DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO DE INSPEÇÕES DE ATIVOS CRÍTICOS: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AUMENTO DA RASTREABILIDADE, CONFORMIDADE E EFICIÊNCIA OPERACIONAL

Laísa Rigueti Brasil[1]
Engenheira de Petróleo com MBA em Gestão Estratégica de Negócios, atuando como Engenheira de Projetos na área de Negócios Digitais e Tecnologia da Ocyan.
Lucas Cordeiro Rangel[2]
Mestre em Engenharia Produção e Sistemas Computacionais e graduado em Engenharia de Controle e Automação, atuando como Coordenador de Projetos de Engenharia na área de Negócios Digitais e Tecnologia da Ocyan.
Denis Rosa da Silva Angra [3]
Mestre em Engenharia de Produção e graduado em Engenharia Mecânica, atuando como Gerente de Negócios Digitais e Tecnologia.

Endereço[1]**:** Avenida Cidade de Lima, 86 - Edifício Novocais do Porto Avenida Cidade de Lima, 9º e 10º andar - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - CEP: 20220-710 - Brasil - Tel: +55 (22) 99857-2978 - e-mail: laisabrasil@ocyan-sa.com

RESUMO

A crescente complexidade da gestão de ativos físicos tem ampliado a necessidade de processos de inspeção capazes de fornecer informações confiáveis para suporte à tomada de decisão, atendimento a requisitos regulatórios e planejamento das intervenções ao longo do ciclo de vida dos ativos. Entretanto, registros manuais, bases de dados descentralizadas e controles não integrados ainda representam desafios para a rastreabilidade das informações, gestão de não conformidades e preservação do histórico operacional. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma metodologia para digitalização da gestão de inspeções de ativos críticos, estruturada em inventário digital de ativos, identificação rastreável, execução digital das inspeções, gestão de não conformidades e governança integrada dos dados. A metodologia foi aplicada em um ambiente operacional de alta complexidade, contemplando aproximadamente 11.000 ativos submetidos a rotinas periódicas de inspeção e manutenção. A implementação possibilitou a padronização dos processos de campo, a centralização das informações e a geração estruturada de evidências técnicas. Os resultados evidenciaram redução de 80% no tempo de preparação de inspeções regulatórias, além de alcançar índice de 100% de conformidade nos processos auditados. Conclui-se que a digitalização estruturada das inspeções fortalece a gestão de ativos, ampliando a confiabilidade dos dados e o controle operacional.

PALAVRAS-CHAVE: gestão de ativos, inspeção digital, conformidade.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de ativos físicos tem evoluído de uma abordagem centrada na manutenção e operação para uma disciplina estratégica voltada à obtenção de valor ao longo do ciclo de vida dos ativos (HASTINGS, 2021). Segundo a ISO 55000 (2024), a gestão de ativos consiste nas atividades coordenadas de uma organização para obter valor a partir de seus ativos. Para que esse valor seja efetivamente alcançado, as decisões relacionadas aos ativos devem considerar fatores como desempenho, riscos, custos e oportunidades ao longo de todo o seu ciclo de vida (IAM, 2024). Nesse contexto, a disponibilidade de informações confiáveis e rastreáveis sobre a condição dos ativos torna-se um elemento essencial para apoiar a tomada de decisão, o planejamento das intervenções e a gestão dos riscos associados.

A capacidade de coletar, estruturar e utilizar informações de forma consistente é um dos pilares para a efetividade da gestão de ativos. Entretanto, a obtenção de dados confiáveis ainda representa um desafio recorrente em diversos setores intensivos em ativos, especialmente em ambientes operacionais que dependem de inspeções periódicas realizadas em campo. Nesses contextos, registros manuais, informações dispersas e dificuldades de rastreabilidade podem comprometer a qualidade dos dados disponíveis para gestão, reduzindo a capacidade das organizações de transformar informações operacionais em conhecimento útil para suporte à tomada de decisão (CHANG et al., 2022).

Em ambientes operacionais intensivos em ativos, esse desafio torna-se particularmente relevante diante da crescente necessidade de ampliar a eficiência operacional, garantir a confiabilidade dos serviços e otimizar investimentos em infraestrutura. A gestão de ativos críticos, como sistemas industriais, instalações de energia, unidades de produção, redes de distribuição, estações de tratamento e sistemas de bombeamento, depende da disponibilidade de informações confiáveis sobre sua condição, desempenho e histórico operacional. Nesse contexto, a transformação digital tem sido impulsionada pela necessidade de aprimorar a tomada de decisão baseada em dados, aumentar a eficiência operacional e fortalecer a gestão dos ativos ao longo de seu ciclo de vida (DANIEL et al., 2023).

Desta forma, a qualidade, rastreabilidade e disponibilidade das informações operacionais assumem papel cada vez mais estratégico para organizações responsáveis pela operação e manutenção de infraestruturas críticas. Os dados provenientes das inspeções subsidiam a identificação de falhas, a avaliação de riscos, o planejamento das intervenções e a priorização de investimentos, contribuindo para decisões mais assertivas relacionadas ao desempenho e à sustentabilidade dos ativos (IAM, 2024; HASTINGS, 2021). Contudo, quando os registros de inspeção são realizados por meio de formulários físicos, planilhas eletrônicas ou sistemas não integrados, informações potencialmente valiosas podem permanecer fragmentadas, dificultando sua consolidação, análise e utilização para fins de gestão (CHANG et al., 2022).

A evolução das estratégias de manutenção também tem ampliado a demanda por informações confiáveis sobre a condição dos ativos. Abordagens como manutenção baseada em condição (*Condition-Based Maintenance* - CBM) e modelos preditivos dependem da disponibilidade de dados consistentes para apoiar a avaliação do desempenho dos equipamentos e a identificação antecipada de potenciais falhas. Nesse contexto, a qualidade dos registros operacionais e das informações provenientes das inspeções torna-se um fator determinante para a efetividade dessas estratégias. Conforme destacado por Oliveira et al. (2020), a utilização estruturada dos dados dos ativos contribui para aumentar a confiabilidade operacional, otimizar intervenções e melhorar a utilização dos recursos de manutenção. Dessa forma, a digitalização e a rastreabilidade das informações de inspeção representam não apenas um mecanismo de controle operacional, mas também um elemento habilitador para modelos mais avançados de gestão de ativos.

Paralelamente, a crescente digitalização dos processos operacionais tem impulsionado a adoção de tecnologias voltadas à captura, armazenamento e análise estruturada das informações geradas em campo. No âmbito da gestão de ativos de infraestrutura, estudos recentes apontam que a digitalização dos processos de inspeção e monitoramento contribui para ampliar a disponibilidade das informações, fortalecer a governança dos dados e aprimorar a tomada de decisão baseada em evidências (UGARELLI; SÆGROV, 2022; CALDERA et al., 2021).

A transformação digital dos processos industriais e de infraestrutura também impulsionou a adoção de sistemas corporativos voltados à integração e gestão das informações organizacionais. Nesse contexto, os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) consolidaram-se como plataformas responsáveis pela integração de processos relacionados à gestão de recursos, materiais, custos, suprimentos e ativos, promovendo maior padronização e rastreabilidade das informações corporativas. Segundo Monk e Wagner (2020), a integração proporcionada pelos sistemas ERP permite ampliar a visibilidade dos processos organizacionais e favorecer a tomada de decisão baseada em dados consistentes e compartilhados entre diferentes áreas da organização.

Nesse cenário, a digitalização das inspeções deixa de representar apenas a substituição de registros físicos por meios eletrônicos e passa a desempenhar papel relevante na construção de bases estruturadas de informação para gestão dos ativos. Como parte desse processo, sistemas de gestão da manutenção computadorizada (*Computerized Maintenance Management Systems* - CMMS) têm sido amplamente utilizados para centralizar informações relacionadas às atividades de manutenção, inspeção, histórico dos ativos e gestão de ordens de serviço, contribuindo para processos mais rastreáveis, integrados e auditáveis. Entretanto, muitas dessas plataformas concentram-se predominantemente na gestão das atividades de manutenção, permanecendo desafios relacionados à captura estruturada das informações de inspeção em campo, à gestão das evidências técnicas e à rastreabilidade das não conformidades ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Contudo, a simples adoção de tecnologias digitais não garante, por si só, a obtenção dos benefícios esperados. Segundo Arantes et al. (2021), a transformação digital exige o desenvolvimento de capacidades organizacionais relacionadas à infraestrutura tecnológica, governança de dados, qualificação das equipes e integração dos processos. No contexto da gestão de inspeções, esse aspecto torna-se particularmente relevante, uma vez que a geração de valor depende não apenas da digitalização dos registros, mas também da capacidade de transformar os dados coletados em informações confiáveis para gestão dos ativos, conformidade regulatória e gerenciamento dos riscos operacionais.

Além dos desafios relacionados à disponibilidade e qualidade das informações, organizações intensivas em ativos operam em ambientes sujeitos a requisitos regulatórios cada vez mais rigorosos, que demandam registros rastreáveis, evidências documentais e controle sistemático das atividades executadas. No contexto brasileiro, normas como a NR-13 estabelecem requisitos relacionados à inspeção, integridade e manutenção do histórico de equipamentos críticos, enquanto a NR-10 determina a necessidade de documentação, inspeções, registros e controle das condições de segurança em instalações e serviços em eletricidade. Adicionalmente, a atualização da NR-01 reforçou a necessidade de processos estruturados para identificação, avaliação e monitoramento dos riscos ocupacionais por meio do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO). Embora possuam objetivos distintos, essas normas convergem para uma necessidade comum: a disponibilidade de informações confiáveis, rastreáveis e auditáveis sobre os ativos e as atividades executadas em campo. Essa necessidade está alinhada aos princípios da gestão de ativos preconizados pela ISO 55000 e pelo *Institute of Asset Management*, que destacam a qualidade, integridade e disponibilidade das informações como elementos essenciais para a gestão de riscos, demonstração de conformidade e suporte à tomada de decisão (ISO, 2024; IAM, 2024).

Diante desse contexto, observa-se uma crescente necessidade de metodologias capazes de transformar os dados gerados pelas inspeções em informações estruturadas, rastreáveis e acessíveis para suporte à gestão de ativos. Embora a literatura apresente diferentes abordagens voltadas à digitalização de processos de inspeção e manutenção, ainda são limitados os trabalhos que tratam de forma integrada a identificação rastreável dos ativos, a execução digital das inspeções, a gestão estruturada das não conformidades e a governança das informações ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos. Além disso, em muitos ambientes operacionais, os processos de inspeção ainda permanecem fortemente apoiados em registros manuais, formulários físicos, planilhas eletrônicas e sistemas pouco integrados, o que dificulta a rastreabilidade das informações, aumenta o esforço administrativo associado à consolidação dos dados e limita sua utilização para suporte à tomada de decisão.

Nesse sentido, a principal contribuição deste trabalho consiste na proposição de uma metodologia integrada para digitalização da gestão de inspeções, estruturada para superar as limitações dos modelos convencionais de gestão das informações de campo e conectar, em um fluxo único, a identificação dos ativos, a execução das inspeções, o tratamento das não conformidades e a integração com sistemas corporativos de gestão de ativos. A abordagem permite transformar registros operacionais em informações confiáveis para suporte à conformidade regulatória, gestão de riscos e tomada de decisão. A metodologia foi aplicada em um ambiente operacional de alta complexidade do setor de óleo e gás, envolvendo mais de 11.000 ativos submetidos a rotinas periódicas de inspeção e manutenção, sendo posteriormente utilizada como referência para aplicações em outros setores intensivos em ativos.

2. OBJETIVO

Avaliar a aplicação de uma metodologia estruturada para digitalização da gestão de inspeções em um ambiente operacional intensivo em ativos, analisando seus impactos sobre a rastreabilidade das informações, a conformidade regulatória, a eficiência dos processos de auditoria e a gestão de ativos críticos. Busca-se demonstrar como a integração entre inventário digital, identificação rastreável dos ativos, execução digital das inspeções, gestão das não conformidades e governança das informações podem contribuir para a redução de atividades manuais, fortalecimento do controle documental, ampliação da disponibilidade das informações e suporte à tomada de decisão baseada em dados.

3. METODOLOGIA

3.1. ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA DE DIGITALIZAÇÃO DAS INSPEÇÕES

A metodologia proposta foi desenvolvida para responder aos desafios observados na gestão de inspeções de ativos críticos em ambientes operacionais intensivos em ativos, nos quais a disponibilidade, integridade e rastreabilidade das informações representam fatores determinantes para a gestão dos riscos, atendimento aos requisitos regulatórios e suporte à tomada de decisão. A abordagem adotada foi estruturada considerando os princípios da gestão de ativos preconizados pela ISO 55000, segundo os quais a geração de valor depende da capacidade da organização de transformar dados operacionais em informações confiáveis para gestão do desempenho, dos riscos e dos custos associados aos ativos.

A construção da metodologia partiu da premissa de que a simples execução das inspeções não garante, por si só, a efetividade da gestão dos ativos. Em diversos ambientes operacionais, os processos de inspeção permanecem fortemente dependentes de registros manuais, formulários físicos, planilhas eletrônicas e bases de dados descentralizadas, resultando em dificuldades relacionadas à rastreabilidade das informações, consolidação do histórico dos ativos, gestão das não conformidades e demonstração de conformidade perante auditorias e órgãos reguladores. Nessas condições, informações críticas frequentemente permanecem dispersas em diferentes sistemas ou documentos, dificultando sua utilização para suporte à tomada de decisão e comprometendo a preservação do conhecimento operacional ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Com base nesse diagnóstico, foi estruturada uma metodologia composta por cinco pilares integrados: inventário digital dos ativos, identificação rastreável, execução digital das inspeções, gestão das não conformidades e governança integrada dos dados. Diferentemente de abordagens focadas exclusivamente na digitalização dos registros de campo, a metodologia foi concebida para atuar sobre todo o ciclo de gestão das informações geradas durante as inspeções, desde a identificação do ativo até a utilização dos dados para fins de gestão, conformidade e planejamento das intervenções. A relação entre os pilares metodológicos é apresentada na Figura 1.

A estrutura metodológica adotada considera que os dados produzidos durante as inspeções somente geram valor quando podem ser associados de forma clara ao ativo inspecionado, armazenados de maneira estruturada, preservados ao longo do tempo e disponibilizados para consulta e análise. Dessa forma, cada um dos pilares desempenha uma função específica dentro do fluxo informacional estabelecido. O inventário digital constitui a base de referência para identificação dos ativos. A identificação rastreável garante a vinculação evidente entre o ativo físico e seu registro digital. A execução digital das inspeções viabiliza a captura padronizada das informações em campo. A gestão das não conformidades assegura o tratamento estruturado dos desvios identificados. Por fim, a governança integrada dos dados garante a consolidação, rastreabilidade e disponibilidade das informações produzidas ao longo do processo.

Figura 1 - Pilares Integrados da Solução Digital



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

Embora os cinco pilares apresentados na Figura 1 sejam amplamente utilizados de forma isolada em diferentes contextos industriais, a contribuição da metodologia proposta não reside na criação de novos mecanismos de inventário, inspeção ou gestão de não conformidades. Sua principal originalidade está na integração desses elementos em um fluxo único de gestão da informação, no qual os dados produzidos em campo permanecem vinculados aos ativos ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a identificação física até sua utilização para suporte à tomada de decisão. Nesse contexto, elementos como o inventário digital dos ativos e a execução digital das inspeções representam práticas já consolidadas em iniciativas de transformação digital. Por outro lado, a identificação rastreável dos ativos por meio de identificadores únicos e a estruturação de mecanismos de governança capazes de preservar a integridade, rastreabilidade e disponibilidade das informações constituem aspectos centrais da metodologia, permitindo estabelecer a conexão contínua entre os ativos físicos, os registros operacionais, as não conformidades identificadas e os sistemas corporativos de gestão.

Sob a perspectiva operacional, a metodologia foi concebida para transformar um processo tradicionalmente linear em um fluxo contínuo de geração e utilização de informações. Em modelos convencionais, os dados coletados durante as inspeções frequentemente permanecem restritos aos formulários utilizados em campo, exigindo atividades posteriores de transcrição, consolidação e armazenamento. Além de aumentar o tempo necessário para disponibilização das informações, esse modelo amplia a probabilidade de inconsistências, perdas de registros e dificuldades de auditoria. Na metodologia proposta, os dados passam a ser capturados diretamente em meio digital, reduzindo etapas intermediárias e favorecendo a integridade das informações desde sua origem.

Sob uma perspectiva sistêmica, a metodologia pode ser compreendida por meio de uma arquitetura organizada em camadas funcionais complementares. Essa estrutura permite visualizar como as informações são geradas, processadas, consolidadas e transformadas em conhecimento útil para suporte à gestão dos ativos. As camadas inferiores concentram os elementos responsáveis pela identificação dos ativos e captura das informações em campo, enquanto as camadas superiores contemplam os mecanismos de tratamento dos dados, gestão das não conformidades, integração dos sistemas e suporte à tomada de decisão. A Figura 2 apresenta a arquitetura em camadas da metodologia proposta, evidenciando a relação entre os componentes responsáveis pela estruturação do inventário de ativos, execução das inspeções, gestão das não conformidades, integração das informações e utilização dos dados para fins de gestão de ativos e conformidade regulatória.

Figura 2 - Arquitetura Metodológica em Camadas



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

A primeira camada é constituída pelos ativos físicos e seus respectivos registros digitais, formando a base informacional da metodologia. Sobre essa estrutura são executadas as atividades operacionais de inspeção e coleta de evidências, responsáveis pela geração dos dados primários. Em seguida, as informações produzidas são submetidas aos mecanismos de controle e gestão das não conformidades, permitindo o acompanhamento estruturado dos desvios identificados. Nas camadas superiores, os dados consolidados passam a alimentar indicadores, relatórios e integrações com sistemas corporativos, possibilitando sua utilização em processos relacionados à gestão de ativos, gestão de riscos, conformidade regulatória e tomada de decisão.

A arquitetura metodológica foi concebida para operar de forma complementar aos sistemas corporativos já existentes nas organizações, particularmente plataformas ERP (*Enterprise Resource Planning*) e CMMS (*Computerized Maintenance Management Systems*). Enquanto esses sistemas concentram informações relacionadas à gestão corporativa, planejamento da manutenção, ordens de serviço e histórico dos ativos, a metodologia proposta atua na digitalização da etapa de execução das inspeções em campo, promovendo a captura estruturada das evidências técnicas, o registro rastreável das condições observadas e a gestão das não conformidades. Dessa forma, estabelece-se um fluxo bidirecional de informações que permite conectar os dados gerados em campo aos processos corporativos de gestão de ativos, manutenção e conformidade.

Outro aspecto relevante da metodologia consiste na preservação do histórico operacional dos ativos. Em ambientes sujeitos a inspeções periódicas, o histórico das intervenções, inspeções anteriores, registros fotográficos, evidências documentais e não conformidades representa uma importante fonte de informação para avaliação de tendências de degradação, reincidência de falhas e evolução da condição dos equipamentos. Assim, a metodologia foi estruturada para garantir que todas as informações produzidas permaneçam vinculadas ao ativo correspondente, formando uma base histórica capaz de apoiar análises futuras e subsidiar processos de tomada de decisão.

Além disso, considerando requisitos de conformidade regulatória aplicáveis a ambientes industriais e de infraestrutura, buscou-se assegurar a rastreabilidade dos registros, a preservação das evidências técnicas e a disponibilidade das informações necessárias para atendimento a auditorias, inspeções regulatórias e processos internos de verificação.

A partir dessa estrutura metodológica, cada um dos pilares foi detalhado e implementado de forma integrada, permitindo a criação de um ambiente digital capaz de suportar desde a execução das inspeções até a disponibilização das informações para gestão dos ativos. As subseções seguintes apresentam os elementos que compõem cada etapa da metodologia proposta.

3.1.1. INVENTÁRIO DIGITAL DOS ATIVOS

A metodologia proposta foi desenvolvida e aplicada por meio de um estudo de caso em um ambiente operacional intensivo em ativos, visando responder aos desafios observados na gestão de inspeções de ativos críticos, nos quais a disponibilidade, integridade e rastreabilidade das informações representam fatores determinantes para a gestão dos riscos, atendimento aos requisitos regulatórios e suporte à tomada de decisão.

A primeira etapa consistiu na estruturação de um inventário digital dos ativos, concebido como elemento fundamental para garantir a rastreabilidade das informações geradas durante as inspeções. O processo de estruturação contemplou a consolidação das informações técnicas, operacionais e documentais dos ativos em um ambiente único de gestão. Para cada ativo foram associados atributos relacionados à identificação, localização, classificação funcional, criticidade operacional, requisitos de inspeção, documentos vinculados e histórico de intervenções. Além da simples catalogação dos ativos, buscou-se estruturar relações que permitissem representar a realidade operacional das instalações. Para isso, os ativos passaram a ser organizados segundo uma hierarquia funcional, possibilitando sua associação a unidades operacionais, sistemas, subsistemas e equipamentos específicos. Essa estrutura favorece a compreensão das relações existentes entre os diferentes elementos da instalação e amplia a capacidade de análise dos impactos decorrentes de falhas ou não conformidades identificadas durante as inspeções.

Outro aspecto relevante foi a incorporação de critérios de criticidade ao inventário digital. A classificação dos ativos permitiu identificar equipamentos com maior relevância para a continuidade operacional, segurança das pessoas, integridade ambiental e atendimento aos requisitos regulatórios. A metodologia também previu a vinculação de documentos técnicos ao cadastro dos ativos, incluindo manuais, desenhos, certificados, relatórios de inspeção, registros fotográficos e demais evidências relevantes para sua gestão.

Do ponto de vista das inspeções, o inventário digital desempenha papel central na garantia da rastreabilidade dos registros. Todas as informações produzidas em campo passam a ser vinculadas diretamente ao ativo correspondente, formando um histórico único e continuamente atualizado. Sendo assim, inspeções realizadas em diferentes períodos, por diferentes equipes ou em distintas condições operacionais permanecem associadas ao mesmo equipamento, permitindo análises evolutivas sobre sua condição, desempenho e histórico de ocorrências.

A existência de uma base estruturada de ativos também favorece a integração com sistemas corporativos de gestão, como plataformas ERP e CMMS. Dessa forma, informações relacionadas ao planejamento da manutenção, ordens de serviço, intervenções executadas e registros de inspeção podem ser correlacionadas de maneira consistente, ampliando a disponibilidade de informações para suporte à gestão dos ativos.

A estrutura hierárquica apresentada na Figura 3 evidencia que o inventário digital não se limita ao cadastro dos ativos, mas constitui um ambiente integrado de gestão das informações associadas ao seu ciclo de vida. Ao concentrar documentos técnicos, registros de inspeção, evidências de campo, ordens de serviço e não conformidades em uma única estrutura informacional, torna-se possível estabelecer relações consistentes entre os eventos ocorridos ao longo da vida operacional dos equipamentos.

Figura 3 - Estrutura Conceitual do Inventário Digital dos Ativos



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

Entretanto, para que os benefícios do inventário digital sejam efetivamente alcançados, torna-se necessário garantir que o ativo físico possa ser identificado de forma evidente em campo e associado corretamente ao seu respectivo registro digital. Dessa forma, a etapa subsequente da metodologia concentrou-se na implementação de mecanismos de identificação rastreável, permitindo estabelecer uma conexão direta entre os ativos físicos e as informações armazenadas no ambiente digital de gestão.

3.1.2. IDENTIFICAÇÃO RASTREÁVEL DOS ATIVOS

Após a consolidação do inventário digital, a etapa seguinte da metodologia consistiu na implementação de mecanismos de identificação rastreável dos ativos. O objetivo dessa fase foi assegurar que cada equipamento físico pudesse ser associado ao seu respectivo registro digital, estabelecendo uma ligação permanente entre o ativo, suas informações técnicas e todos os registros produzidos ao longo de seu ciclo de vida.

Em ambientes operacionais intensivos em ativos, a ausência de mecanismos adequados de identificação frequentemente representa uma das principais causas de inconsistências nos registros de inspeção e manutenção. Equipamentos semelhantes instalados em diferentes áreas, alterações de localização ao longo do tempo, mudanças de nomenclatura operacional e divergências entre cadastros físicos e digitais podem dificultar a correta associação das informações produzidas em campo. Como consequência, inspeções, intervenções e não conformidades podem ser registradas em ativos incorretos ou permanecer desvinculadas do histórico operacional correspondente, comprometendo a confiabilidade dos dados utilizados para gestão.

Nesse contexto, a metodologia adotou o princípio de identificação única dos ativos, estabelecendo para cada equipamento um identificador permanente capaz de representar sua identidade digital ao longo de todo o ciclo de vida. Esse identificador passou a constituir o elemento de referência para vinculação de inspeções, evidências fotográficas, documentos técnicos, registros de manutenção, não conformidades e demais informações associadas ao ativo a fim de reduzir ambiguidades relacionadas à identificação dos equipamentos em campo e ampliar a consistência dos registros produzidos durante as atividades operacionais. Independentemente do responsável pela execução da inspeção, da localização do ativo ou do período em que a atividade fosse realizada, todas as informações passam a ser automaticamente associadas ao mesmo registro digital, assegurando a preservação do histórico operacional e a continuidade das informações ao longo do tempo.

Outro aspecto relevante foi a possibilidade de acesso contextualizado às informações do ativo diretamente durante as atividades operacionais. A identificação rastreável permite que documentos técnicos, históricos de inspeção, registros fotográficos, evidências anteriores e informações relacionadas a não conformidades estejam disponíveis de forma imediata para consulta pelas equipes de campo. A vinculação entre ativo físico e registro digital também desempenhou papel importante para o atendimento aos requisitos de rastreabilidade exigidos em processos de auditoria, gestão de riscos e conformidade regulatória. Em ambientes sujeitos a requisitos normativos relacionados à integridade operacional, segurança dos processos e gestão de ativos, a capacidade de demonstrar quando uma inspeção foi realizada, por quem foi executada, quais evidências foram registradas e a qual equipamento essas informações estão associadas constitui um elemento fundamental para a governança das informações.

A Figura 4 apresenta o conceito de identificação rastreável adotado na metodologia, evidenciando a conexão estabelecida entre o ativo físico, sua identidade digital e os diferentes tipos de informações associadas ao longo do ciclo de vida operacional.

Figura 4 - Conceito de Identificação Rastreável dos Ativos



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

A partir da implementação dos mecanismos de identificação rastreável, tornou-se possível assegurar que todas as informações produzidas durante as atividades operacionais permanecessem associadas ao ativo correspondente ao longo de todo o seu ciclo de vida.

3.1.3. EXECUÇÃO DIGITAL DAS INSPEÇÕES

Após a implementação do inventário digital e dos mecanismos de identificação rastreável dos ativos, a etapa seguinte da metodologia concentrou-se na digitalização da execução das inspeções em campo. O objetivo dessa fase foi padronizar a coleta das informações operacionais, reduzir a dependência de registros manuais e garantir que os dados produzidos durante as atividades de inspeção fossem incorporados diretamente ao ambiente digital de gestão dos ativos.

Tradicionalmente, os processos de inspeção em ambientes industriais e de infraestrutura são executados por meio de formulários impressos, anotações em campo e registros posteriormente transcritos para sistemas corporativos. Embora amplamente difundido, esse modelo apresenta limitações relacionadas à integridade dos dados, rastreabilidade das informações e disponibilidade dos registros para análise. Além disso, a existência de etapas intermediárias de transcrição aumenta a probabilidade de erros operacionais, perda de informações e inconsistências entre a condição observada em campo e os registros efetivamente armazenados nos sistemas de gestão.

Com o propósito de superar essas limitações, a metodologia foi estruturada para que as inspeções fossem executadas integralmente em ambiente digital, utilizando dispositivos móveis conectados à base central de informações dos ativos. A partir da identificação rastreável do equipamento, os inspetores passaram a acessar automaticamente os formulários aplicáveis, os critérios de avaliação, os registros históricos e os documentos técnicos necessários para execução da atividade. Outro aspecto relevante foi a incorporação de mecanismos de captura estruturada de evidências. Durante a execução das atividades, tornou-se possível registrar fotografias, vídeos, documentos complementares, medições e observações diretamente vinculadas ao ativo inspecionado. Além de enriquecer a qualidade dos registros, essa funcionalidade ampliou significativamente a capacidade de demonstração das condições observadas em campo, favorecendo processos de auditoria, investigação de falhas e acompanhamento das não conformidades identificadas.

Além disso, contempla-se a captura automática de informações contextuais associadas à execução das inspeções. Dados como data, horário, identificação do executor, localização da atividade e status de execução passaram a ser

registrados automaticamente pelo sistema, reduzindo a dependência de preenchimentos manuais e fortalecendo a rastreabilidade dos registros produzidos.

Do ponto de vista operacional, a digitalização das inspeções também possibilitou a execução de atividades em ambientes com diferentes níveis de conectividade. Os registros produzidos em campo permaneceram disponíveis localmente durante a execução das atividades, sendo sincronizados com a base central de dados quando restabelecida a comunicação com a rede corporativa. Essa característica se torna particularmente relevante para operações realizadas em áreas remotas ou instalações distribuídas geograficamente, condição frequentemente observada em setores como saneamento, energia e óleo e gás.

A padronização promovida pela metodologia favoreceu ainda a criação de uma base histórica consistente sobre a condição dos ativos. Como todas as inspeções passaram a seguir critérios uniformes de registro, tornou-se possível comparar resultados obtidos em diferentes períodos, identificar tendências de degradação, monitorar reincidências de falhas e avaliar a evolução da condição operacional dos equipamentos ao longo do tempo.

A Figura 5 apresenta o fluxo metodológico adotado para execução digital das inspeções, evidenciando a integração entre identificação do ativo, coleta das informações, registro das evidências e disponibilização dos dados para gestão. A arquitetura proposta foi concebida para combinar atividades de avaliação técnica realizadas pelos inspetores com mecanismos automatizados de registro, armazenamento e disponibilização das informações. Enquanto a identificação do ativo, a execução da inspeção e a captura das evidências permanecem dependentes do julgamento técnico humano, as etapas de recuperação do histórico, registro contextual das informações, sincronização dos dados, consolidação da base histórica e geração de informações gerenciais são executadas de forma automatizada pelo sistema. Essa divisão permite reduzir atividades administrativas e de transcrição manual, preservando simultaneamente a autonomia técnica dos inspetores durante a avaliação da condição dos ativos.

Figura 5 - Fluxo de Execução Digital das Inspeções



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

Um ponto relevante é que um dos principais desafios observados em processos convencionais de inspeção está relacionado à variabilidade na forma de execução das atividades. Mesmo quando existem procedimentos estabelecidos, diferenças de interpretação entre inspetores podem resultar em registros inconsistentes, comprometendo a comparabilidade dos dados ao longo do tempo. Para minimizar esse efeito, a metodologia incorporou mecanismos de padronização dos formulários de inspeção, permitindo que ativos pertencentes à mesma classe fossem avaliados segundo critérios previamente definidos.

Os formulários digitais foram estruturados de forma parametrizável, possibilitando a adaptação dos critérios de inspeção às características específicas de cada tipo de ativo, ambiente operacional ou requisito regulatório aplicável. Dessa forma, equipamentos sujeitos a inspeções de integridade mecânica, sistemas elétricos, dispositivos de segurança, equipamentos rotativos ou ativos associados a processos críticos puderam ser avaliados mediante procedimentos específicos, preservando a uniformidade dos registros produzidos.

A metodologia também foi concebida para ampliar a qualidade das evidências produzidas durante as inspeções. Na abordagem proposta, todas as evidências geradas durante a execução das atividades passaram a ser vinculadas diretamente ao ativo inspecionado e ao respectivo registro da inspeção. Fotografias, vídeos, documentos complementares, certificados e observações técnicas passaram a compor um único conjunto informacional, preservando o contexto operacional em que foram produzidos. Essa característica mostrou-se particularmente relevante para atividades sujeitas a auditorias, inspeções regulatórias e processos de investigação de falhas, nos quais a disponibilidade das evidências históricas constitui um requisito fundamental para demonstração da conformidade das atividades executadas.

Outro aspecto considerado na estruturação da metodologia foi a necessidade de atendimento aos requisitos normativos aplicáveis à gestão de ativos críticos. Em diversos segmentos industriais e de infraestrutura, as inspeções constituem parte fundamental dos mecanismos de controle exigidos por normas técnicas, requisitos corporativos e regulamentações governamentais. No contexto brasileiro, requisitos estabelecidos por normas como a NR-13 demandam a manutenção de registros rastreáveis relacionados às inspeções, testes, intervenções e condições operacionais de equipamentos classificados como vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento. De forma complementar, a NR-10 estabelece requisitos para garantir a segurança em instalações e serviços em eletricidade, exigindo documentação atualizada, registros de inspeção, evidências de conformidade e controle das intervenções realizadas em sistemas elétricos. Adicionalmente, a atualização da NR-01 reforçou a necessidade de mecanismos estruturados para identificação, avaliação e monitoramento dos riscos ocupacionais por meio do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO). A metodologia proposta contribui para esse cenário ao garantir a rastreabilidade dos registros, a preservação das evidências técnicas e a disponibilidade das informações necessárias para demonstração de conformidade perante auditorias internas, auditorias externas e órgãos reguladores. Embora não substitua os requisitos específicos estabelecidos por cada norma, a digitalização das inspeções amplia significativamente a capacidade das organizações de gerenciar e demonstrar o atendimento às exigências aplicáveis.

Além disso, considerando a realidade de operações distribuídas geograficamente, a metodologia foi concebida para permitir a execução das atividades mesmo em ambientes com limitações de conectividade. Durante a realização das inspeções, os formulários, documentos de referência e registros dos ativos permanecem disponíveis localmente nos dispositivos utilizados pelas equipes de campo. As informações produzidas durante a execução das atividades são armazenadas temporariamente e sincronizadas automaticamente com a base central quando a conectividade é restabelecida. Essa funcionalidade reduz a dependência da infraestrutura de comunicação e assegura a continuidade operacional das inspeções em áreas remotas, estações elevatórias, reservatórios, unidades de tratamento ou demais instalações localizadas fora dos grandes centros urbanos. Para que os dados produzidos durante as inspeções possam efetivamente gerar valor para a organização, torna-se necessário integrá-los aos processos corporativos relacionados à gestão dos ativos. As informações provenientes das inspeções podem ser correlacionadas com históricos de manutenção, planos de intervenção, ordens de serviço, cadastros corporativos e demais registros armazenados em plataformas CMMS e ERP.

3.1.4. GESTÃO DAS NÃO CONFORMIDADES

A identificação de não conformidades constitui um dos principais resultados esperados dos processos de inspeção, uma vez que permite detectar condições capazes de comprometer o desempenho, a integridade, a segurança ou a conformidade dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. Entretanto, em modelos convencionais de gestão, os desvios identificados durante as inspeções frequentemente permanecem registrados de forma isolada em relatórios, planilhas

ou formulários físicos, dificultando seu acompanhamento e aumentando o risco de recorrência dos problemas observados.

Com o objetivo de superar essas limitações, a metodologia incorporou um processo estruturado para registro, classificação, tratamento e acompanhamento das não conformidades identificadas durante as atividades de inspeção. A abordagem adotada foi concebida para assegurar que cada desvio identificado fosse formalmente registrado, vinculado ao ativo correspondente e acompanhado até sua efetiva resolução. Diferentemente dos modelos tradicionais, nos quais a identificação de uma não conformidade frequentemente encerra o processo de inspeção, a metodologia estabelece um fluxo contínuo de gestão dos desvios, permitindo acompanhar sua evolução ao longo do tempo e avaliar a efetividade das ações corretivas implementadas. Dessa forma, as inspeções deixam de representar apenas um mecanismo de diagnóstico e passam a atuar como elemento ativo da gestão dos riscos operacionais.

O processo inicia-se durante a própria execução da inspeção, quando o inspetor identifica uma condição divergente dos critérios previamente estabelecidos. Nesse momento, o desvio é registrado diretamente no ambiente digital, juntamente com as evidências técnicas associadas, incluindo registros fotográficos, documentos complementares, medições realizadas em campo e observações técnicas relevantes para caracterização da ocorrência. Após seu registro, cada não conformidade passa por uma etapa de classificação, permitindo sua categorização de acordo com critérios previamente definidos pela organização. Dependendo da natureza da aplicação, podem ser considerados aspectos relacionados à criticidade do ativo, impacto operacional, risco à segurança, impacto ambiental, potencial de falha ou requisitos regulatórios aplicáveis.

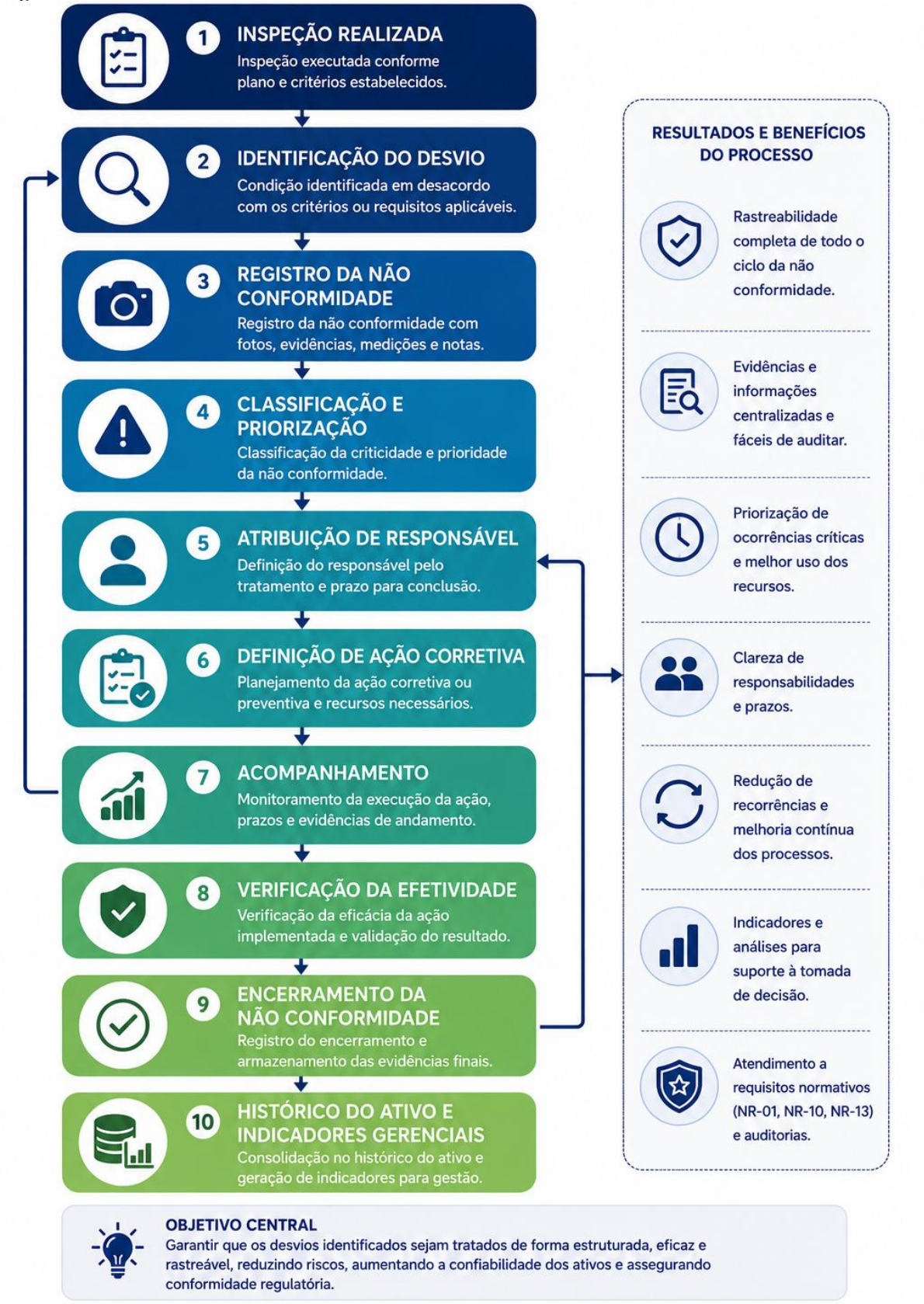
Além da classificação inicial, a metodologia prevê a atribuição formal de responsáveis, prazos de tratamento e status de acompanhamento para cada não conformidade registrada. Essa abordagem assegura que os desvios identificados não permaneçam restritos ao relatório de inspeção, passando a integrar efetivamente os processos de gestão da organização. Como consequência, torna-se possível monitorar a evolução das ações corretivas, identificar atrasos na implementação das medidas propostas e avaliar o desempenho dos processos de tratamento dos desvios.

Outro aspecto relevante consiste na manutenção da rastreabilidade completa do ciclo de tratamento das não conformidades. Todas as atualizações realizadas permanecem registradas no histórico do ativo, incluindo data de identificação, evidências associadas, responsáveis envolvidos, ações executadas e critérios utilizados para encerramento da ocorrência. Essa característica contribui significativamente para auditorias, processos de conformidade regulatória e análises posteriores relacionadas à reincidência de falhas ou avaliação da efetividade das ações implementadas.

A consolidação estruturada das não conformidades também possibilita a geração de indicadores e relatórios gerenciais capazes de apoiar a tomada de decisão. A análise dos desvios registrados permite identificar padrões recorrentes de falhas, ativos com maior incidência de problemas, áreas operacionais mais críticas e tendências de degradação dos equipamentos. Essas informações podem ser utilizadas para revisão dos planos de manutenção, atualização das estratégias de inspeção, definição de investimentos e aprimoramento dos processos de gestão de riscos. Nesse contexto, favorece o atendimento aos requisitos relacionados à rastreabilidade e demonstração de conformidade exigidos por normas, auditorias e órgãos reguladores.

A Figura 6 apresenta o fluxo metodológico adotado para gestão das não conformidades, evidenciando as etapas de identificação, classificação, tratamento, acompanhamento e encerramento dos desvios registrados.

Figura 6 - Fluxo de Gestão de Não Conformidades



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

A estrutura apresentada na Figura 6 evidencia que a gestão das não conformidades não foi concebida como uma atividade isolada, mas como um processo integrado à gestão dos ativos. Ao estabelecer mecanismos formais para registro, tratamento e acompanhamento dos desvios, a metodologia assegura que as informações geradas durante as inspeções sejam efetivamente utilizadas para redução dos riscos operacionais, melhoria da confiabilidade dos ativos e fortalecimento da conformidade regulatória. Essa integração cria as condições necessárias para a etapa subsequente da metodologia, dedicada à consolidação, governança e utilização estratégica dos dados produzidos ao longo do processo de inspeção.

3.1.5. GOVERNANÇA INTEGRADA DOS DADOS

A etapa final da metodologia foi dedicada à estruturação da governança das informações produzidas ao longo do processo de inspeção. Embora a digitalização das atividades de campo represente um avanço significativo em relação aos modelos tradicionais baseados em registros físicos, a geração de valor para a gestão dos ativos depende da capacidade da organização de transformar os dados coletados em informações estruturadas, acessíveis e confiáveis para suporte à tomada de decisão.

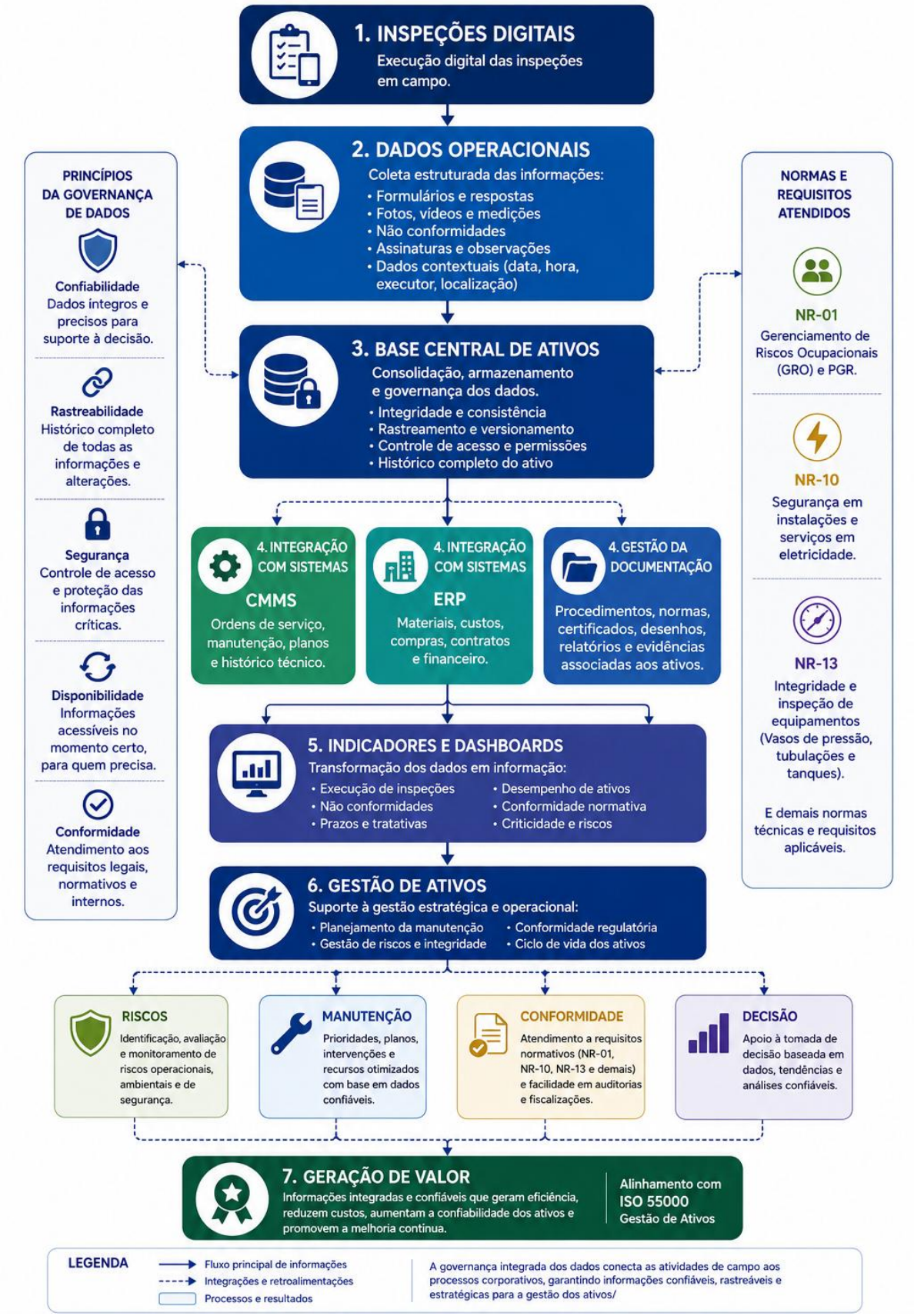
Os dados provenientes das inspeções constituem apenas a matéria-prima do processo decisório. Para que possam efetivamente apoiar a gestão do desempenho, dos riscos, dos custos e da conformidade regulatória, torna-se necessário estabelecer mecanismos capazes de garantir a integridade, consistência, rastreabilidade e disponibilidade das informações ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos. Nesse contexto, a governança das informações foi estruturada considerando a necessidade de preservação do histórico completo dos ativos. Dessa forma, todas as informações produzidas durante as inspeções permaneceram vinculadas ao respectivo equipamento, incluindo registros fotográficos, medições realizadas, documentos associados, ocorrências identificadas, ações corretivas executadas e evidências de encerramento das não conformidades.

Além da centralização dos registros, a metodologia contemplou mecanismos de controle de acesso, versionamento das informações e rastreabilidade das alterações realizadas nos dados. Cada registro passou a possuir histórico de criação, atualização e utilização, permitindo identificar responsáveis, datas de execução e alterações realizadas ao longo do tempo. Essa característica mostrou-se particularmente relevante para ambientes sujeitos a auditorias internas, auditorias externas e requisitos regulatórios relacionados à demonstração de conformidade.

Outro aspecto relevante refere-se à integração das informações produzidas durante as inspeções com sistemas corporativos utilizados pelas organizações. Em muitos ambientes operacionais, os dados relacionados aos ativos encontram-se distribuídos entre plataformas de gestão empresarial (ERP), sistemas de gestão da manutenção computadorizada (CMMS), bancos de dados operacionais e controles específicos de engenharia. A ausência de integração entre essas fontes frequentemente resulta em redundância de informações, inconsistências cadastrais e dificuldades para obtenção de indicadores confiáveis. Para mitigar esse cenário, a estrutura permite a interoperabilidade entre os dados gerados durante as inspeções e os sistemas corporativos utilizados pela organização. Dessa forma, informações relacionadas à condição dos ativos, histórico de intervenções, registros de não conformidades e indicadores de desempenho puderam ser compartilhadas com outros processos organizacionais, ampliando a utilização dos dados para planejamento da manutenção, gestão de riscos, gestão financeira e suporte à tomada de decisão.

A Figura 7 apresenta a estrutura de governança integrada dos dados estabelecida pela metodologia, evidenciando a forma como as informações produzidas ao longo das inspeções são consolidadas, integradas aos sistemas corporativos e transformadas em conhecimento para suporte à gestão dos ativos.

Figura 7 - Estrutura de Governança Integrada dos Dados



Fonte: Elaboração própria do autor, 2026.

A governança integrada dos dados constitui o elemento responsável por conectar as atividades de inspeção aos processos corporativos de gestão dos ativos. Ao assegurar a rastreabilidade das informações, a preservação do histórico operacional, a integração com sistemas corporativos e a disponibilização de indicadores gerenciais, a metodologia transforma dados operacionais em informações estratégicas para suporte à tomada de decisão. Dessa forma, estabelece-se uma base estruturada capaz de fortalecer a gestão dos ativos, ampliar a conformidade regulatória e promover maior eficiência na utilização dos recursos organizacionais.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO COM ATIVOS INSTALADOS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

A indústria de óleo e gás opera sob elevados requisitos de segurança operacional, integridade de ativos e conformidade regulatória, particularmente em Unidades Estacionárias de Produção (UEP), onde falhas em equipamentos críticos podem resultar em impactos significativos para a segurança das pessoas, para o meio ambiente e para a continuidade operacional. Esse contexto torna-se ainda mais desafiador em áreas classificadas (denominadas áreas *EX*), caracterizadas pela possibilidade de formação de atmosferas explosivas, nas quais os ativos elétricos e de instrumentação devem atender a requisitos específicos de inspeção, manutenção e rastreabilidade estabelecidos por normas internacionais, como a IEC 60079-17.

A metodologia proposta foi aplicada em uma Unidade Estacionária de Produção (UEP) do setor de óleo e gás caracterizada pela presença de mais de 11.000 ativos instalados em áreas classificadas, incluindo equipamentos elétricos, instrumentos, luminárias, painéis, caixas de junção e demais dispositivos sujeitos a requisitos específicos de inspeção e manutenção em atmosferas potencialmente explosivas. Nesse ambiente operacional, a integridade dos ativos, a rastreabilidade das informações e a conformidade com requisitos normativos constituem fatores críticos para a segurança operacional e para a continuidade da produção.

Historicamente, a gestão das inspeções e da manutenção desses ativos apresentava desafios relevantes decorrentes da utilização de processos predominantemente manuais, nos quais as informações coletadas em campo eram registradas em formulários físicos e posteriormente transcritas para os sistemas corporativos da organização. Embora o ERP corporativo fosse utilizado para gestão dos ativos e armazenamento dos registros de manutenção, a execução das inspeções permanecia dependente de formulários físicos e processos paralelos de coleta de dados, exigindo posterior consolidação e lançamento manual das informações no ambiente corporativo. Como consequência, o processo demandava atividades adicionais de validação, transcrição e atualização dos registros, aumentando significativamente o esforço administrativo associado às rotinas de inspeção e manutenção. Esse modelo resultava em atrasos na disponibilização das informações, duplicidade de atividades, fragmentação dos registros e dificuldades para garantir a rastreabilidade completa entre o ativo físico, a inspeção realizada, as evidências coletadas em campo e os registros armazenados nos sistemas corporativos. Além disso, a existência de múltiplas fontes de informação dificultava a consolidação do histórico dos ativos e reduzia a capacidade de utilização dos dados para suporte à tomada de decisão.

Os desafios observados tornavam-se ainda mais relevantes em função dos requisitos normativos aplicáveis aos equipamentos instalados em áreas classificadas. A IEC 60079-17 estabelece critérios específicos para inspeção e manutenção de instalações elétricas em atmosferas explosivas, exigindo registros consistentes das inspeções realizadas, manutenção do histórico das intervenções executadas, padronização dos critérios de avaliação e disponibilidade das evidências técnicas necessárias para demonstração da conformidade dos ativos ao longo de seu ciclo de vida operacional. Em ambientes caracterizados por grande volume de equipamentos distribuídos em diferentes áreas da unidade, a dependência de processos predominantemente manuais aumentava a complexidade da gestão documental e da rastreabilidade requerida para atendimento a auditorias e verificações de conformidade.

Diante desse contexto, identificou-se a necessidade de estruturar uma abordagem capaz de promover a transformação digital dos processos de inspeção, ampliando a disponibilidade das informações, fortalecendo a rastreabilidade dos registros e reduzindo as atividades manuais associadas à gestão dos dados. Para atender a esses objetivos, a aplicação da metodologia foi direcionada à digitalização dos checklists técnicos utilizados nas inspeções, à implementação de mecanismos de mobilidade para coleta padronizada das informações diretamente em campo e à integração dos registros produzidos durante as inspeções aos sistemas corporativos responsáveis pela gestão dos ativos.

A metodologia apresentada neste trabalho foi aplicada com o objetivo de estruturar um processo integrado de gestão das inspeções, fundamentado na digitalização dos registros, na identificação rastreável dos ativos, na gestão estruturada das não conformidades e na consolidação das informações em ambiente digital integrado aos sistemas

corporativos da organização. A implementação contemplou inicialmente a consolidação do inventário digital dos ativos, permitindo a criação de uma base única de referência para as atividades de inspeção, manutenção e conformidade. Em seguida, foram estabelecidos mecanismos de identificação rastreável dos equipamentos, possibilitando a associação inequívoca entre os ativos físicos e seus respectivos registros digitais.

A execução das inspeções passou a ser realizada por meio de formulários digitais estruturados em conformidade com os requisitos técnicos e normativos aplicáveis aos equipamentos inspecionados. A utilização de dispositivos móveis permitiu a coleta padronizada das informações diretamente em campo, incluindo registros fotográficos, observações técnicas, classificação de desvios e demais evidências necessárias para caracterização da condição dos ativos. Dessa forma, foram eliminadas etapas intermediárias de transcrição e consolidação manual dos dados, reduzindo a probabilidade de inconsistências e aumentando a integridade das informações registradas.

Paralelamente, foi implementado um processo estruturado para gestão das não conformidades identificadas durante as inspeções. Os desvios passaram a ser registrados de forma padronizada e vinculados diretamente aos ativos correspondentes, possibilitando acompanhamento sistemático das ações corretivas, rastreamento do histórico de ocorrências e monitoramento da evolução das condições operacionais dos equipamentos. As informações produzidas passaram ainda a ser sincronizadas com os sistemas corporativos utilizados pela organização, assegurando consistência entre os registros de campo e as bases de dados utilizadas para gestão dos ativos, planejamento das intervenções e demonstração da conformidade regulatória.

A aplicação da metodologia permitiu estabelecer uma camada operacional digital integrada aos sistemas corporativos da organização, conectando a execução das inspeções em campo aos processos de gestão dos ativos e conformidade regulatória. Dessa forma, tornou-se possível garantir a rastreabilidade das informações desde a coleta dos dados em campo até sua utilização para suporte à tomada de decisão, auditorias e gestão da integridade dos ativos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação da metodologia em ambiente de produção *offshore* permitiu avaliar os impactos da digitalização da gestão de inspeções sob diferentes perspectivas, incluindo desempenho operacional, conformidade regulatória, rastreabilidade das informações e eficiência na gestão dos ativos. Os resultados observados demonstram que a integração entre inventário digital, identificação rastreável, execução digital das inspeções, gestão estruturada das não conformidades e governança dos dados contribuíram significativamente para a transformação dos processos anteriormente baseados em registros manuais e controles descentralizados.

Um dos principais resultados observados foi o fortalecimento da rastreabilidade das informações associadas aos ativos instalados em áreas classificadas. A digitalização dos processos permitiu estabelecer a vinculação direta entre os equipamentos inspecionados, os registros produzidos em campo, as evidências fotográficas coletadas e os históricos armazenados nos sistemas corporativos. Como resultado, tornou-se possível consolidar a gestão de mais de 11.000 ativos sujeitos a requisitos específicos de inspeção e manutenção, garantindo maior consistência das informações e preservação do histórico operacional ao longo do ciclo de vida dos equipamentos.

Sob a perspectiva da conformidade regulatória, a metodologia demonstrou elevada aderência aos requisitos de rastreabilidade, controle documental e gestão das evidências técnicas exigidos para ativos instalados em áreas classificadas. A estruturação digital dos processos permitiu a padronização dos procedimentos de inspeção, a manutenção do histórico completo das intervenções realizadas e a rápida recuperação das informações necessárias para auditorias e processos de verificação. Como consequência, foi alcançado índice de 100% de conformidade nos processos auditados, eliminando ocorrências relacionadas à indisponibilidade de registros ou inconsistências documentais. Adicionalmente, não foram registradas penalidades regulatórias associadas aos ativos contemplados pela metodologia durante o período analisado, representando um fator relevante para a gestão dos riscos operacionais e regulatórios.

Outro aspecto relevante refere-se à gestão das não conformidades. A metodologia permitiu que os desvios identificados durante as inspeções passassem a ser registrados, classificados e acompanhados de forma estruturada, permanecendo vinculados aos respectivos ativos ao longo de todo o processo de tratamento. Essa abordagem favoreceu o acompanhamento sistemático das ações corretivas e ampliou a capacidade da organização de identificar tendências, recorrências e oportunidades de melhoria. Como consequência, observou-se redução significativa das ocorrências operacionais associadas aos ativos monitorados, evidenciando o potencial da metodologia para apoiar estratégias de manutenção baseadas em risco e gestão da integridade dos equipamentos.

A disponibilização estruturada das informações também produziu impactos significativos na eficiência dos processos de auditoria. Antes da implementação da metodologia, a preparação de dossiês técnicos demandava atividades extensivas de busca, consolidação e validação de documentos provenientes de diferentes fontes. Com a digitalização dos registros e a centralização das evidências técnicas, observou-se redução aproximada de 80% no tempo necessário para preparação da documentação requerida em auditorias e inspeções regulatórias. A geração automatizada de relatórios e a disponibilidade imediata dos históricos dos ativos contribuíram para aumentar a confiabilidade das informações e reduzir o esforço administrativo associado aos processos de conformidade.

Os ganhos operacionais também foram expressivos. A eliminação das etapas de transcrição manual dos registros de campo reduziu significativamente o tempo dedicado às atividades administrativas associadas às inspeções, permitindo maior direcionamento dos recursos para atividades de análise e tomada de decisão. A captura digital das informações diretamente em campo reduziu a ocorrência de inconsistências nos registros e ampliou a disponibilidade dos dados para utilização pelos diferentes níveis da organização. Como resultado, verificou-se redução significativa das horas empregadas nos processos de inspeção, associada principalmente à eliminação de retrabalhos, à automatização do fluxo de informações e à integração dos registros com os sistemas corporativos utilizados para gestão dos ativos.

Adicionalmente, a solução permitiu o monitoramento estruturado de mais de 1.800 equipamentos classificados como críticos, fortalecendo a gestão da integridade dos ativos. Sob a perspectiva econômica, a mitigação dos riscos associados a não conformidades esteve relacionada à prevenção de aproximadamente R$ 4,5 milhões em potenciais penalidades ao longo de 12 meses. Os resultados observados também estiveram associados a um aumento estimado de 44,5% no retorno sobre o investimento (ROI), evidenciando os benefícios da digitalização para a eficiência operacional e para a gestão dos ativos.

A aplicabilidade da metodologia em diferentes contextos operacionais constitui um aspecto relevante para avaliação de sua robustez e potencial de replicação. Nesse sentido, os resultados obtidos no ambiente *offshore* têm subsidiado a implementação da abordagem em outros setores intensivos em ativos, incluindo operações de saneamento caracterizadas pela dispersão geográfica dos ativos, elevado volume de atividades de manutenção e necessidade de rastreabilidade das informações operacionais. Embora essa aplicação ainda se encontre em fase de consolidação piloto, as etapas já executadas evidenciam a aderência da metodologia às necessidades do setor, especialmente no que se refere à digitalização das inspeções, padronização dos processos, rastreabilidade dos registros e integração das informações aos sistemas corporativos de gestão de ativos.

As avaliações iniciais realizadas nesse ambiente indicaram desafios relacionados à dispersão das informações entre formulários físicos, planilhas eletrônicas, mensagens eletrônicas e registros descentralizados mantidos pelas equipes operacionais. Essa condição dificultava a consolidação do histórico dos ativos, o acompanhamento das atividades executadas e a disponibilidade de informações confiáveis para suporte à tomada de decisão, cenário semelhante ao identificado anteriormente no ambiente offshore antes da implementação da metodologia. A aplicação da abordagem contemplou a estruturação digital do cadastro dos ativos, a implementação de mecanismos de identificação rastreável, a digitalização dos procedimentos de inspeção e manutenção e a centralização das informações em um ambiente único de gestão. As atividades passaram a ser executadas por meio de dispositivos móveis, permitindo que registros fotográficos, evidências técnicas, localização das atividades, data, horário e identificação dos executores fossem incorporados diretamente ao histórico digital dos ativos.

Outro aspecto relevante observado durante a implementação foi a padronização dos procedimentos de inspeção. A utilização de formulários digitais configuráveis permitiu uniformizar os critérios de avaliação utilizados pelas diferentes equipes de campo, contribuindo para maior consistência dos registros gerados e ampliando a confiabilidade das informações utilizadas para acompanhamento das condições dos ativos e gestão das não conformidades identificadas. A metodologia também possibilitou a integração entre a execução das atividades de campo e os processos de gestão da manutenção, permitindo que ordens de serviço fossem planejadas, distribuídas, executadas e encerradas dentro de um fluxo digital integrado. Essa característica favoreceu a rastreabilidade das atividades executadas e a preservação do histórico operacional dos ativos, aspectos particularmente relevantes em organizações responsáveis pela operação de infraestruturas críticas.

Embora a aplicação no setor de saneamento ainda se encontre em fase piloto, as evidências observadas até o momento reforçam a aderência da metodologia aos desafios típicos da gestão de ativos nesse setor. Dessa forma, os resultados reforçam que os princípios estruturantes da metodologia apresentam potencial de aplicação em diferentes

contextos operacionais nos quais a disponibilidade, integridade e rastreabilidade das informações constituem fatores críticos para a gestão dos ativos.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a digitalização estruturada dos processos de inspeção pode representar um importante elemento de suporte à gestão de ativos em ambientes operacionais intensivos em infraestrutura. A metodologia proposta permitiu integrar atividades de campo, gestão das informações e processos corporativos em um fluxo digital único, ampliando a rastreabilidade dos registros e fortalecendo a governança dos dados relacionados aos ativos.

A digitalização dos processos de inspeção tem assumido papel cada vez mais relevante no contexto da gestão de ativos, especialmente em organizações intensivas em infraestrutura que dependem da disponibilidade de informações confiáveis para suporte à tomada de decisão, gestão de riscos e atendimento aos requisitos regulatórios. Nesse contexto, este trabalho apresentou uma metodologia estruturada para digitalização da gestão de inspeções, fundamentada na integração entre inventário digital dos ativos, identificação rastreável, execução digital das inspeções, gestão das não conformidades e governança integrada das informações.

A aplicação da metodologia em uma Unidade Estacionária de Produção do setor de óleo e gás demonstrou sua capacidade de promover a transformação dos processos tradicionais de inspeção em um fluxo digital integrado, ampliando a rastreabilidade dos registros, fortalecendo a gestão das evidências técnicas e reduzindo a fragmentação das informações. Os resultados obtidos evidenciaram ganhos relacionados à conformidade regulatória, eficiência operacional, disponibilidade das informações e capacidade de suporte à gestão dos ativos.

Além dos benefícios operacionais observados, a metodologia contribuiu para o fortalecimento da governança dos dados e para a consolidação de uma base estruturada de conhecimento sobre os ativos, favorecendo análises históricas, planejamento de intervenções e gestão dos riscos ao longo do ciclo de vida dos equipamentos. Os resultados reforçam a importância da integração entre processos, tecnologia e gestão da informação como elementos fundamentais para geração de valor em iniciativas de transformação digital aplicadas à gestão de ativos.

Por fim, as evidências apresentadas indicam que os princípios estruturantes da metodologia possuem potencial de aplicação em diferentes contextos operacionais caracterizados por elevados requisitos de rastreabilidade, conformidade e gestão da integridade dos ativos. Como oportunidades para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da aplicação da metodologia em outros setores intensivos em ativos e a avaliação quantitativa de seus impactos sobre indicadores de desempenho operacional, gestão de riscos e sustentabilidade dos ativos ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANTES, R. C.; PEREIRA, M. M. O.; CASTRO, C. C.; MINEIRO, A. A. C.; OLIVEIRA, J. A. *A transformação digital e o conhecimento organizacional: uma revisão sistemática da literatura.* Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão, Fortaleza, v. 19, n. 21, p. 316-329, 2021.

2. CALDERA, S.; MOSTAFA, S.; DESHA, C.; MOHAMED, S. *Exploring the Role of Digital Infrastructure Asset Management Tools for Resilient Linear Infrastructure Outcomes in Cities and Towns: A Systematic Literature Review*. Sustainability, v. 13, n. 21, 11965, 2021.

3. CHANG, J. Y.; GARCIA, J. M.; XIE, X.; MORETTI, N.; PARLIKAD, A. *Information Quality for Effective Asset Management: A Literature Review*. IFAC-PapersOnLine, v. 55, n. 19, p. 235-240, 2022.

4. DANIEL, I.; AJAMI, N. K.; CASTELLETTI, A.; SAVIC, D.; STEWART, R. A.; COMINOLA, A. *A survey of water utilities' digital transformation: drivers, impacts, and enabling technologies.* NPJ Clean Water, v. 6, n. 51, 2023.

5. HASTINGS, N. A. J. *Physical Asset Management: With an Introduction to ISO 55000*. 3. ed. Cham: Springer, 2021.

6. INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT (IAM). *Asset Management – An Anatomy*. Version 4. Bristol: IAM, 2021.

7. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 55000: *Asset management – Overview, principles and terminology*. Geneva: ISO, 2024.

8. MONK, E. F.; WAGNER, B. J. *Concepts in Enterprise Resource Planning*. 5. ed. Boston: Cengage Learning, 2020.

9. OLIVEIRA, C. R. C.; JORGE, E. M.; ABDALLA, P. J.; VASCONCELLOS JR., J. F.; OLIVEIRA, L. F. S. *Metodologia para aplicação combinada de manutenção centrada na confiabilidade e na condição (RCM+CBM).* Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, v. 14, n. 1, p. 94-107, 2020

10. UGARELLI, R.; SÆGROV, S. *Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building*. Water, v. 14, n. 8, 1236, 2022.