

## **GESTÃO DE EVENTOS ANÔMALOS UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NAS REDES DE ÁGUA E ESGOTO, REDUZINDO PERDAS E OTIMIZANDO A EFICIÊNCIA OPERACIONAL**

**Nayara de Almeida Arantes Paques<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Paulista UNIP. Pós-graduada em Engenharia Ambiental e Hidráulica para Saneamento pela Universidade de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida das Nações Unidas, 22833 – Jardim Dom Bosco – São Paulo - SP - CEP: 05310-000 - Brasil - Tel: (11) 94140-2401 - e-mail: [nayara.paques@orbis.com](mailto:nayara.paques@orbis.com)

### **RESUMO**

O presente trabalho demonstra os resultados obtidos com o serviço da gestão de eventos anômalos utilizando inteligência artificial (IA) nas redes de água e esgoto atendendo um município de 600mil habitantes, o serviço conta com tecnologia israelense de ponta e com uma equipe de engenheiros especialistas na gestão das redes. Através do software utilizado é possível gerar gráficos e padrões do sistema de abastecimento de água e acompanhar o funcionamento das elevatórias de esgoto, onde são realizadas análises analíticas e estatísticas do comportamento em tempo real da rede, identificando antecipadamente vazamentos inerentes e não visíveis de magnitudes baixas, reduzindo o volume perdido de água e consequentemente reduzindo as perdas como um todo na companhia de saneamento, além da identificação dos vazamentos o serviço atua na gestão de ativos, identificação de equipamentos em falha, sensores de pressão com variação e na gestão das elevatórias de esgoto as manutenções em equipamentos tornam-se preventivas ao invés de corretivas, reduzindo assim, custos altos com manutenções de esgoto, elevando a eficiência operacional da companhia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redução das Perdas de Água, Eficiência Operacional, Monitoramento das rede de Esgotamento Sanitário, Inteligência Artificial.

### **INTRODUÇÃO**

Os sistemas de abastecimento de água são de sua normalidade apresentar um volume de água perdida devido a sua complexidade, tornando-se utopia a ideia de um indicador nulo em volume de perdas.

As perdas se diferenciam em perdas reais e perdas aparentes, as perdas reais ou físicas são fugas de água tratada e decorrem do estado geral da infraestrutura do sistema, sendo elas a soma de vazamentos inerente, não visíveis, visíveis e extravasamento de reservatório.

As perdas aparentes ou perdas comerciais resultam principalmente de erros de medição (macromedição e micromedição), fraudes e ligações clandestinas e falha no cadastro comercial.

Países em desenvolvimento como o Brasil perdem em média 40% da água distribuída. Após a divulgação do Marco legal do Saneamento grandes desafios foram lançados para as companhias de saneamento sejam elas públicas ou privadas, como por exemplo, reduzir as perdas de água e tornar o abastecimento de água acessível para 99% da população e aumentar à 90% coleta e o tratamento de esgoto até o ano de 2033.

Diante desse cenário as companhias buscam reduzir cerca de 20% do seu volume perdido por ligação de água, a fim de atingir a meta proposta no documento.

Com isso trouxemos para o Brasil o serviço de gestão de eventos anômalos, com o objetivo de elevar a eficiência operacional das companhias de saneamento reduzindo perdas de água e otimizando a operação no sistema de esgotamento sanitário, reduzindo extravasamentos e manutenções corretivas dos equipamentos. A plataforma acessada na nuvem que viabiliza a digitalização e gestão dos serviços de águas via uma central digital de gestão e serviços de monitoramento de rede (“Shared Services Offering - SSO”), com o uso da inteligência artificial na modalidade SAAS (software as a service) realizando a gestão, detecção, análise e priorização de eventos anômalos, auxiliando e direcionando as tomadas de ações corretivas e preventivas do sistemas de abastecimento de água para controle e redução de perdas reais e monitoramento do sistema de esgotamento sanitário.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizamos tecnologia israelense de ponta, com experiência superior a 10 anos e alcance global, acelerando e auxiliando nas ações para redução de perdas, por meio da identificação de anomalias na rede de distribuição e gestão das redes e elevatórias de esgoto. O serviço conta com time de engenheiros especialistas, que realiza o monitoramento dos sistemas com cruzamento de dados analíticos e estatísticos, propondo melhorias e otimizando as ações de redução de perdas e gestão das elevatórias de esgoto. Para identificação dessas anomalias, o sistema faz a integração com a plataforma SCADA com modelagem de distribuição de água, para estimar as demandas do modelo, condições iniciais e configurações de controle, previsão de operações do sistema, calibração de modelos de simulação de período prolongado, simplificação da análise da qualidade da água, e estimativa de perda de água durante um rompimento de rede, criando um padrão de abastecimento e funcionamento das elevatórias de esgoto, para poder realizar a identificação dos eventos anômalos. Durante o processo de integração, todos os dados da companhia de saneamento (sensores de pressão, vazão e nível) são relacionados, integrados e configurados; após o término dessa integração, ocorre a implementação do sistema na operação da companhia de saneamento, trazendo benefícios e retornos para a redução de perdas reais, bem como direcionamento da equipe de pesquisa de vazamentos, análise na gestão de ativos, identificação de bombas e equipamentos de esgoto com falha, tornando as manutenções corretivas para preditivas, reduzindo custo com as manutenções em bombeamento de esgoto.

### PRINCIPAIS INDICADORES (KPI's)

Na plataforma os indicadores e relatórios são facilmente calculados, os engenheiros que realizam as análises dos eventos anômalos utilizam desses indicadores para direcionar as pesquisas de vazamentos, reparo em equipamentos e melhorias no sistema de abastecimento, os principais indicadores utilizados para análise e métrica de resultados são foram padronizados conforme orientações de manuais da IWA, sendo eles:

**Eficiência Técnica:** Indicador importante na análise do setor de abastecimento, avaliando as vazões média e mínimas diárias assemelhando-se ao fator de pesquisa, parâmetro que é determinado a partir da relação entre vazão mínima noturna e a vazão média diária. O comportamento desse parâmetro indica possíveis problemas operacionais no abastecimento de água, a partir da correlação de que quanto mais ele tende para 1, maior a possibilidade de estarem ocorrendo vazamentos. Em geral, se o fator de pesquisa for maior que 0,30, o setor contém vazamentos economicamente detectáveis, indicando o melhor caminho para a equipe de pesquisa de vazamentos.

$$\left( 1 - \frac{\text{Vazão mínima noturna mensal} * \text{Dias do mês}}{\text{Vazão mensal total}} \right) * 100$$

**Índice de vazamentos de Infraestrutura (IVI):** O indicador de vazamentos na infra-estrutura é calculado pela relação entre as perdas reais que ocorrem no sistema e as perdas mínimas inevitáveis que deveriam ocorrer nesse sistema. Ou seja, expressa o quanto um determinado sistema está próximo ou distante de uma possível condição ideal da sua infraestrutura.

**Vazão mínima noturna (VMN):** é a menor vazão apresentada no sistema de abastecimento sem intermitência e com pressões e consumos normais, a coleta desse dado são os consumos mínimos entre 02h00 e 04h00 da manhã, corresponde a menos de 10%

**Índice de perdas por ligação (IPL):** avalia as perdas de água considerando o número de ligações da companhia. Ele dá melhores condições para a mediação da eficiência operacional dos prestadores de serviço, uma vez que grande parte das perdas ocorre nos ramais de distribuição.

Através desses indicadores podemos direcionar os esforços e ações para redução do volume de água perdido. A plataforma TAKADU utilizada para os resultados que apresentaremos neste relatório técnico identifica e sinaliza qualquer alteração nos padrões de abastecimento da região monitorada. Abaixo descrevemos as principais funcionalidades da plataforma TAKADU, segurança do sistema e benefícios deste serviço.

## **MONITORAMENTO DE EVENTOS**

O sistema possui tecnologia para gerenciar um evento durante todo seu ciclo de vida, iniciando com um alerta e fornecendo informações acerca dos reparos e ações tomadas até sua finalização. Os eventos foram monitorados por meio de um Centro de Controle Operacional localizado em São Paulo, com equipe de engenharia dedicada e qualificada para recebimento e análise dos eventos gerados pelo sistema, trabalhando em regime 24/7.

## **DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE EVENTOS POR MEIO DE ALGORITMOS**

Detecção de anomalias estatísticas: A tecnologia identifica automaticamente as anomalias por meio da comparação estatística entre dados consolidados preditivos com dados em tempo real para geração de eventos anômalos;

Predição com base histórica: A tecnologia utilizou dados históricos da rede de distribuição fornecidos pela equipe de perdas, para análise preditiva considerando-se variações sazonais (horárias, semanais, mensais, anuais etc.), desvios entre outras anomalias que afetem o desempenho operacional da rede distribuição e a perda real. A tecnologia cria previsões baseada no comportamento da rede de distribuição, considerando-se os parâmetros hidráulicos (Pressão, vazão, nível de reservatório, funcionamento de válvula redutora de pressão) realizando análises comparativas entre DMC's (interligações/misturas) com o objetivo de detectar vazamentos não visíveis ou detectáveis, interligações entre distritos de medição e controle (DMC's), direcionando as pesquisas de vazamentos da companhia otimizando os resultados e aumento a eficácia.

O Sistema possui inteligência capaz de ignorar automaticamente mudanças de padrão devido a sazonalidades como feriados, eventos controlados (padrões operacionais de válvulas, boosters), priorizando os eventos através da sua capacidade de identificação de magnitude e intensidade dos eventos, como a vazão estimada de um vazamento, é capaz também de calcular o volume de água previsto e o consume atual do Sistema, apresentando o potencial de perdas de água em todos os setores monitorados e prioritariamente na duração dos eventos.

Quando o sistema identifica um perfil de consumo anômalo o tempo de detecção inicia até o momento da retomada do perfil de consumo habitual daquele setor.

## **CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS**

O sistema faz a categorização automática dos tipos de eventos e distinguir eventos de vazão (oscilação, aumento e redução), vazamentos (aumento de vazão abrupta, tendência de aumento) eventos de pressão (oscilação, aumento e redução), falha em sensor (intermitência de sinal, desligamento). Os eventos similares se agrupam e correlacionam de acordo com distrito de medição e controle (DMC), data e tipo de evento, evitando eventos duplicados e prejudicando a análise da equipe de engenharia. O sistema trabalha em Machine learning onde ajusta e assimilar padrões operacionais a detecção de eventos baseado nas ocorrências de eventos gerados pelo sistema e nas atualizações de status dos eventos pelo usuário a fim de potencializar os resultados e melhorar a detecção de eventos futuros.

## **VISUALIZAÇÃO DE EVENTOS**

O sistema gerencia a base de dados históricos coletadas nos bancos de dados da companhia para comparação com parâmetros em tempo real, bem como realizar análises de novos padrões (Machine Learnig) de forma interativa para detecção de eventos, os relatórios foram personalizados conforme demanda da concessionária facilitando a análise de eventos e indicadores chaves para tomada de decisão da companhia, o cadastro técnico da rede de distribuição de água bem como o georreferenciamento dos sensores instalados em campo foram integrados em formato GIS, tornando possível a visualização através de google maps diretamente no sistema de gestão de eventos.

Todos os dados e indicadores são visualizados em formato gráfico, tornando-se mais intuitiva para análise e direcionamento.

Todo processo de gerar um evento é baseado na fórmula de abastecimento do setor, com dados compartilhados dos sensores cadastrados. A fórmula de abastecimento consiste em:

Volume total de entrada: Registro de todo macromedidor que está fornecendo água ao setor

Volume total de saída: Registro de todo macromedidor que está localizado nas saídas do setor

Todo evento relacionado a perdas d'água é gerado com base na diferença entre os dados em tempo real e a predição de dados, sendo este dividido em dois tipos:

Predição histórica:

Baseada no histórico dos sensores ou do setor

Predição de rede: Baseada em setores com comportamento similar.

## TIPOS DE EVENTOS DE VAZÃO

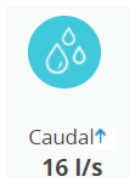
Dentro do grupo eventos de vazão, há os seguintes subtipos:

### Incremento de vazão:

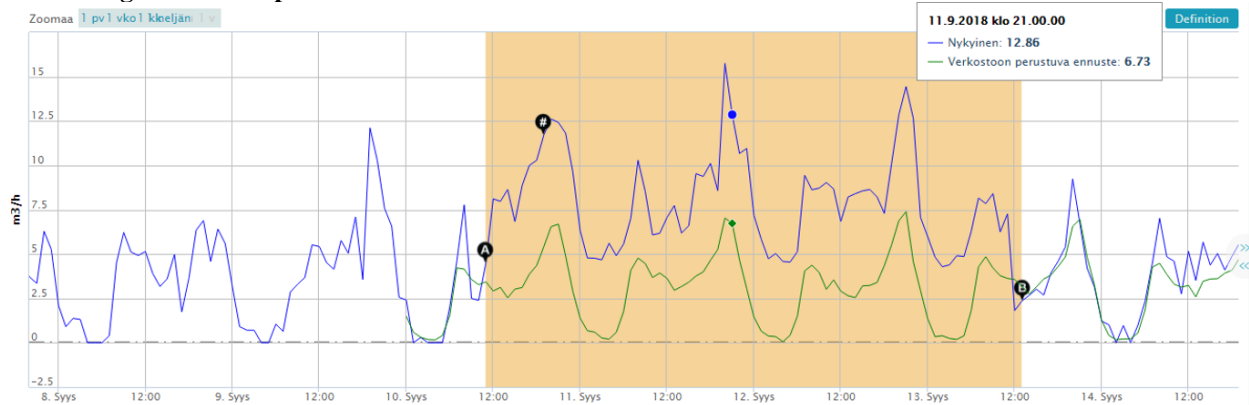
Aumento de vazão de maneira geral, durante o dia e a noite com magnitudes próximas entre estes dois períodos

Indicado pelo quadro ao lado, com ícone e texto representando um evento de vazão e a seta para cima indicando incremento, juntamente com a magnitude

Imagem abaixo exemplifica um evento de incremento de vazão de maneira clara.



**Figura 1: Exemplo de evento de incremento de vazão**

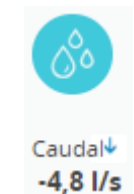


### Redução de vazão:

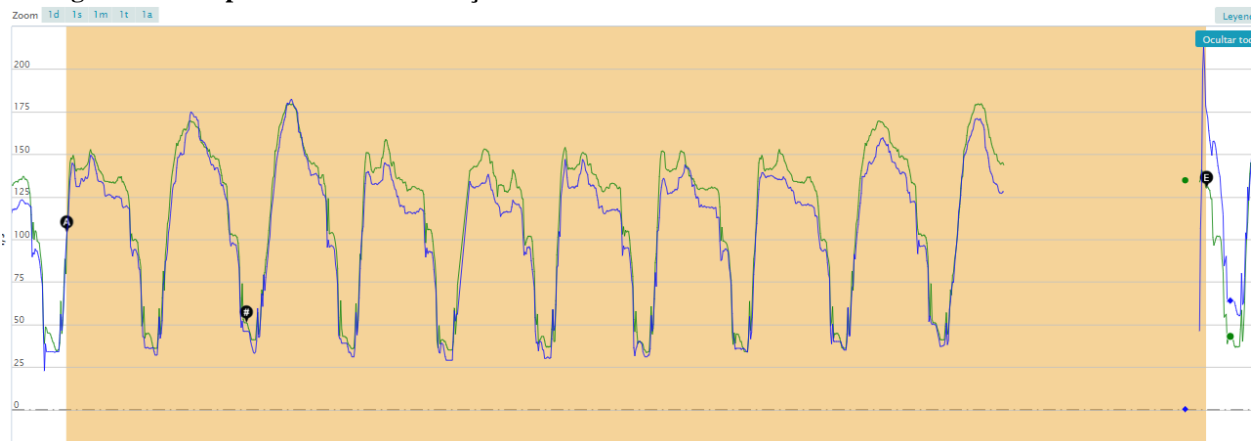
Redução de vazão de maneira geral, durante o dia e a noite com magnitudes próximas entre estes dois períodos

Indicado pelo quadro ao lado, com ícone e texto representando um evento de vazão e a seta para baixo indicando redução, juntamente com a magnitude

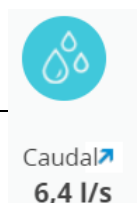
Imagem abaixo exemplifica um evento de redução de vazão de maneira clara



**Figura 2: Exemplo de evento de redução de vazão**



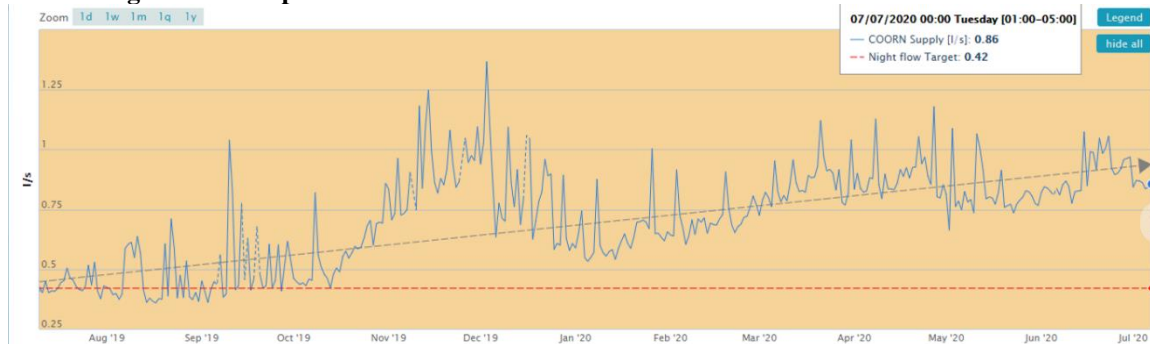
### Tendência:



A plataforma utiliza informações de mínima noturna para gerar eventos de tendência. O valor médio de vazão entre 1am e 5am é registrado e definido como ponto daquele dia. O evento de tendência será gerado caso tenha um incremento gradual entre estes pontos médios ao longo de um certo tempo, variando com base na magnitude de abastecimento e incremento.

Indicado pelo quadro ao lado, com ícone e texto representando um evento de vazão e a seta na diagonal indicando aumento de tendência, juntamente com a magnitude  
Imagem abaixo exemplifica um evento de tendência de maneira clara;

**Figura 3: Exemplo de evento de tendência**

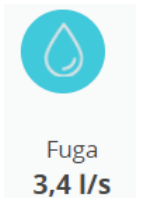


**Vazamento:**

Todo evento de vazamento é um evento de incremento de vazão, porém nem todo evento de incremento, isso dá pelo fato de o evento categorizado como vazamento ter características próprias, como o aumento de vazão ser mais característico durante a noite, e durante o dia mais “camuflado” pelo consumo do setor

Indicado pelo quadro ao lado, com ícone representando um evento de vazão, texto indicando vazamento e a magnitude

Imagem abaixo exemplifica um evento de vazamento de maneira clara



**Figura 4: Exemplo de evento de vazamento**

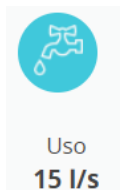


**Uso:**

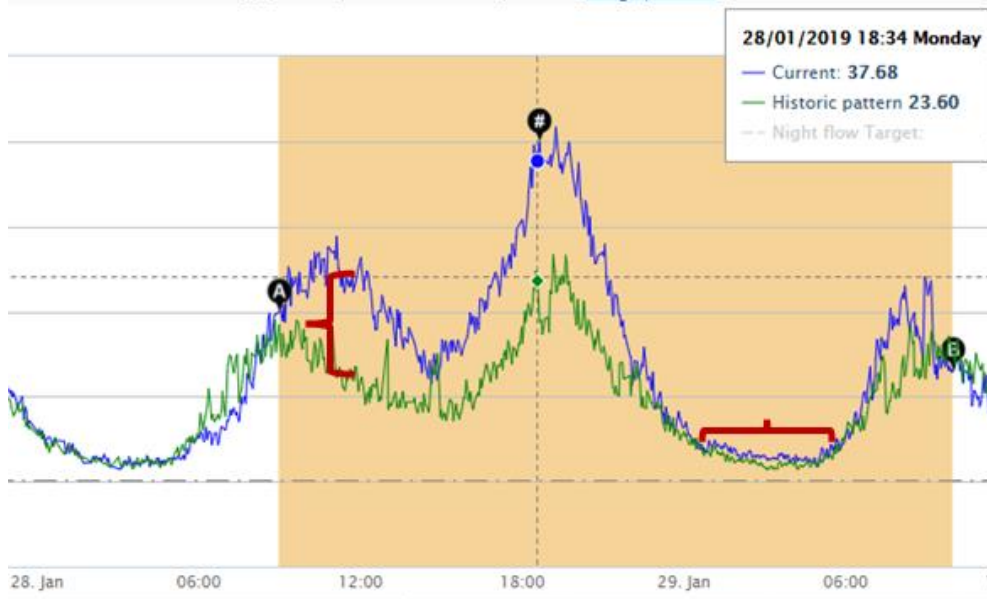
O evento de uso, ao contrário do evento de vazamento, indica um aumento de vazão durante o dia e, durante a noite, a vazão retorna para valores próximos ao histórico de dados, indicando assim que foi somente um aumento durante o período comum de abastecimento, não se tratando de um vazamento.

Indicado pelo quadro ao lado, com ícone representando um evento de vazão, texto indicando uso e a magnitude

Imagem abaixo exemplifica um evento de uso de maneira clara



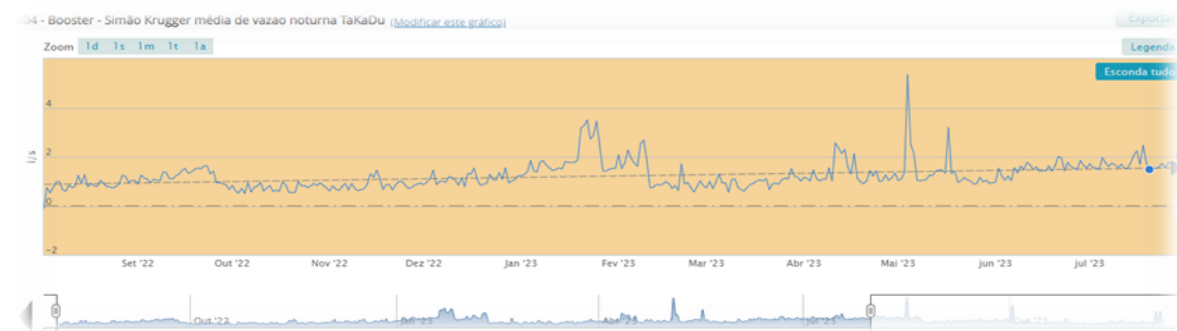
**Figura 5: Exemplo de evento de uso.**



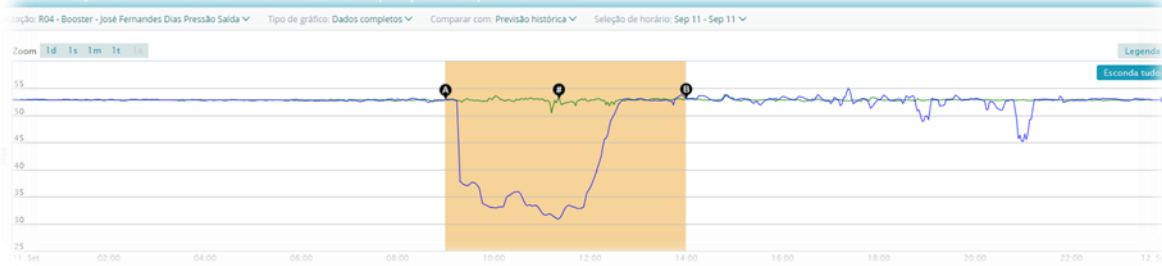
## CONCLUSÕES

O projeto teve início em junho de 2023 e está em curso. Até o momento, já foram detectados inúmeros eventos anômalos nos 73 distritos monitorados, incluindo falhas na transmissão de dados de sensores/medidores, vazamentos, aumento ou queda de pressão; o que facilita a identificação dos vazamentos, obstrução de rede coletora de esgoto, aumento de nível de elevatória de esgoto etc., e possibilita a identificação precoce nos extravasamentos de esgoto. Com a identificação precoce desses eventos anômalos na rede de distribuição de água e nas elevatórias de esgoto do município, a companhia deixou de perder cerca de 1.574.881m<sup>3</sup>, representando uma economia de R\$ 1.075.947,12, comparando com o modelo tradicional, onde a varredura e localização desses vazamentos inerentes e não visíveis podem perdurar por 1 ano. Ademais, nos eventos de esgoto, foi possível reduzir custos com manutenções de equipamentos por meio da antecipação da falha do equipamento, levando a uma manutenção preditiva. Os principais resultados obtidos na rede de distribuição de água foram o direcionamento das equipes de pesquisa de vazamentos possibilitando a identificação de pequenos vazamentos, monitoramento dos sensores de pressão e vazão, auxiliando o gerenciamento e manobras e manutenções nas redes de distribuição, já no monitoramento das redes e elevatórias de esgoto, foi possível identificar previamente equipamentos em falhas, obstrução de redes de recalque e extravasamento de elevatórias, impactando positivamente nos custos e tempo de manutenção reduzindo cerca de 2mil reais por evento identificado previamente.

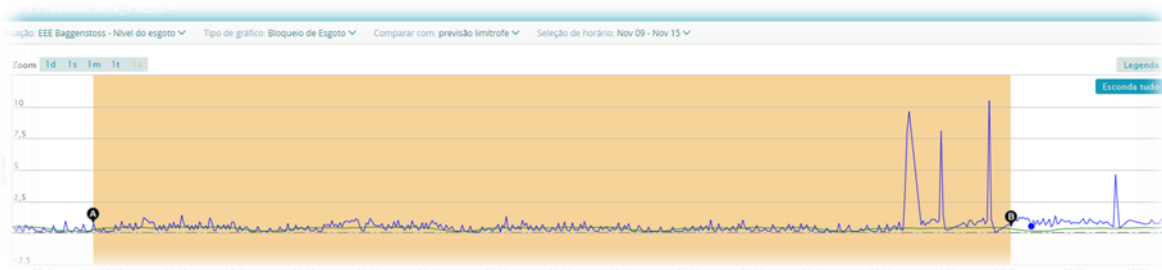
**Figura 6 – Evento de aumento de tendência da mínima noturna (vazamento identificado)**



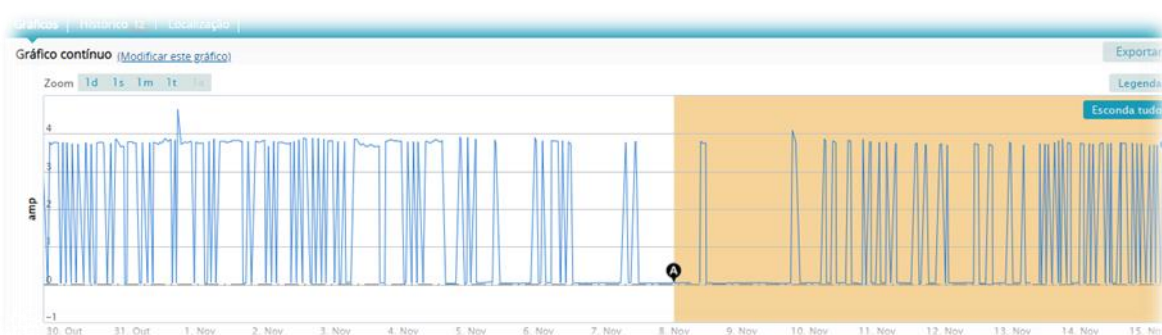
**Figura 7 – Evento de pressão (vazamento de ramal identificado)**



**Figura 8 – Evento de nível de esgoto (obstrução identificada)**



**Figura 9 – Evento de nível de esgoto (obstrução identificada)**



Através do serviço de gerenciamento de eventos, a companhia percebeu a facilidade de cruzamento de dados e indicadores importantes para tomadas de decisões e eficiência operacional na rede de distribuição de água como: identificação de vazamentos inerentes, vazamentos não visíveis, vazamentos visíveis, aumento de tendência da mínima noturna dos setores e variação de pressões. Isso facilita a identificação com a equipe de pesquisa de vazamentos e nas elevatórias de esgoto, o que compreende obstrução de rede coletora de esgoto, extravasamento de elevatória de esgoto e falhas em equipamentos, aumentando a eficiência operacional da companhia e reduzindo custos com manutenção de equipamentos.

O projeto teve início em junho de 2023 e está em curso. Até o momento, já foram detectados inúmeros eventos anômalos nos 73 distritos monitorados, incluindo falhas na transmissão de dados de sensores/medidores, vazamentos, aumento ou queda de pressão; o que facilita a identificação dos vazamentos, obstrução de rede coletora de esgoto, aumento de nível de elevatória de esgoto etc., e possibilita a identificação precoce nos extravasamentos de esgoto. Com a identificação precoce desses eventos anômalos na rede de distribuição de água e nas elevatórias de esgoto do município, a companhia deixou de perder cerca de 1.574.881m<sup>3</sup>, representando uma economia de R\$ 1.075.947,12, comparando com o modelo tradicional, onde a varredura e localização desses vazamentos inerentes e não visíveis podem perdurar por 365 dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABENDI. Estanqueidade – Detecção de vazamentos não visíveis de líquidos sob pressão em tubulações enterradas procedimento - PR-051. 4º Revisão. 2017.
2. ALEGRE H, BAPTISTA JM, CABRERA JR E, CUBILLO F, DUARTE P, HIRNER W, MERKEL W, PARENA R. Performance indicators for water supply services. IWA publishing; 2016.
3. BRASIL. Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Diário Oficial da União. ed. 135. Brasília, 16 jul. 2020. Seção 1, p. 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 04 maio 2022.
4. BRASIL, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. DTA – Documento Técnico de Apoio no A2 - Definições de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento. Brasília-DF. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. 2003.
5. BRASIL, SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento (org.). Série Histórica. 2022. Ano base 2020. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 04 maio 2022.
6. COSTA, Robson Fontes da et al. Áreas de controle e recorrência de vazamentos nas redes de distribuição – o combate as perdas reais. in: 25 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, Recife: 2009.
7. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/curitiba/panorama>. Acesso em 04 maio 2022.
8. INSTITUTO TRATA BRASIL. Brasil Chega aos 40% de Perdas de Água Potável. 2022. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento-basico/brasil-chega-aos-40-de-perdas-de-agua->
9. LUNARDI NETO, A. et al. Estudos socioambientais sobre o Planalto Catarinense. ed. Florianópolis: Editora Insular, 2020.
10. RENAUD, Eddy; BRÉMOND, Bernard; POULTON, M. Studies of reference values for the linear losses index in the case of rural water distribution systems. In: WATER LOSS 2007 Bucarest, ROM. 2007.
11. SANTOS, Erivelton Bortoli dos. Avaliação do gerenciamento de perdas de água por vazamentos em municípios de médio porte. 2007.
12. SATTAR, Ahmed et al. Extreme learning machine model for water network management. Neural Computing and Applications, v. 31, n. 1, p. 157-169, 2019.
13. SMARTACQUA. Reduza suas perdas de água através alta tecnologia e inovação. Disponível em: [www.smartacqua.com](http://www.smartacqua.com). Acesso em: 04 maio 2022.
14. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. Capítulo de livro. In: TSUTIYA, MT. Abastecimento de água, v. 3, p. 457-526, 2006.