SMART INSPECTION SYSTEM - APLICAÇÃO IOT MULTIPLATAFORMA PARA INSPEÇÕES OPERACIONAIS EM SANEAMENTO

Rafael Francis Leite[(1)]
Engenheiro Eletricista, Eng. de Segurança do Trabalho, Bacharel em Ciências Contábeis, Especialista Engenharia de Produção, Especialista em Saneamento Ambiental, Mestrando em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar
Alex Augusto Cordeiro[(2)]
Tecnólogo em Automação Industrial, Técnico de Suporte Operacional - Sanepar
Alexandre Moreno Lisboa [(3)]
Técnico Mecânico, Sanepar
Waldeir Aparecido Marcelino [(4)]
Tecnólogo em Redes de Computadores, MBA em Business Intelligence e MBA em Liderança, Inovação e Gestão 4.0, Diretor de Sustentação e Desenvolvimento de Softwares e Aplicativos – NextAge
Alexandre Garcia Peres [(5)]
Graduado em Letras - Português/Inglês pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Redator em NextAge.

Endereço[(1)]: R. Engenheiros Rebouças, 1376, Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil - CEP 80215-900 - Brasil - Tel: +55 (41) 99908-0063 - e-mail: rfleite@sanepar.com.br
Endereço[(2)]: Av. Nossa Senhora da Penha, 61, Cristo Rei, Curitiba, Paraná, Brasil - CEP 80050-550 - Brasil - Tel: +55 (41) 99895-9889 - e-mail: waldeir@nextage.com.br

RESUMO

O setor de saneamento ainda enfrenta desafios relacionados à execução manual de inspeções operacionais, o que impacta a precisão dos dados, a agilidade das respostas e a confiabilidade das informações coletadas. Para superar essas limitações, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), em parceria com a empresa de tecnologia NextAge, desenvolveu a plataforma *Smart Inspection System (SIS)*, uma solução baseada em Internet das Coisas (*IoT*) voltada à digitalização e automação de inspeções em unidades operacionais. A ferramenta utiliza dispositivos como smartwatches, tablets e smartphones para registrar e acompanhar, de forma georreferenciada e em tempo real, as rotinas realizadas pelos técnicos em campo. A proposta promove o aumento da confiabilidade dos dados, possibilita manutenções preditivas, fortalece a rastreabilidade institucional e reduz custos operacionais. A plataforma também contribui para a segurança ocupacional, ao viabilizar o monitoramento de parâmetros fisiológicos, e reforça a eficiência na gestão de ativos. Os testes demonstraram ganhos expressivos em mobilidade, precisão das informações, padronização de processos e controle das ações executadas. O *SIS* é um avanço estratégico rumo à operação inteligente, baseada em dados e alinhada aos princípios da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção em Unidades Operacionais, IoT em Saneamento, Plataforma Digital para Saneamento

INTRODUÇÃO

As inspeções realizadas em unidades operacionais do setor de saneamento são essenciais para garantir a continuidade e a qualidade dos serviços prestados, assegurando conformidade técnica, segurança das instalações e atendimento às normativas vigentes. No entanto, a persistência de procedimentos manuais nesses processos é um entrave à modernização do setor, o que acaba comprometendo a precisão dos dados coletados, a agilidade nas respostas e o controle sobre as ações realizadas em campo.

A implantação de um sistema de monitoramento digital contínuo proporciona avanços relacionados à eficiência operacional, melhorando a gestão e fiscalização dos contratos relacionados à manutenção dos ativos das unidades operacionais. Além disso, a ausência destas ferramentas, limita a capacidade de detectar precocemente falhas estruturais ou operacionais, como trincas, infiltrações ou mau funcionamento de equipamentos, o que pode comprometer tanto a eficiência do sistema quanto a segurança da operação.

Diante desse cenário, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), em parceria com a empresa de tecnologia NextAge, desenvolveu a plataforma *Smart Inspection System* (SIS). Baseada em tecnologias de *Internet das Coisas* (IoT) e dispositivos móveis como *smartwatches*, *tablets* e *smartphones*, a solução visa digitalizar e automatizar o processo de inspeção em estações de tratamento, estações elevatórias e outras unidades operacionais, proporcionando maior rastreabilidade das ações, aumento da eficiência operacional e redução de custos.

OBJETIVOS

O *Smart Inspection System* tem como objetivo central modernizar e otimizar os processos de inspeção operacional no setor de saneamento, promovendo a transição de métodos manuais para uma abordagem digital, automatizada e georreferenciada. Para isso, a solução integra tecnologias de geolocalização de alta precisão, dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets* e *smartwatches*) e um sistema central em nuvem que permite a gestão eficiente das rotinas operacionais.

Com essa arquitetura tecnológica, é possível registrar e monitorar, em tempo real, as atividades executadas pelos técnicos de campo, possibilitando respostas imediatas a anomalias, geração de relatórios automatizados e maior controle sobre a execução das tarefas atribuídas.

Entre os principais benefícios operacionais e estratégicos proporcionados pela plataforma, destacam-se:

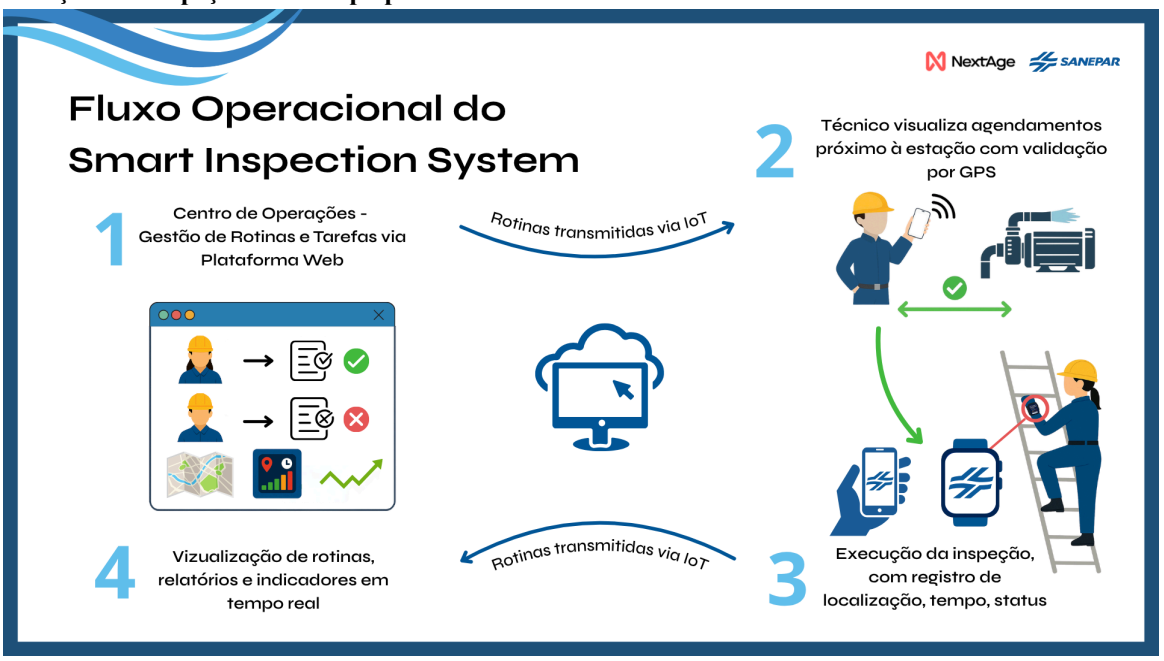
- Fortalecimento da rastreabilidade institucional, com registros automatizados e georreferenciados que comprovam a execução das inspeções conforme o planejamento, reduzindo riscos de falhas e penalidades;
- Redução de paradas não programadas, por meio da detecção precoce de falhas e da padronização das rotinas de inspeção;
- Aprimoramento da segurança operacional, com identificação antecipada de condições críticas e suporte à tomada de decisão baseada em dados;
- Otimização na alocação de recursos humanos e materiais, com priorização de manutenções preventivas e preditivas embasadas em indicadores históricos;
- Prolongamento da vida útil dos ativos, a partir da atuação mais ágil frente a anomalias detectadas em campo;
- Potencial para o monitoramento da saúde ocupacional dos técnicos, com captura de dados fisiológicos via *smartwatch*, viabilizando no futuro ações preventivas em ambientes insalubres.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia adotada baseia-se nos princípios da Internet das Coisas (IoT), permitindo que diferentes dispositivos estejam conectados em rede e compartilhem dados a distância e em tempo real, sem a necessidade de intervenção manual contínua. Essa abordagem é particularmente eficaz no setor de saneamento, pois viabiliza o monitoramento remoto do estado de equipamentos, a execução de inspeções automatizadas e a alocação otimizada de recursos humanos e materiais.

A arquitetura da plataforma *SIS* está estruturada em três módulos integrados por uma base tecnológica IoT, conforme ilustrado no Fluxograma Operacional do Sistema *Smart Inspection System* (Figura 1), que compreende desde a gestão centralizada até a validação automatizada das inspeções em campo.

Figura 1 - Fluxo Operacional do *Smart Inspection System*: da gestão via plataforma Web à execução e validação das inspeções em campo por GPS



Fonte: O autor, 2025

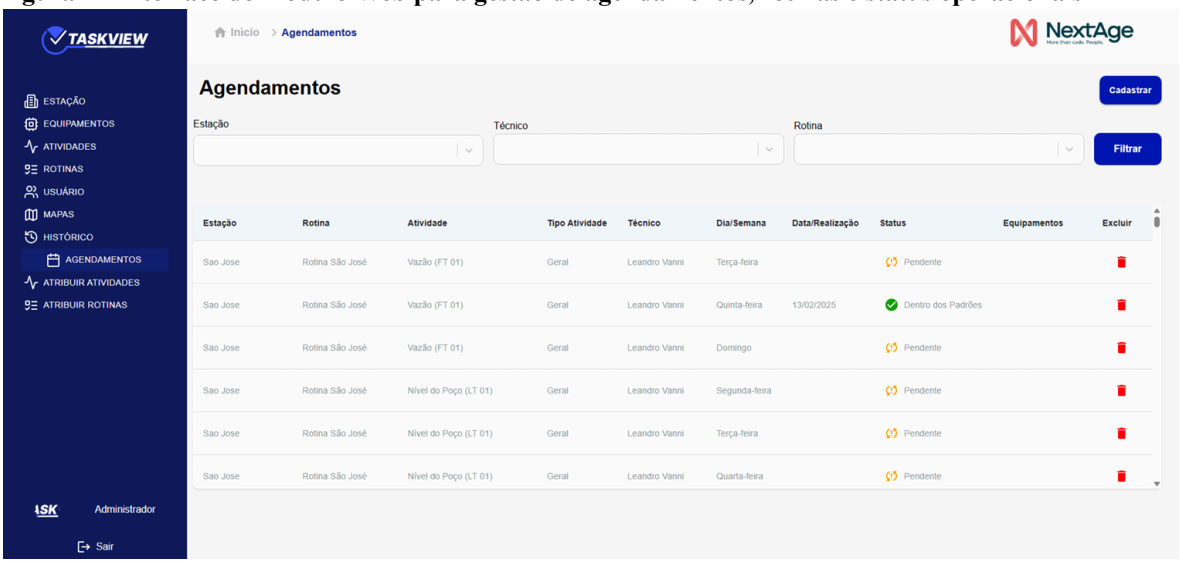
O sistema é composto pelos seguintes módulos:

1. Módulo Web – Gestão Centralizada

Voltado aos gestores, o módulo *Web* permite:

- Cadastrar estações operacionais, equipamentos, atividades e rotinas;
- Associar equipamentos às estações por coordenadas GPS;
- Definir técnicos responsáveis, locais e datas de execução das inspeções;
- Acompanhar a execução em tempo real e o status das rotinas;
- Visualizar percursos realizados pelos técnicos em mapas interativos;
- Gerar relatórios analíticos e dashboards para auditorias e planejamento.

Figura 2 - Interface do módulo Web para gestão de agendamentos, rotinas e status operacionais



Fonte: O autor, 2025

2. Módulo Mobile e Smartwatch – Execução em Campo

Os técnicos utilizam o sistema por meio de aplicativo *mobile* ou *smartwatch*, com funcionalidades que incluem:

- Validação automática da presença na estação designada via GPS (precisão inferior a 10 metros);
- Liberação das tarefas programadas com *checklist* interativo;
- Marcação do status dos itens como "Conforme" ou "Não Conforme";
- Inserção de observações via texto ou comando de voz;
- Sincronização automática dos dados com o módulo Web.

Figura 3 - Interface da rotina exibida no *smartwatch*, com opção de checagem por conformidade



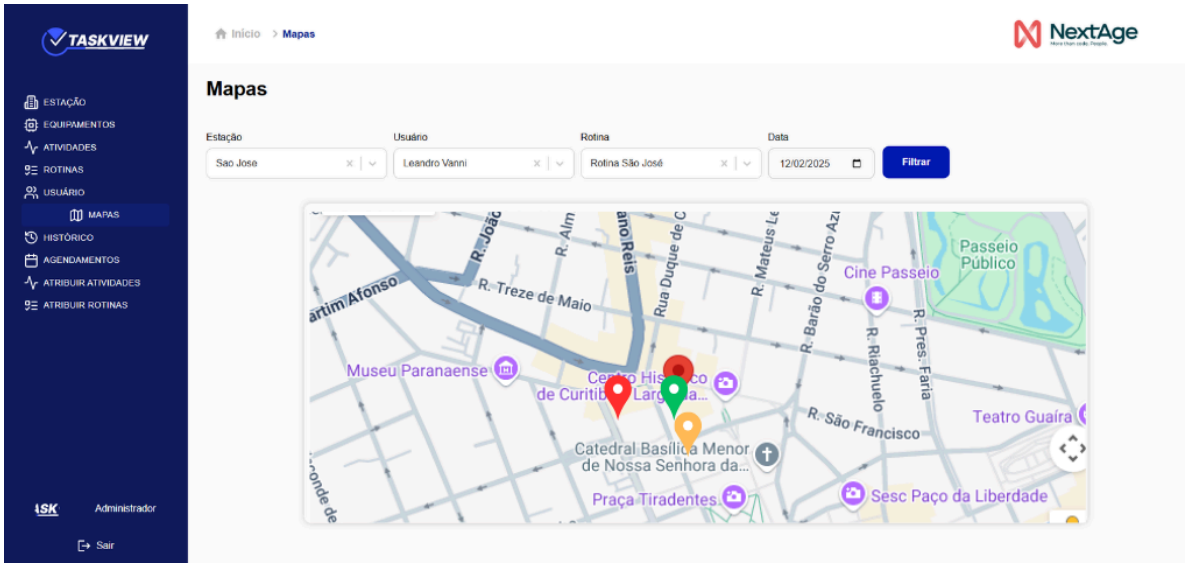
Fonte: O autor, 2025

3. Geolocalização e Rastreamento de Atividades

Cada etapa da inspeção é registrada com dados georreferenciados, permitindo:

- Rastreamento do percurso completo do técnico;
- Validação da execução no local e período programado;
- Redução de falhas por meio da orientação sequencial das tarefas;
- Registro estruturado de "quem fez o quê, onde e quando".

Figura 4 – Visualização dos pontos de inspeção realizados, com base em geolocalização via GPS e rastreamento das atividades em campo



Fonte: O autor, 2025

Durante as rotinas, os principais parâmetros monitorados incluem: funcionamento de bombas de recalque, horímetro, nível de poço, alarmes, registros, corrente elétrica, limpeza de estruturas e estado da alvenaria, entre outros.

RESULTADOS OBTIDOS

Mesmo em fase inicial de implementação, a adoção da plataforma Smart Inspection System nas unidades-piloto da Sanepar permitiu observar avanços qualitativos relevantes nos processos de inspeção. Embora ainda não haja um conjunto estatístico consolidado, os registros operacionais e o acompanhamento das equipes em campo em Estações de Tratamento de Água (ETA), Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e outras estruturas críticas indicam melhorias importantes nos seguintes aspectos:

- Acompanhamento em tempo real das atividades atribuídas aos técnicos;
- Validação automática da presença e do horário no local da inspeção;
- Registro e rastreabilidade da execução de tarefas georreferenciadas.

Esses avanços permitiram mensurar e consolidar indicadores operacionais estratégicos, tais como:

- Tempo médio de execução por técnico ou por estação;
- Quantidade de não conformidades por equipamento;
- Localização precisa das inspeções realizadas;
- Frequência e reincidência de falhas em ativos específicos.

Além disso, técnicos em campo relataram maior autonomia na execução das rotinas e redução de retrabalho em inspeções recorrentes. O acompanhamento dos gestores também se tornou mais dinâmico, com base em visualizações de rotas e status em tempo real. Essas percepções reforçam o potencial da solução para ampliar o controle operacional mesmo em contextos com infraestrutura diversa.

Os testes iniciais também revelaram indícios de mudança cultural entre os profissionais envolvidos. A presença de rotinas digitalizadas e a rastreabilidade das ações favoreceram maior senso de responsabilidade sobre a execução das tarefas, com um maior alinhamento entre o planejamento e a prática operacional. O simples fato de os técnicos saberem que as atividades estavam sendo monitoradas em tempo real resultou em maior aderência aos procedimentos e a redução de imprevistos comuns no modelo anterior.

Verificou-se também um impacto direto na governança das unidades-piloto, sobretudo na forma de planejar, fiscalizar e justificar ações de manutenção. Com registros digitalizados e acessíveis de forma centralizada, gestores passaram a dispor de argumentos mais claros para justificar intervenções técnicas e priorizações orçamentárias, além de maior agilidade no atendimento e auditorias internas e externas.

Outro aspecto observado foi a facilidade de assimilação da ferramenta pelos técnicos de campo. Mesmo com diferentes níveis de familiaridade com dispositivos móveis, a interface intuitiva do sistema, especialmente no smartwatch, contribuiu para uma curva de aprendizado acelerada. A adoção não exigiu treinamentos extensos, e muitos usuários demonstraram autonomia já nas primeiras interações com o aplicativo. Isso é especialmente relevante para iniciativas de larga escala, nas quais a resistência à tecnologia e a complexidade de uso podem comprometer a efetividade da solução.

Durante os testes com smartphones, observou-se alta precisão na geolocalização, com mapeamento confiável dos trajetos dos técnicos. No caso de smartwatches, apesar de imprecisões em modelos antigos, os dispositivos mais modernos demonstraram bom desempenho, garantindo mobilidade e operação com as mãos livres.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam que o *Smart Inspection System* promove ganhos expressivos em eficiência, rastreabilidade e padronização de rotinas operacionais. A capacidade de acompanhar cada inspeção em tempo real fortalece o controle institucional e reduz o risco de falhas operacionais.

Embora o volume de dados coletados ainda esteja em fase inicial de consolidação, a estrutura técnica da plataforma permite registrar, organizar e cruzar informações operacionais com elevado grau de detalhamento.

Com a expansão do uso, será possível estabelecer indicadores mais robustos sobre desempenho de ativos, produtividade das equipes e eficácia das inspeções realizadas.

Além disso, a automação e digitalização das rotinas permitem:

- Aumento da confiabilidade da gestão, com dados auditáveis e organizados por estação, técnico e rotina;
- Redução de custos com transporte, EPIs e deslocamentos, devido à eliminação de visitas desnecessárias;
- Mitigação de riscos ambientais, com respostas mais rápidas a anomalias (extravasamentos, falhas elétricas etc.);
- Justificativa técnica e priorização de investimentos em ativos com base em histórico de falhas;
- Uniformização dos registros, reduzindo a subjetividade e os erros humanos.

O *SIS* também se destaca pelo potencial de ampliar seu escopo, incorporando funcionalidades voltadas à saúde ocupacional. A integração com sensores dos smartwatches poderá permitir a leitura de batimentos cardíacos, tempo de exposição a áreas insalubres e detecção de quedas, viabilizando ações imediatas em situações críticas.

Na prática, observou-se:

- Liberação das tarefas somente quando o técnico está fisicamente presente na estação correta;
- Notificações automáticas aos gestores em caso de não conformidades;
- Priorização automática das rotinas críticas, otimizando o tempo de deslocamento;
- Maior conforto e segurança na execução, especialmente em locais de difícil acesso.

Esses fatores demonstram a aderência da solução às necessidades operacionais do setor e seu alinhamento com a modernização exigida pelos desafios ambientais, regulatórios e de gestão de ativos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A evolução das tecnologias digitais, especialmente no campo da Internet das Coisas (*IoT*), tem viabilizado novas soluções para a modernização das operações no setor de saneamento. Nesse contexto, o *Smart Inspection System* destaca-se como uma ferramenta estratégica, escalável e inovadora, com potencial de transformar a forma como inspeções e rotinas são planejadas, executadas e monitoradas em unidades operacionais críticas, como estações elevatórias e de tratamento.

Ao permitir o registro automático e georreferenciado das inspeções em campo, a plataforma amplia a eficiência e segurança da gestão, promovendo maior agilidade na tomada de decisões, padronização dos registros e transparência nas ações realizadas. Esses elementos são fundamentais para atender aos altos padrões operacionais e normativos exigidos pelo setor, além de contribuírem para a mitigação de riscos ambientais e o aprimoramento da governança.

O *SIS* também reforça o compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6 – Água potável e saneamento, ao promover uma operação mais inteligente, rastreável e sustentável, centrada na melhoria dos serviços públicos prestados à população.

Para maximizar os resultados da iniciativa, recomenda-se:

- Expandir a cobertura da plataforma para outras unidades operacionais, como ETAs, ETEs e setores administrativos;
- Explorar tecnologias emergentes para aprimoramento contínuo da solução, com destaque para aplicações de Inteligência Artificial (IA) e novas funcionalidades embarcadas em dispositivos móveis
- Aprimorar a compatibilidade da solução com novos modelos de dispositivos móveis e smartwatches, ampliando a flexibilidade de uso em campo;
- Incorporar funcionalidades voltadas à saúde ocupacional, com monitoramento de batimentos cardíacos, tempo de exposição em zonas de risco e alertas automáticos para quedas ou situações de emergência.

Em relação à integração de IA, destaca-se a aplicação de algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) para prever falhas em ativos com base em padrões históricos de inspeção. Também é viável o desenvolvimento de mecanismos de clusterização automática de unidades operacionais com maior índice de não conformidades, possibilitando ações corretivas mais direcionadas. Outro avanço promissor seria a criação de um sistema de recomendação inteligente, capaz de reordenar dinamicamente as rotas de inspeção, priorizando unidades críticas de acordo com urgência e reincidência de falhas.

Com mais de 3.400 unidades operacionais em operação em 245 municípios do Paraná, o potencial de escalabilidade do *SIS* é expressivo. Atualmente, a plataforma está em uso em 85 unidades da Região Metropolitana de Curitiba, consolidando-se como uma referência nacional em inovação tecnológica aplicada ao saneamento.

A adoção do *Smart Inspection System* representa uma ruptura positiva com os modelos tradicionais, ainda majoritariamente manuais, e inaugura um novo paradigma de operação orientada por dados, mobilidade e inteligência digital, alinhado às exigências contemporâneas de eficiência, sustentabilidade e segurança operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHARLEAUX, Lupa; TOLEDO, Victor. *O que é Internet das Coisas (IoT)*. Disponível em: https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-internet-das-coisas-iot-entenda-como-funciona-e-veja-exemplos-de-aplicacoes/. Acesso em: 03 jan. 2025.

2. CREDER, H. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1991.

3. CRESPO, P.G. *Elevatórias nos sistemas de esgoto*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2001.

4. NASCIMENTO, N.D.O.; HELLER, L. *Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, 2005.

5. SANEPAR; NEXTAGE. *Documentação de uso – Smart Inspection System: funcionalidades e operação da plataforma para inspeções operacionais*. Curitiba: Sanepar, 2025. 27 p. Documento técnico interno.