INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E QUALIDADE DE DADOS: PILARES PARA A EXCELÊNCIA NA GESTÃO DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO

RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem aplicada para a detecção de anomalias em redes de distribuição de água por meio da análise integrada de dados operacionais. A metodologia baseia-se no monitoramento contínuo de variáveis hidráulicas, como pressão, vazão e nível, combinadas a informações de ativos operacionais, incluindo sistemas de bombeamento e válvulas redutoras de pressão. A partir da aplicação de técnicas analíticas e modelos baseados em aprendizado de máquina, são identificados padrões de comportamento e desvios operacionais, com destaque para a análise da vazão mínima noturna como indicador de perdas reais. Os resultados demonstram a capacidade de identificar vazamentos ocultos, falhas operacionais e instabilidades hidráulicas de forma mais ágil e precisa. Evidencia-se que a qualidade e integração dos dados são fatores críticos para o desempenho dos modelos analíticos, permitindo a evolução de uma gestão reativa para uma abordagem preditiva. A aplicação dessa metodologia contribui diretamente para a melhoria da eficiência operacional, redução de perdas e otimização da tomada de decisão no setor de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de dados, Inteligência Artificial, Perdas de Água

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento no Brasil enfrenta desafios estruturais relevantes relacionados à redução de perdas de água, aumento da eficiência operacional e ampliação da qualidade dos serviços prestados. De acordo com diagnósticos nacionais, os índices de perdas nos sistemas de distribuição ainda representam parcela significativa da água produzida, impactando diretamente a sustentabilidade econômica e ambiental das companhias de saneamento. Nesse cenário, a melhoria da gestão operacional das redes de distribuição torna-se uma prioridade estratégica.

Historicamente, a identificação de vazamentos e anomalias hidráulicas tem sido realizada de forma predominantemente reativa, baseada em inspeções de campo, reclamações de usuários ou análises pontuais. Essa abordagem, além de onerosa, apresenta limitações quanto à agilidade e à precisão na detecção de perdas reais, especialmente aquelas não visíveis.

Com a crescente implantação de sistemas de telemetria e sensoriamento em campo, verifica-se um aumento significativo na disponibilidade de dados operacionais, incluindo medições contínuas de pressão, vazão e nível, bem como informações provenientes de ativos críticos, como estações elevatórias e válvulas redutoras de pressão. Esse cenário abre oportunidades para adoção de abordagens mais avançadas, baseadas na análise contínua e integrada dessas informações.

Nesse contexto, destaca-se o uso de inteligência analítica aplicada à interpretação de séries temporais, possibilitando a identificação de padrões operacionais e detecção automatizada de anomalias. Diferentemente dos métodos convencionais, baseados em limites fixos, essa abordagem considera o comportamento dinâmico dos sistemas, permitindo maior precisão na identificação de eventos como vazamentos, falhas operacionais e instabilidades hidráulicas.

A análise da vazão mínima noturna, amplamente reconhecida como indicador relevante de perdas reais, ganha maior robustez quando associada à integração com outras variáveis operacionais, como pressão e regime de bombeamento. Essa integração permite uma avaliação mais consistente do comportamento hidráulico dos Distritos de Medição e Controle (DMCs), facilitando a identificação de desvios e priorização de intervenções.

Adicionalmente, a integração de dados provenientes de diferentes sistemas como plataformas supervisórias, bases cadastrais e sistemas georreferenciados possibilita uma visão sistêmica da operação, fundamental para a aplicação eficaz de modelos analíticos. A qualidade e a consistência desses dados tornam-se, portanto, elementos críticos para o sucesso de iniciativas voltadas à transformação digital no setor.

Dessa forma, a aplicação de inteligência analítica sobre dados de sensoriamento em redes de distribuição representa um avanço significativo na gestão de perdas e na eficiência operacional no saneamento brasileiro. Este trabalho apresenta uma abordagem aplicada nesse contexto, com foco na detecção de anomalias e no suporte à tomada de decisão baseada em dados.

OBJETIVO

Este trabalho apresenta uma abordagem inovadora para detecção de anomalias em redes de distribuição de água, baseada na integração de dados operacionais e aplicação de inteligência analítica avançada. A metodologia utiliza séries temporais de dados de pressão, vazão e nível, combinadas a informações de ativos operacionais, permitindo a construção de modelos capazes de aprender o comportamento hidráulico das redes ao longo do tempo.

Diferentemente de métodos tradicionais baseados em limites fixos e análises manuais, a abordagem proposta emprega técnicas estatísticas e algoritmos de aprendizado de máquina para identificação automatizada de padrões e detecção preditiva de desvios operacionais. Destaca-se, ainda, a incorporação da análise da vazão mínima noturna como indicador dinâmico de perdas reais, aprimorada pela correlação com múltiplas variáveis operacionais.

Os resultados evidenciam elevada capacidade de detecção precoce de vazamentos ocultos, falhas operacionais e instabilidades hidráulicas, com significativa redução de falsos positivos e maior assertividade na priorização de intervenções. A abordagem representa um avanço em direção a uma gestão inteligente e preditiva, demonstrando que a qualidade e integração dos dados são elementos-chave para a inovação e eficiência no setor de saneamento.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada baseia-se na análise de dados operacionais provenientes de sistemas de monitoramento em redes de abastecimento de água, com foco na identificação de padrões hidráulicos e detecção de anomalias. Foram utilizados dados oriundos de sensores de pressão, vazão e nível, além de informações de ativos operacionais como estações de bombeamento e válvulas redutoras de pressão.

A abordagem considera a aplicação de técnicas analíticas e estatísticas para tratamento e interpretação desses dados, permitindo a identificação de padrões de comportamento ao longo do tempo. A partir dessa análise, são detectados desvios operacionais que podem indicar a ocorrência de anomalias, como vazamentos, falhas em equipamentos, variações atípicas de pressão e inconsistências no regime de operação hidráulica.

Um dos principais indicadores utilizados é a vazão mínima noturna, analisada em períodos de baixo consumo, possibilitando a identificação de perdas reais na rede. A avaliação das variações da mínima noturna permite detectar mudanças não usuais no sistema, sendo um importante instrumento para a identificação de vazamentos ocultos.

Adicionalmente, são utilizadas plataformas digitais que aplicam algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina para análise contínua dos dados. Essas soluções são capazes de correlacionar múltiplas variáveis operacionais, aprender padrões históricos de comportamento e identificar automaticamente anomalias com maior precisão em comparação a métodos tradicionais.

Essas plataformas também realizam a priorização de eventos com base em criticidade, contribuindo para uma atuação mais eficiente das equipes operacionais e redução do tempo de resposta. A integração entre diferentes fontes de dados como sistemas supervisórios, bases cadastrais e sistemas georreferenciados permite uma visão sistêmica da operação e amplia a capacidade analítica dos modelos.

Dessa forma, a metodologia proposta se fundamenta na análise integrada de dados operacionais, combinando técnicas estatísticas e inteligência artificial para suportar uma gestão preditiva, orientada por dados e voltada à eficiência operacional dos sistemas de saneamento.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados evidencia que a disponibilidade, continuidade e qualidade dos dados operacionais são fatores determinantes para o desempenho das metodologias baseadas em inteligência analítica. Observou-se que, em cenários onde a disponibilidade de dados é superior a 70%, há um ganho significativo na capacidade de identificação de padrões operacionais e detecção de anomalias.

Esse nível de disponibilidade permite a construção de séries históricas mais consistentes, fundamentais para o treinamento de modelos analíticos e algoritmos de aprendizado de máquina. Como consequência, há maior sensibilidade na identificação de desvios, especialmente aqueles relacionados a variações de vazão e à detecção de vazamentos ocultos, que frequentemente não são perceptíveis por métodos convencionais.

A análise da vazão mínima noturna, quando combinada com dados contínuos e integrados, demonstrou elevada eficácia como indicador de perdas reais. Em ambientes com alta disponibilidade de dados, foi possível identificar pequenas variações no comportamento hidráulico, antecipando eventos e permitindo atuação preventiva.

Além disso, a integração de dados de diferentes fontes operacionais — incluindo pressão, vazão, nível e informações de ativos ampliou a capacidade de correlação entre eventos, proporcionando uma visão sistêmica da rede. Essa abordagem possibilita não apenas detectar anomalias, mas também compreender suas causas e impactos operacionais de forma mais precisa.
Por outro lado, em cenários com menor disponibilidade de dados, verificou-se aumento na ocorrência de incertezas analíticas, redução da assertividade dos modelos e maior incidência de falsos positivos ou eventos não detectados. Esse resultado reforça que a maturidade na gestão e integração de dados é um pré-requisito essencial para o sucesso da aplicação de inteligência analítica no saneamento.
Dessa forma, os resultados demonstram que a combinação entre alta disponibilidade de dados, integração de sistemas e uso de algoritmos avançados permite a evolução de uma gestão reativa para uma abordagem preditiva, aumentando significativamente a eficiência operacional e a capacidade de resposta das organizações.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que a aplicação de inteligência analítica na gestão de redes de distribuição de água representa um avanço significativo na detecção de anomalias e na melhoria da eficiência operacional. A utilização de dados de sensoriamento, quando tratados de forma estruturada e contínua, permite maior compreensão do comportamento hidráulico e suporte à tomada de decisão baseada em evidências.
Observou-se que a disponibilidade de dados superior a 70% é um fator crítico para o desempenho dos modelos analíticos, influenciando diretamente a precisão na identificação de eventos, especialmente aqueles relacionados a variações de vazão e vazamentos ocultos. Níveis adequados de disponibilidade permitem maior robustez nas análises, redução de falsos positivos e aumento da confiabilidade dos resultados.
A análise da vazão mínima noturna destacou-se como uma ferramenta fundamental para identificação de perdas reais, especialmente quando integrada a outras variáveis operacionais. A combinação dessa abordagem com algoritmos de aprendizado de máquina possibilita a detecção precoce de anomalias e a priorização eficiente de intervenções.
Diante disso, recomenda-se, garantir níveis mínimos de disponibilidade de dados (preferencialmente superiores a 70%) para viabilizar análises confiáveis, investir na qualidade, consistência e integração dos dados operacionais, expandir a infraestrutura de sensoriamento e monitoramento contínuo, adotar plataformas analíticas com capacidade de aprendizado e detecção automatizada de anomalias, promover a integração entre áreas operacionais e tecnológicas para fortalecer a cultura orientada a dados.
A adoção dessas práticas permite a transição para uma gestão preditiva e inteligente, com ganhos expressivos na redução de perdas, otimização de recursos e melhoria da eficiência operacional, contribuindo diretamente para a sustentabilidade dos serviços de saneamento.