais dos consumidores e as poligonais limitantes, tal fato pôde ser constatado logo no início do uso.

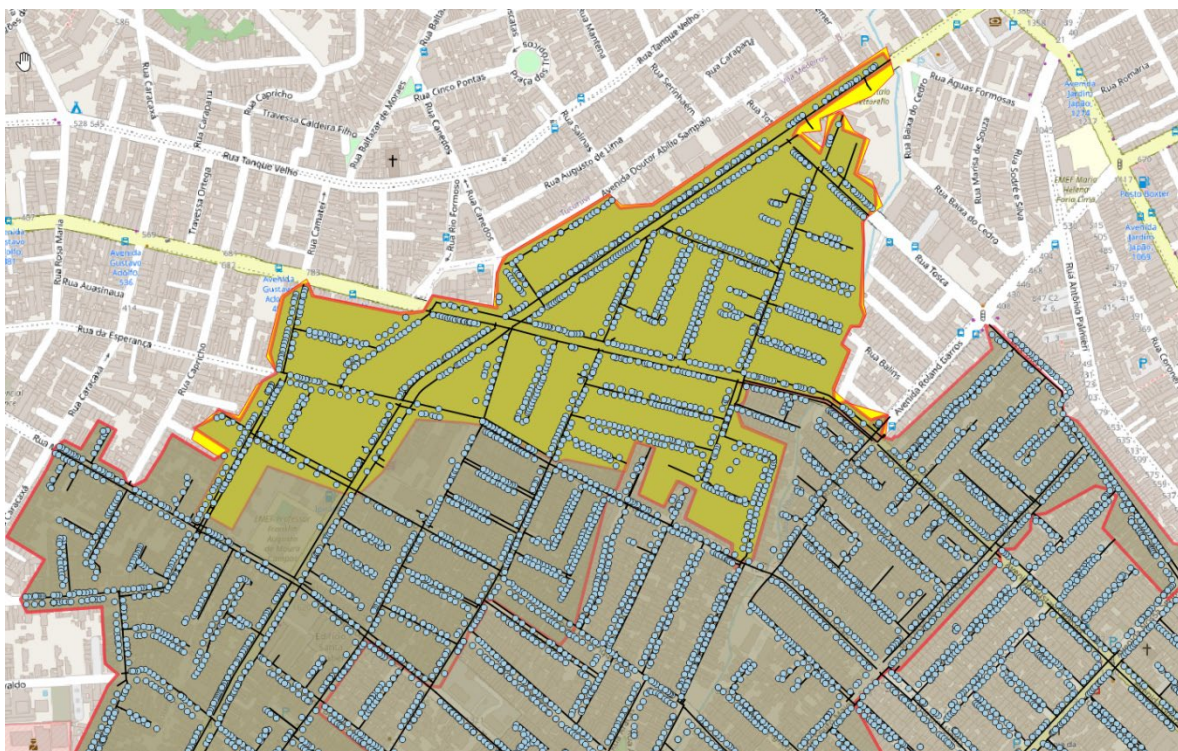


Figura 5: Cadastro geoespacial dos Consumidores e da Poligonal Limite da DMC

A anomalia pôde ser analisada pela equipe de campo, que constatou um problema cadastral em um dos trechos que faz o limite com um DMC adjacente que estava aberta indevidamente, causando valores de volume distribuídos menores do que o esperado.

Durante o período de uso da plataforma e através de seus alertas gerados, foi possível identificar aspectos que dificilmente seriam notados sem a utilização de uma plataforma integradora de dados e munida de ferramentas automatizadas, como:

- Parametrização do medidor de campo incompatível com a configuração efetuada no sistema gerenciador do equipamento, causando imprecisão nos valores medidos.
- Coerência do cadastro dos DMCs.
- Desempenho da transmissão dos dados de campo
- Análise cruzada de diferentes grandezas medidas

CONCLUSÕES

Nos dias atuais nota-se o avanço na disponibilidade de tecnologias geradoras de dados de monitoramento do sistema de abastecimento, fazendo com que as Companhias tenham um volume de dados muito superior à sua capacidade de utilização e, portanto, necessitem de uma forma de gerenciar e automatizar sua análise.

Neste cenário, a implantação de um sistema para gerenciamento do abastecimento que integre os dados dessas tecnologias e extraia informações relevantes torna-se importante para tirar o maior proveito dos dados adquiridos, trazendo maior eficiência aos serviços.

A plataforma trouxe ao operador uma forma simples de acessar informações provenientes de diversas fontes de dados que antes eram acessadas através de ambientes separados. A combinação dessas fontes proporcionou a extração de informações que antes eram indiretamente coletadas através de procedimentos manuais, como a análise de índice de perdas, análise de vazão mínima noturna e fator de pesquisa e volumes disponibilizados.

Algumas dessas informações levantadas pela plataforma não estavam disponíveis antes do seu uso, como a determinação do comportamento padrão das medições, extraído a partir de cálculos computacionais sobre as informações coletadas do Historiador da Companhia. Ao disponibilizar essa informação ao Operador, através de Relatórios visuais, deixou o Operador a observar facilmente situações em que uma medição estiver com valor fora do comportamento normal. Em cima dessa nova informação, o Operador pôde estabelecer regras operacionais para receber notificações de Evento Anômalo, tendo como base o comportamento padrão, ou limites de valores absolutos, de uma ou múltiplas medições combinadas.

Com isso, o Operador obteve maior rapidez na leitura e interpretação de informações operacionais, acelerando procedimentos de tomada de decisão, como a identificação de um Evento Anômalo e a rápida interpretação do motivo através desses gatilhos inteligentes. Durante o uso do Gêmeo Digital, foi notado que o Operador foi notificado de problemas anômalos de 1 a 2 horas após o início da mudança de comportamento da regra operacional. Antes do uso do Gêmeo Digital, a detecção de problemas era realizada em sua totalidade através de reclamações dos clientes e/ou pela análise manual e proativa do Operador, olhando sistemas separados.

Houve também problemas crônicos identificados pela plataforma, que não estavam a vista do operador, como a identificação de informações cadastrais incoerentes de Limites de DMC, e a detecção de medidores com falha no equipamento.

É importante ressaltar que a implantação de uma plataforma desse tipo exige pré-requisitos que dependem do nível de maturidade da digitalização do sistema, destacando-se: digitalização dos ativos lineares (GIS), sensoriamento de campo nos principais ativos e infraestrutura segura e ágil de comunicação e armazenamento. Dessa maneira, recomenda-se que as Companhias interessadas em adotar esse tipo de plataforma façam uma análise crítica, considerando os pré-requisitos anteriormente mencionados e sua necessidade frente aos objetivos almejados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <https://swan-forum.com/digital-twin-work-group/>
2. <https://swan-forum.com/smart-water-network/#circularframework>