



INTELIGÊNCIA PORTUÁRIA: COMO A INTERNET DAS COISAS PODE OTIMIZAR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PORTOS

SMART PORTS: HOW THE INTERNET OF THINGS OPTIMIZES PORT OPERATIONAL EFFICIENCY

INTELIGENCIA PORTUARIA: CÓMO EL INTERNET DE LAS COSAS PUEDE OPTIMIZAR LA EFICIENCIA OPERATIVA DE LOS PUERTOS

Daniel Henrique Godoy Michel – Fatec Praia Grande

Bárbara Soares da Silva – Fatec Praia Grande

RESUMO:

O presente trabalho abordou a modernização do setor portuário a partir do avanço das tecnologias digitais, com ênfase no papel dos portos inteligentes e da Internet das Coisas na otimização das operações logísticas. Nessa perspectiva, o objetivo geral deste trabalho foi analisar como a Internet das Coisas contribuiu para a otimização da eficiência operacional portuária no contexto dos portos inteligentes, considerando seus impactos no monitoramento, na automação e na tomada de decisões logísticas. A metodologia foi desenvolvida com base em uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica, realizada a partir de artigos científicos em língua portuguesa, publicados nos últimos dez anos e disponíveis integralmente em bases de dados abertas e gratuitas, como SciELO e Google Scholar. Os resultados evidenciaram que a Internet das Coisas favoreceu maior visibilidade das operações, automação de processos, rastreamento de cargas, manutenção preditiva, integração de dados e melhoria da segurança operacional, contribuindo para a redução de custos e para o uso mais eficiente da infraestrutura portuária. Também se verificou que a implementação dessa tecnologia dependeu de investimentos em infraestrutura digital, interoperabilidade entre sistemas, proteção de dados e capacitação profissional. Concluiu-se que a Internet das Coisas representou um recurso estratégico para o fortalecimento dos portos inteligentes, tornando as operações portuárias mais integradas, eficientes e competitivas.

Palavras-chave: Portos inteligentes. Internet das Coisas. Eficiência operacional portuária.

ABSTRACT:

The present work addressed the modernization of the port sector through advances in digital technologies, with an emphasis on the role of smart ports and the Internet of Things in optimizing logistics operations. From this perspective, the general objective of this work was to analyze how the Internet of Things contributed to optimizing port operational efficiency in the context of smart ports, with a focus on its impacts on monitoring, automation, and logistics decision-making. The methodology was developed using a qualitative, descriptive, and exploratory approach through bibliographic research based on scientific articles in Portuguese published in the last ten years, fully available in open, free databases such as SciELO and Google Scholar. The results showed that the Internet of Things favored greater operational visibility, process automation, cargo tracking, predictive maintenance, data integration, and improved operational safety, contributing to cost reduction and more efficient use of port infrastructure. The implementation of this technology also depended on investments in digital infrastructure, interoperability between systems, data protection, and professional training. The conclusion was that the Internet of Things is a strategic resource for strengthening smart ports, making port operations more integrated, efficient, and competitive.

Keywords: Smart ports. Internet of Things. Port. Operational efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor portuário passou por transformações perceptíveis em razão do avanço das tecnologias digitais e da crescente necessidade de elevar os níveis de eficiência, segurança e integração das operações logísticas. Nesse cenário, os portos deixaram de ser compreendidos apenas como estruturas físicas voltadas à movimentação de cargas e passaram a ser analisados como ambientes estratégicos para a circulação de mercadorias, informações e serviços. A ampliação do comércio internacional, a pressão pela redução de custos operacionais e a exigência de maior agilidade nos fluxos logísticos impulsionaram a busca por soluções tecnológicas capazes de responder aos desafios contemporâneos da atividade portuária. Foi nesse contexto que o conceito de portos inteligentes ganhou destaque, associado à adoção de ferramentas digitais voltadas ao monitoramento em tempo real, à automação de processos e à melhoria da tomada de decisão.

Entre essas inovações, a Internet das Coisas destacou-se como uma das tecnologias mais promissoras para a modernização do ambiente portuário. A partir da conexão entre sensores, dispositivos, máquinas e sistemas informatizados, a IoT permitiu a coleta, o processamento e o compartilhamento contínuos de dados, favorecendo maior visibilidade das operações e contribuindo para uma coordenação mais eficiente das atividades logísticas. No ambiente portuário, essa tecnologia passou a ser aplicada em diferentes frentes, como o rastreamento de cargas, o monitoramento de equipamentos, o controle do fluxo de veículos, a gestão de pátios, a supervisão das condições ambientais e a manutenção preditiva de ativos. Dessa forma, a conectividade entre objetos e sistemas foi entendida como um elemento central para elevar a produtividade, reduzir falhas operacionais e ampliar a capacidade de resposta dos portos diante das demandas do mercado global.

A discussão sobre portos inteligentes também se relacionou ao movimento mais amplo de transformação digital observado nas cadeias logísticas e nos sistemas produtivos. A incorporação de tecnologias como Internet das Coisas, big data, inteligência artificial e automação passou a redefinir práticas gerenciais e operacionais em diferentes setores econômicos, especialmente naqueles mercados por alta complexidade e por dependência de infraestrutura, como é o caso da logística portuária. Nesse sentido, a IoT foi reconhecida não apenas como uma inovação técnica, mas também como um recurso estratégico para integrar informações, aperfeiçoar processos e fortalecer a competitividade organizacional. Estudos sobre logística e gestão operacional indicaram que a conectividade entre dispositivos favoreceu maior precisão no acompanhamento das atividades, o que apoiou decisões mais rápidas e fundamentadas (Lopes; Moori, 2021).



Apesar das vantagens associadas à adoção da Internet das Coisas, sua implementação no setor portuário não ocorreu automaticamente e tampouco foi isenta de dificuldades. A modernização tecnológica requereu investimentos em infraestrutura digital, integração entre sistemas, qualificação profissional e adaptação dos modelos de gestão. Surgiram também outros desafios relacionados à segurança da informação, à interoperabilidade entre plataformas, à confiabilidade dos dados coletados e à resistência institucional às mudanças organizacionais. Em ambientes portuários, onde coexistem múltiplos agentes, operações simultâneas e elevada complexidade logística, a incorporação de novas tecnologias demandou planejamento cuidadoso e articulação entre diferentes setores. Assim, a discussão sobre os benefícios da IoT precisou ser acompanhada de uma análise crítica de seus limites, obstáculos e condições concretas de aplicação.

Nessa perspectiva, a problemática deste trabalho foi formulada a partir da seguinte questão: de que maneira a Internet das Coisas otimizou a eficiência operacional portuária no contexto dos portos inteligentes? Esse questionamento mostrou-se muito relevante, pois a adoção de tecnologias conectadas no setor portuário não representou apenas uma mudança instrumental, mas também uma transformação na forma de planejar, monitorar e executar operações. Investigar essa questão permitiu compreender como o uso de sensores, dispositivos inteligentes e sistemas integrados contribuiu para melhorar o desempenho operacional, reduzir desperdícios, ampliar o controle logístico e tornar os portos mais preparados para as exigências da economia contemporânea.

A justificativa para a realização deste estudo fundamentou-se, primeiramente, na relevância econômica e logística dos portos para o desenvolvimento regional, nacional e internacional. Como pontos estratégicos de circulação de mercadorias, os portos desempenham papel essencial na dinâmica do comércio e da cadeia de suprimentos, de modo que melhorias em sua eficiência operacional repercutem diretamente na competitividade, nos custos logísticos e na qualidade dos serviços prestados. Desse modo, compreender o potencial da Internet das Coisas nesse contexto mostrou-se pertinente para analisar caminhos de modernização capazes de tornar os processos mais ágeis, seguros e integrados.

Além disso, o tema é pertinente por sua atualidade no campo da Análise e Desenvolvimento de Sistemas, uma vez que envolve a aplicação prática de tecnologias digitais em um setor de grande relevância estrutural. O estudo permitiu relacionar conceitos de conectividade, automação, monitoramento de dados e integração de sistemas a problemas concretos da gestão portuária, evidenciando como soluções tecnológicas podem gerar impactos operacionais significativos. Também se mostrou importante por favorecer uma reflexão sobre o papel dos sistemas inteligentes na resolução de desafios logísticos complexos, aproximando a formação acadêmica das demandas reais do mercado e das transformações digitais em curso. Nesse sentido, a literatura recente apontou

que a Internet das Coisas assumiu um papel cada vez mais estratégico na otimização de processos e no fortalecimento do desempenho operacional em ambientes logísticos e organizacionais (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Ao abordar os portos inteligentes como espaços de convergência entre infraestrutura, tecnologia e gestão, o trabalho buscou evidenciar que a transformação digital da atividade portuária não depende apenas da adoção de equipamentos modernos, mas também da capacidade de integrar dados, processos e decisões de forma eficiente e estratégica.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar como a Internet das Coisas contribuiu para a otimização da eficiência operacional portuária, no contexto dos conceitos reconhecidos até o momento na literatura sobre portos inteligentes, considerando seus impactos no monitoramento, na automação e na tomada de decisões logísticas. Como objetivos específicos, buscou-se identificar os principais conceitos e aplicações da Internet das Coisas no ambiente portuário, com destaque para as tecnologias utilizadas em portos inteligentes; examinar de que forma a adoção de dispositivos conectados, sensores e sistemas automatizados contribuiu para a melhoria de processos operacionais, como a movimentação de cargas, o controle de equipamentos e a gestão logística portuária; e avaliar os benefícios e os desafios da implementação da Internet das Coisas nos portos, considerando aspectos como eficiência, redução de custos, segurança operacional e integração de dados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Portos inteligentes: conceitos, características e evolução

A modernização dos portos foi impulsionada pela necessidade de tornar as operações logísticas mais rápidas, integradas e seguras diante do crescimento do comércio internacional e da intensificação dos fluxos de mercadorias. Nesse cenário, os portos passaram a ser compreendidos não apenas como áreas de embarque e desembarque, mas também como estruturas estratégicas para a circulação de cargas, informações e serviços. A evolução tecnológica aplicada a esse setor favoreceu o surgimento do conceito de porto inteligente, associado ao uso de ferramentas digitais capazes de ampliar a capacidade de monitoramento, coordenação e gestão das atividades portuárias. Dessa forma, a transformação dos portos acompanhou um movimento mais amplo de digitalização das cadeias logísticas, no qual a conectividade e o tratamento de dados assumiram um papel central.

O conceito de porto inteligente esteve relacionado à incorporação de tecnologias digitais que possibilitaram maior integração entre a infraestrutura física, os sistemas informacionais e os

processos operacionais. Em termos gerais, esse modelo envolveu o uso de recursos tecnológicos voltados à automação, ao acompanhamento em tempo real e à análise de dados, visando aprimorar o desempenho das operações. Tal perspectiva aproximou o ambiente portuário das discussões sobre cidades inteligentes, uma vez que ambos os contextos se fundamentaram na articulação entre tecnologia, conectividade e gestão eficiente dos recursos disponíveis (João; Souza; Serralvo, 2019).

Ao se pensar nas características de um porto inteligente, destacaram-se elementos como conectividade entre equipamentos, compartilhamento contínuo de dados, automação de rotinas, integração entre diferentes agentes logísticos e capacidade de resposta mais rápida diante de falhas ou variações operacionais. Esse modelo pressupôs uma gestão mais dinâmica e orientada por informações, permitindo o acompanhamento detalhado de cargas, veículos, equipamentos e dos fluxos de circulação. Assim, a inteligência portuária deixou de se restringir ao conhecimento técnico da operação e passou a depender também da capacidade de coletar, interpretar e utilizar dados de forma estratégica para aperfeiçoar as decisões.

Além disso, a evolução dos portos inteligentes esteve diretamente vinculada ao avanço das tecnologias emergentes aplicadas ao setor logístico. Entre essas tecnologias, sobressaíram-se a Internet das Coisas, a computação em nuvem, *big data*, a inteligência artificial e os sistemas automatizados de controle. O uso combinado desses recursos contribuiu para transformar o ambiente portuário em um espaço cada vez mais conectado e orientado por dados, fortalecendo a competitividade e a eficiência operacional. Nesse contexto, a transformação digital foi entendida como um processo que ultrapassou a simples aquisição de equipamentos modernos, exigindo também mudanças na cultura organizacional, na gestão da informação e na coordenação das atividades logísticas (Lopes; Moori, 2021).

Historicamente, a evolução portuária ocorreu em etapas marcadas por diferentes níveis de mecanização, informatização e integração tecnológica. Em um primeiro momento, prevaleceram operações predominantemente manuais, com baixo nível de automação e forte dependência da intervenção humana em praticamente todas as fases do processo. Posteriormente, a incorporação de máquinas, *softwares* de gestão e sistemas eletrônicos passou a alterar esse cenário, reduzindo algumas limitações operacionais e ampliando a capacidade de controle das atividades. Mais recentemente, com a consolidação da transformação digital, os portos passaram a incorporar dispositivos conectados, sensores e plataformas inteligentes, o que tornou possível o desenvolvimento de operações mais precisas, rastreáveis e interdependentes.

Essa trajetória de modernização também esteve relacionada às exigências de maior eficiência e previsibilidade nas cadeias de suprimentos. Em um ambiente logístico cada vez mais interligado, os portos deixaram de funcionar como unidades isoladas e passaram a integrar redes complexas de

transporte, armazenamento e distribuição. Como consequência, a eficiência portuária passou a depender não apenas da infraestrutura local, mas também da capacidade de comunicação entre diferentes sistemas e agentes envolvidos na movimentação de mercadorias. A literatura recente mostrou que a digitalização da logística permitiu maior sincronização entre processos, favorecendo ganhos de desempenho operacional e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Outro aspecto importante na definição dos portos inteligentes foi a centralidade do fluxo de informações. A operação portuária envolve múltiplas etapas e diferentes atores, como operadores, transportadoras, autoridades portuárias, empresas de armazenagem e órgãos de fiscalização. Em estruturas tradicionais, a fragmentação das informações dificultava a coordenação dos processos e comprometia a agilidade operacional. Já no contexto dos portos inteligentes, o uso de tecnologias integradas favoreceu a circulação contínua de dados, permitindo maior transparência, redução de gargalos e respostas mais rápidas a eventos imprevistos. Essa mudança representou não apenas um avanço técnico, mas também uma nova lógica de gestão baseada na conectividade e na tomada de decisão orientada por evidências.

Um porto inteligente não se define apenas pela presença de máquinas modernas ou de softwares sofisticados, mas pela articulação eficiente entre recursos materiais, sistemas digitais e práticas gerenciais. Essa articulação passou a ser decisiva para lidar com desafios como o aumento do volume de cargas, a necessidade de redução de custos, a pressão pela sustentabilidade e a exigência de maior segurança operacional. Em estudos sobre transformação digital e novos modelos de negócios, observou-se que a conectividade entre dispositivos e sistemas contribuiu para reconfigurar ambientes produtivos e logísticos, favorecendo formas mais inteligentes de gestão e de operação (Silva et al., 2023).

Portanto, a evolução dos portos inteligentes refletiu a passagem de um modelo operacional centrado na mecanização para outro orientado pela conectividade, pela automação e pelo uso estratégico de informações. Esse processo redefiniu o papel dos portos na dinâmica econômica contemporânea, transformando-os em espaços tecnologicamente integrados e cada vez mais dependentes de soluções digitais para alcançar maior eficiência. Ao compreender os conceitos, as características e a evolução desse modelo, tornou-se possível analisar com mais clareza como a Internet das Coisas se inseriu nesse contexto e passou a desempenhar um papel relevante na otimização da eficiência operacional portuária.

2.2 Internet das Coisas: fundamentos e aplicações no setor logístico

A Internet das Coisas foi compreendida como um conjunto de tecnologias que permitiu a conexão entre objetos físicos, sensores, dispositivos e sistemas digitais por meio de redes de comunicação capazes de coletar, transmitir e processar dados em tempo real. Essa lógica de conectividade transformou a relação entre o mundo físico e o ambiente informacional, possibilitando que equipamentos, máquinas e estruturas operacionais passassem a interagir de forma automatizada e inteligente. No campo da logística, essa inovação adquiriu especial relevância, pois favoreceu o acompanhamento contínuo dos processos, a ampliação do controle sobre os ativos e a geração de informações úteis ao aperfeiçoamento da gestão.

Em termos conceituais, a IoT baseou-se na integração entre sensores, software, conectividade e capacidade analítica, formando um ecossistema no qual os objetos deixaram de exercer apenas funções mecânicas para assumir também funções comunicacionais e informacionais. Isso significou que diferentes dispositivos puderam coletar dados de localização, temperatura, velocidade, desempenho, consumo e condições operacionais, transmitindo essas informações para plataformas capazes de organizá-las e interpretá-las. A literatura destacou que a Internet das Coisas representou uma etapa importante da transformação digital ao promover maior visibilidade e inteligência nos ambientes organizacionais e produtivos (Godoi; Araújo, 2019).

O funcionamento da Internet das Coisas dependeu de uma arquitetura composta por elementos interligados. Em primeiro lugar, sensores e dispositivos instalados em objetos físicos tornaram possível a captação de dados provenientes do ambiente ou do próprio funcionamento dos equipamentos. Em seguida, esses dados passaram a ser transmitidos por redes de comunicação, como a internet sem fio, a radiofrequência ou outras tecnologias de conectividade. Após essa transmissão, as informações foram armazenadas e processadas em sistemas computacionais, o que permitiu a geração de alertas, relatórios, diagnósticos e comandos automatizados. Assim, a IoT não se limitou à existência de dispositivos conectados, mas também envolveu um fluxo contínuo de dados que ampliou a capacidade de monitoramento e de tomada de decisão.

Essa dinâmica foi particularmente importante no setor logístico, marcado pela necessidade de coordenar operações complexas, distribuir recursos de forma eficiente e reduzir atrasos, perdas e falhas. A utilização da Internet das Coisas nesse contexto permitiu acompanhar, em tempo real, o deslocamento de mercadorias, o desempenho dos veículos, as condições de armazenamento e o uso dos equipamentos. Dessa maneira, a conectividade entre objetos favoreceu uma visão mais ampla e detalhada das operações, fortalecendo a gestão estratégica da logística e aumentando a capacidade de resposta a imprevistos operacionais (Lopes; Moori, 2021).

No ambiente logístico, os dispositivos conectados passaram a desempenhar funções diversas, que vão do rastreamento de cargas ao monitoramento das condições físicas de produtos sensíveis. Sensores instalados em contêineres, caminhões, empilhadeiras, armazéns e centros de distribuição permitiram a obtenção de dados contínuos sobre localização, temperatura, umidade, vibração e tempo de deslocamento. Essas informações contribuíram para melhorar o controle da movimentação de mercadorias e para reduzir riscos associados a extravios, avarias e interrupções no fluxo operacional. Além disso, a coleta automatizada de dados permitiu substituir parte dos controles manuais, reduzindo erros humanos e aumentando a confiabilidade das informações.

Outro aspecto relevante foi a possibilidade de integrar a IoT a sistemas mais amplos de gestão e planejamento. Os dados gerados pelos dispositivos conectados puderam ser integrados a plataformas de controle logístico, softwares empresariais e ferramentas analíticas, o que favoreceu uma administração mais precisa e orientada por evidências. Nesse cenário, a Internet das Coisas deixou de ser vista como um recurso isolado e passou a compor uma infraestrutura digital integrada, capaz de apoiar decisões sobre manutenção, roteamento, controle de estoques, gestão de pátios e uso da infraestrutura. Estudos sobre sistemas logísticos mostraram que essa integração ampliou a capacidade de coordenação operacional e fortaleceu a eficiência dos processos ao reduzir assimetrias informacionais e aumentar a previsibilidade das atividades (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

A aplicação da IoT à logística também esteve associada à automação de tarefas repetitivas e à criação de fluxos operacionais mais inteligentes. Em vez de depender exclusivamente da intervenção humana para registrar ocorrências, verificar condições de transporte ou identificar desvios, os sistemas conectados passaram a executar parte dessas funções automaticamente. Isso tornou possível, por exemplo, emitir alertas quando determinado equipamento apresentava risco de falha, quando uma carga saía da rota prevista ou quando as condições ambientais ultrapassavam parâmetros aceitáveis. Com isso, a logística passou a operar com maior capacidade preventiva, reduzindo desperdícios e aprimorando a utilização do tempo e dos recursos. (ênfase do autor)

Além dos ganhos operacionais, a Internet das Coisas trouxe impactos relevantes à gestão estratégica da cadeia de suprimentos. Ao tornar os fluxos mais visíveis e mensuráveis, a tecnologia contribuiu para fortalecer a integração entre fornecedores, transportadores, operadores logísticos e clientes. Isso favoreceu decisões mais rápidas, melhor alinhamento entre as etapas da cadeia e maior transparência no acompanhamento das operações. Em pesquisas sobre logística e desempenho operacional, observou-se que a IoT influenciou positivamente a gestão estratégica ao viabilizar processos mais coordenados, ágeis e orientados por dados confiáveis (Lopes; Moori, 2021).

No entanto, a incorporação da tecnologia exigiu atenção a desafios importantes. A implementação da IoT pressupôs investimentos em infraestrutura de conectividade, segurança da informação, armazenamento de dados e integração entre sistemas diversos. Além disso, a grande quantidade de dados gerados pelos dispositivos conectados demandou capacidade técnica para o tratamento e a interpretação dessas informações.

Assim, a Internet das Coisas consolidou-se como uma tecnologia estratégica para o setor logístico por permitir maior controle, integração e automação das operações. Seus fundamentos basearam-se na conectividade entre objetos, na geração contínua de dados e no uso dessas informações para aperfeiçoar processos e decisões. A compreensão desses fundamentos foi essencial para analisar, de forma mais específica, como a IoT passou a ser aplicada ao contexto dos portos inteligentes e como contribuiu para a otimização das operações portuárias (Galeale et al., 2016).

2.3 A aplicação da Internet das Coisas nos portos inteligentes

A aplicação da Internet das Coisas nos portos inteligentes ocorreu como parte de um processo mais amplo de transformação digital das operações logísticas e de modernização da infraestrutura portuária. Em vez de depender exclusivamente de controles manuais, comunicações fragmentadas e acompanhamento limitado das atividades, os portos passaram a incorporar sensores, dispositivos conectados, sistemas automatizados e plataformas digitais capazes de coletar e compartilhar informações em tempo real. Essa mudança permitiu maior visibilidade dos fluxos operacionais e contribuiu para a construção de ambientes mais integrados, nos quais as decisões passaram a ser tomadas com base em dados atualizados e em monitoramento contínuo.

No contexto portuário, a Internet das Coisas foi aplicada para conectar equipamentos, cargas, veículos, estruturas físicas e sistemas de gestão, criando uma rede de comunicação capaz de aumentar a eficiência operacional. Esse processo favoreceu o acompanhamento detalhado das atividades de embarque, desembarque, armazenagem e circulação interna, reduzindo falhas decorrentes da falta de informação ou da demora na identificação de problemas. Ao integrar sensores e sistemas digitais, os portos passaram a operar com maior precisão e capacidade de resposta, fortalecendo as práticas de controle logístico e a automação dos processos (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Uma das aplicações mais relevantes da IoT nos portos inteligentes foi o monitoramento em tempo real das operações. Sensores instalados em equipamentos de movimentação, contêineres, veículos e áreas de circulação passaram a fornecer dados contínuos sobre localização, tempo de

operação, condições de funcionamento e fluxo de cargas. Com isso, tornou-se possível identificar gargalos com mais rapidez, prever atrasos e ajustar rotinas de forma mais dinâmica.

Além do monitoramento, a Internet das Coisas também foi aplicada à automação de equipamentos e processos. Guindastes, empilhadeiras, sistemas de pesagem, portões de acesso e dispositivos de inspeção passaram a operar com o apoio de sensores e mecanismos de comunicação, permitindo a execução de tarefas com menor intervenção manual. Essa automação não significou a eliminação completa da atuação humana, mas sim a reorganização das atividades para reduzir erros operacionais, aumentar a produtividade e ampliar a previsibilidade das rotinas. Em estudos sobre automação no Porto de Santos, verificou-se que o avanço tecnológico nos equipamentos de costado esteve associado à expectativa de ganhos operacionais e de maior controle das atividades portuárias (Nardi; Lima; Silva, 2023).

Outra frente importante de aplicação da IoT foi o rastreamento de cargas ao longo das diferentes etapas do processo logístico portuário. A utilização de etiquetas inteligentes, sensores de localização e dispositivos conectados permitiu acompanhar a movimentação dos contêineres desde a entrada no porto até o embarque ou a retirada. Esse rastreamento favoreceu maior transparência nas operações, diminuiu o risco de perdas e extravios e fortaleceu o controle sobre os tempos de permanência e de deslocamento das mercadorias. Em ambientes portuários de alta complexidade, essa capacidade de localizar e monitorar ativos em tempo real representou um avanço importante para a eficiência e a confiabilidade dos serviços prestados.

A Internet das Coisas também contribuiu para o controle do fluxo logístico interno, especialmente nas áreas de circulação de veículos, na organização de pátios e no planejamento da ocupação de espaços. Ao coletar dados sobre a entrada e a saída de caminhões, a disponibilidade de áreas, o tempo de espera e a movimentação interna, os sistemas conectados passaram a apoiar uma gestão mais racional da infraestrutura portuária. Esse tipo de aplicação reduziu os congestionamentos, melhorou a distribuição das operações e contribuiu para tornar o ambiente mais fluido e previsível. Em análises sobre sistemas de controle de tráfego marítimo e gestão portuária, observou-se que a ampliação do controle informacional favoreceu maior segurança e melhor desempenho das operações de circulação e de coordenação logística (Silva; Moreira, 2024).

Outro aspecto central consistiu na integração de dados provenientes de diferentes fontes. Em um porto inteligente, a IoT não atuou de forma isolada, mas sim articulada a sistemas de gestão, plataformas logísticas, softwares de planejamento e ferramentas analíticas. Essa integração permitiu reunir informações antes dispersas e transformá-las em conhecimento útil para a tomada de decisões. Dessa maneira, gestores e operadores passaram a contar com painéis de controle mais completos,

capazes de indicar o estado das operações, apontar falhas, sugerir ajustes e facilitar o planejamento de ações corretivas ou preventivas.

Essa capacidade de gerar dados contínuos também favoreceu a manutenção preditiva de equipamentos portuários. Por meio de sensores que monitoraram a temperatura, a vibração, o desempenho e o desgaste de máquinas, tornou-se possível identificar sinais precoces de falhas e programar intervenções antes da ocorrência de paradas inesperadas. Essa aplicação da IoT foi especialmente relevante em um ambiente em que a indisponibilidade de equipamentos compromete diretamente a produtividade e a segurança operacional. A literatura sobre Internet das Coisas e gestão logística indicou que a geração automatizada de informações operacionais ampliou as possibilidades de manutenção preventiva e preditiva, contribuindo para o melhor aproveitamento dos ativos e para a redução de custos decorrentes de interrupções não planejadas (Lopes; Moori, 2021).

Além dos ganhos técnicos e operacionais, a aplicação da IoT nos portos inteligentes também reforçou uma nova cultura de gestão baseada na conectividade, na integração e no uso intensivo de informações. O porto passou a ser compreendido como um ecossistema digital, no qual objetos, pessoas e sistemas interagiram continuamente para garantir maior eficiência, segurança e qualidade nos serviços.

Portanto, a aplicação da Internet das Coisas nos portos inteligentes esteve associada à criação de operações mais monitoradas, automatizadas e integradas. Desde o rastreamento de cargas até a manutenção preditiva e o controle do fluxo logístico, a IoT passou a desempenhar um papel fundamental na organização do ambiente portuário contemporâneo. Ao permitir a coleta e o tratamento contínuo de dados, essa tecnologia contribuiu para reduzir falhas, otimizar recursos e fortalecer a tomada de decisões. Em discussões sobre transformação digital e conectividade em ambientes organizacionais, observou-se que a Internet das Coisas consolidou-se como um dos principais instrumentos para reconfigurar práticas operacionais e ampliar a inteligência dos sistemas logísticos (Godoi; Araújo, 2019).

2.4 Contribuições da Internet das Coisas para a eficiência operacional portuária

A incorporação da Internet das Coisas no contexto dos portos inteligentes contribuiu de maneira significativa para a elevação da eficiência operacional portuária, sobretudo ao ampliar a capacidade de monitoramento, automação e integração das atividades logísticas. Em um setor caracterizado pela intensa circulação de cargas, pela necessidade de sincronização entre diferentes agentes e pela dependência de respostas rápidas, a utilização de dispositivos conectados passou a

oferecer condições mais adequadas para o controle dos processos. Com isso, a eficiência operacional deixou de depender exclusivamente da infraestrutura física e passou a estar diretamente relacionada à capacidade de captar, processar e utilizar dados de forma estratégica.

Entre as principais contribuições da IoT para a eficiência portuária, destacou-se a melhoria da visibilidade operacional. Ao permitir o acompanhamento em tempo real de cargas, equipamentos, veículos e fluxos internos, essa tecnologia favoreceu a identificação de falhas, atrasos e gargalos com maior rapidez. Isso possibilitou intervenções mais precisas e oportunas, reduzindo desperdícios de tempo e aumentando a fluidez das operações. Estudos sobre sistemas logísticos mostraram que a conectividade entre dispositivos e a circulação contínua de informações fortaleceram a coordenação das atividades e contribuíram para um desempenho operacional superior (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Outro aspecto importante foi a redução dos custos operacionais. Com a coleta automatizada de dados e a ampliação do controle sobre os ativos, tornou-se possível otimizar o uso dos equipamentos, evitar deslocamentos desnecessários, reduzir os períodos de ociosidade e melhorar o aproveitamento da infraestrutura portuária. Além disso, a automação de determinadas tarefas contribuiu para minimizar falhas humanas e reduzir retrabalho, o que também repercutiu na racionalização dos recursos empregados nas operações.

A influência da IoT na redução de custos também esteve associada à manutenção preditiva de equipamentos. Sensores instalados em máquinas e estruturas permitiram acompanhar indicadores de desempenho, desgaste e funcionamento, tornando possível identificar sinais prévios de falhas antes que elas causassem interrupções mais graves. Esse modelo de manutenção reduziu as paradas inesperadas, aumentou a disponibilidade dos equipamentos e evitou prejuízos decorrentes de interrupções não planejadas. No campo da gestão logística, verificou-se que a utilização de tecnologias conectadas favoreceu maior previsibilidade operacional e melhor aproveitamento dos ativos físicos (Lopes; Moori, 2021).

A Internet das Coisas também contribuiu para o aumento da produtividade portuária. A automação de rotinas, o rastreamento contínuo de cargas e a integração entre as diferentes etapas da operação favoreceram a execução de processos com maior agilidade e menor margem de erro. Em vez de depender de registros manuais ou de comunicações fragmentadas entre setores, as operações passaram a contar com fluxos informacionais mais consistentes, capazes de orientar decisões em tempo real. Isso resultou em maior capacidade de resposta diante de imprevistos e em melhor sincronização entre embarque, desembarque, armazenagem e circulação interna.

Esses ganhos de produtividade foram reforçados pela integração entre a IoT e os sistemas de gestão portuária. Quando os dados coletados pelos sensores passaram a dialogar com as

plataformas de planejamento e controle, os gestores puderam visualizar o conjunto das operações com mais clareza e dinamismo. Essa integração permitiu definir prioridades, redistribuir recursos, reorganizar fluxos e ajustar processos com mais rapidez. Em análises sobre a relação entre IoT e desempenho operacional, observou-se que o uso estratégico da conectividade favoreceu decisões mais eficientes e fortaleceu a gestão logística em ambientes complexos (Lopes; Moori, 2021).

A melhoria da segurança operacional constituiu outra contribuição relevante da Internet das Coisas nos portos. O monitoramento constante de equipamentos, áreas de circulação e condições ambientais possibilitou identificar riscos com antecedência, permitindo ações preventivas e corretivas mais rápidas. Em um espaço marcado pela movimentação de cargas pesadas, pela circulação de veículos de grande porte e pela intensa interação entre pessoas e máquinas, a ampliação do controle operacional foi um fator decisivo para reduzir acidentes e elevar a confiabilidade das atividades. Assim, a eficiência não se restringiu ao aumento da velocidade ou da produtividade, mas também incluiu a capacidade de operar com maior segurança.

No ambiente portuário, a segurança esteve ainda relacionada à melhoria dos sistemas de controle de tráfego e à gestão mais precisa das movimentações internas e externas. O uso de tecnologias conectadas permitiu acompanhar deslocamentos, tempos de espera e padrões de circulação, favorecendo a redução de conflitos operacionais e o planejamento mais eficiente dos fluxos. Em estudos sobre a relevância dos sistemas de controle de tráfego marítimo, destacou-se que a ampliação da capacidade informacional contribuiu tanto para a segurança quanto para o melhor desempenho das operações portuárias (Silva; Moreira, 2024).

Por fim, a Internet das Coisas contribuiu para a otimização global da infraestrutura portuária ao favorecer o uso mais racional dos espaços, equipamentos e recursos disponíveis. A partir da análise contínua dos dados, tornou-se possível compreender melhor os padrões operacionais, identificar pontos críticos e planejar intervenções mais adequadas às necessidades reais do porto. Isso fortaleceu uma lógica de gestão orientada por evidências, capaz de sustentar melhorias contínuas e de tomar decisões mais estratégicas.

2.5 Desafios da implementação da Internet das Coisas em portos inteligentes

Embora a Internet das Coisas tenha contribuído significativamente para a modernização dos portos, sua implementação em ambientes portuários também foi marcada por desafios técnicos, estruturais e organizacionais. A adoção dessa tecnologia não dependeu apenas da instalação de sensores, dispositivos conectados e plataformas digitais, mas também exigiu condições institucionais e operacionais capazes de sustentar seu funcionamento de forma contínua e eficiente.

Em razão da complexidade do setor portuário, que envolve múltiplos agentes, operações simultâneas e elevada circulação de informações, a incorporação da IoT demandou planejamento, coordenação e investimentos contínuos.

Um dos principais desafios foi a necessidade de uma infraestrutura tecnológica adequada. Para que a IoT funcionasse de maneira eficiente, tornou-se indispensável a existência de redes de comunicação estáveis, sistemas de armazenamento de dados, equipamentos compatíveis e plataformas capazes de processar grandes volumes de informação em tempo real. Em muitos contextos, a limitação dessa infraestrutura comprometeu o pleno aproveitamento das possibilidades oferecidas pela tecnologia, dificultando a integração entre os diferentes componentes do ambiente portuário. Além disso, a modernização tecnológica exigiu investimentos financeiros consideráveis, o que representou um obstáculo para organizações com restrições orçamentárias ou baixa capacidade de renovação estrutural.

A exigência de investimentos elevados não se restringiu à aquisição de equipamentos, mas também incluiu custos de manutenção, de atualização de sistemas e de adaptação da infraestrutura física e digital. Em portos que ainda operavam com estruturas tradicionais ou parcialmente informatizadas, a implementação da IoT implicou mudanças amplas, incluindo o redesenho de processos e a incorporação de novas ferramentas de gestão. Estudos sobre transformação digital e novos modelos tecnológicos indicaram que a adoção da Internet das Coisas dependeu da capacidade institucional de articular, de forma integrada, recursos técnicos, organizacionais e financeiros (Silva et al., 2023).

Outro desafio importante esteve ligado à segurança da informação e à proteção dos dados gerados pelos dispositivos conectados. Como a IoT opera por meio da coleta, transmissão e armazenamento contínuos de informações, a exposição a riscos cibernéticos, falhas de sistema e acessos indevidos também aumentou. No ambiente portuário, esse problema adquiriu grande relevância, pois a circulação de dados sobre cargas, operações, localização de ativos e fluxos logísticos envolve informações estratégicas para o funcionamento das atividades. Dessa forma, a expansão da conectividade exigiu medidas robustas de proteção digital, controle de acesso e monitoramento da integridade dos sistemas.

A preocupação com a segurança da informação também esteve associada à confiabilidade dos dados utilizados na tomada de decisões. Caso os dados fossem coletados de forma inadequada, transmitidos com falhas ou processados sem critérios consistentes, os resultados operacionais da IoT poderiam ser comprometidos. Isso significou que a eficiência proporcionada pela conectividade dependeu, em grande medida, da qualidade da informação produzida e da segurança dos sistemas que a sustentaram. Pesquisas sobre Internet das Coisas e transformação digital apontaram que os

benefícios dessa tecnologia estiveram diretamente condicionados à capacidade de tratar os dados com precisão, segurança e confiabilidade (Godoi; Araújo, 2019).

A interoperabilidade entre sistemas também se mostrou um desafio relevante na implementação da IoT em portos inteligentes. O ambiente portuário reúne diferentes agentes, empresas, equipamentos e plataformas de gestão, muitas vezes desenvolvidos por fornecedores distintos e estruturados segundo padrões técnicos diversos. Nesse contexto, a integração entre sistemas nem sempre foi simples, o que pode gerar incompatibilidades, falhas de comunicação e dificuldades no compartilhamento de informações. A ausência de padronização comprometeu a fluidez dos processos e limitou o potencial de uma gestão verdadeiramente integrada.

Além disso, a dificuldade de integração entre sistemas refletiu diretamente na coordenação das operações. Quando as informações permaneceram dispersas em plataformas desconectadas, a tomada de decisão tornou-se mais lenta e menos precisa, reduzindo a capacidade de resposta a problemas operacionais. A literatura sobre sistemas logísticos evidenciou que a Internet das Coisas alcançou melhores resultados quando vinculada a ambientes informacionais articulados e capazes de compartilhar dados em tempo real entre os diversos setores e agentes envolvidos (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Outro aspecto desafiador esteve relacionado à capacitação profissional e à adaptação organizacional. A implementação da IoT modificou rotinas de trabalho, exigiu novas competências técnicas e alterou a forma como os operadores e gestores passaram a interagir com os sistemas portuários. Assim, a modernização tecnológica não dependeu apenas de equipamentos e softwares, mas também da preparação das equipes para utilizar, interpretar e gerenciar as novas ferramentas disponíveis. Em muitos casos, a resistência à mudança, a escassez de formação especializada e a dificuldade de adaptação aos novos processos constituíram barreiras importantes à consolidação da tecnologia.

Essa questão tornou-se ainda mais relevante porque a adoção da IoT envolveu uma transformação na cultura organizacional. Em vez de práticas fortemente baseadas na experiência empírica e em controles manuais, os portos passaram a demandar uma lógica de gestão orientada por dados, conectividade e automação. Tal mudança exigiu não apenas treinamento técnico, mas também abertura institucional para rever processos tradicionais e incorporar novas formas de coordenação e de tomada de decisão. Em estudos sobre automação em operações portuárias, observou-se que a introdução de tecnologias avançadas alterou a dinâmica do trabalho e gerou percepções ambivalentes entre os operadores, combinando expectativas de ganhos operacionais com preocupações relacionadas à adaptação funcional e organizacional (Nardi; Lima; Silva, 2023).



Também se destacou como desafio a própria complexidade do ambiente portuário, no qual a implementação de novas tecnologias precisa considerar fatores logísticos, regulatórios e operacionais bastante específicos. Os portos lidam com fiscalização aduaneira, circulação de cargas de naturezas diversas, normas de segurança, exigências ambientais e intensa articulação entre atores públicos e privados. Isso faz com que qualquer processo de inovação tecnológica dependa de ampla coordenação institucional e de compatibilização entre diferentes interesses e exigências. Dessa maneira, a adoção da Internet das Coisas não foi apenas uma decisão técnica, mas também uma escolha estratégica que envolveu governança, planejamento e capacidade de articulação entre diversos setores.

Portanto, os desafios da implementação da Internet das Coisas em portos inteligentes abrangem desde limitações de infraestrutura e custos de investimento até questões relacionadas à segurança da informação, à interoperabilidade entre sistemas, à capacitação profissional e à adaptação organizacional. Esses fatores evidenciaram que a transformação digital no setor portuário não ocorreu de forma linear nem automática, mas exigiu condições estruturais e gerenciais específicas para que seus benefícios se concretizassem. Compreender esses obstáculos foi fundamental para analisar criticamente os limites e as possibilidades da IoT no aprimoramento da eficiência operacional portuária.

3. MATERIAL E MÉTODO

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida com base em uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica. Essa escolha se justificou pelo objetivo de compreender como a Internet das Coisas vem sendo aplicada no contexto dos portos inteligentes e de que maneira essa tecnologia tem contribuído para a otimização da eficiência operacional portuária. A pesquisa bibliográfica permitiu reunir, sistematizar e analisar produções científicas já publicadas sobre o tema, favorecendo a construção de uma base teórica consistente para a discussão proposta.

Para a realização do estudo, foram selecionados artigos científicos publicados em língua portuguesa nos últimos dez anos, disponíveis integralmente em bases de dados abertas e gratuitas, com destaque para SciELO e Google Scholar. Como critérios de inclusão, consideraram-se trabalhos que abordaram temas relacionados à Internet das Coisas, transformação digital, automação, logística inteligente, cadeia de suprimentos, inovação tecnológica e eficiência operacional, com ênfase em aplicações no ambiente portuário.

A coleta do material bibliográfico foi realizada por meio de descritores como “Internet das Coisas”, “IoT”, “portos inteligentes”, “eficiência operacional portuária”, “logística inteligente”, “automação portuária” e “transformação digital nos portos”. Após a seleção das publicações, procedeu-se à leitura analítica dos textos, com o objetivo de identificar conceitos centrais, principais aplicações tecnológicas, benefícios operacionais e desafios relacionados à implementação da IoT no setor portuário.

Em seguida, os dados da literatura foram organizados em temas, o que possibilitou a interpretação dos conteúdos à luz dos objetivos do trabalho. A análise concentrou-se na compreensão das contribuições da Internet das Coisas para o monitoramento em tempo real, a automação de processos, a integração de sistemas, o controle logístico e o apoio à tomada de decisões no ambiente portuário. Dessa forma, a metodologia adotada proporcionou uma visão ampla e fundamentada sobre o tema, contribuindo para a construção crítica da discussão ao longo do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura permitiu observar que a Internet das Coisas passou a ocupar posição estratégica no debate sobre modernização portuária, sobretudo por sua capacidade de integrar dados, equipamentos e processos em ambientes operacionais complexos. No contexto dos portos inteligentes, os resultados identificados indicaram que a adoção de sensores, dispositivos conectados e sistemas digitais proporcionou maior visibilidade sobre as operações, o que contribuiu para reduzir falhas, aperfeiçoar o acompanhamento das cargas e ampliar a eficiência no uso da infraestrutura.

Os estudos revisados mostraram que a IoT se consolidou como uma das principais bases tecnológicas da transformação digital na logística, justamente por permitir o monitoramento contínuo e a geração de informações em tempo real. Em sistemas logísticos mais amplos, os autores identificaram ganhos expressivos em rastreabilidade, controle operacional e integração entre as etapas da cadeia de suprimentos, o que também se aplicou ao ambiente portuário. Ao possibilitar o acompanhamento preciso de cargas, ativos e processos, a Internet das Coisas favoreceu decisões mais rápidas e fundamentadas, reduzindo incertezas e ampliando a previsibilidade operacional (Agostino; Ristow; Rodriguez, 2021).

Um dos resultados mais relevantes encontrados na literatura foi a melhoria da visibilidade das operações. Em ambientes portuários tradicionais, parte dos problemas operacionais decorreu da fragmentação das informações, da lentidão na comunicação entre setores e da dificuldade de localizar com precisão cargas, equipamentos e veículos. Com a introdução de tecnologias

conectadas, tornou-se possível acompanhar, em tempo real, a circulação interna, o uso da infraestrutura e o estado operacional de diversos ativos.

Além da visibilidade operacional, a literatura revelou que a IoT contribuiu diretamente para a automação de rotinas e para a redução de tarefas manuais. Em diferentes aplicações logísticas, sensores e sistemas inteligentes passaram a substituir registros manuais, inspeções repetitivas e controles menos precisos, o que resultou em maior agilidade e menor ocorrência de erros. Esse movimento foi particularmente importante no setor portuário, no qual a eficiência depende da articulação entre embarque e desembarque, armazenagem, controle de acesso, circulação de veículos e movimentação de equipamentos. Ao automatizar parte desses processos, a Internet das Coisas fortaleceu uma lógica operacional mais fluida e sincronizada, capaz de reduzir retrabalho e ampliar a produtividade (Lopes; Moori, 2021).

Outro ponto recorrente nos resultados analisados foi a contribuição da IoT para o rastreamento de cargas e o controle da cadeia logística portuária. A instalação de dispositivos inteligentes em contêineres, veículos e áreas de armazenagem ampliou a capacidade de localizar mercadorias, acompanhar os tempos de deslocamento e monitorar condições operacionais relevantes. Esse controle mais detalhado favoreceu a redução de extravios, atrasos e falhas de comunicação entre os agentes envolvidos.

Destacou-se também o papel da IoT na otimização do uso dos recursos portuários. Os estudos permitiram compreender que o monitoramento em tempo real dos equipamentos, dos espaços e dos fluxos de circulação favoreceu uma gestão mais racional da infraestrutura disponível. Isso ocorreu porque os dados captados pelos sensores permitiram identificar gargalos, redistribuir operações, ajustar as escalas de uso e evitar períodos prolongados de ociosidade. Com isso, a eficiência operacional passou a ser resultado não apenas do aumento da velocidade das atividades, mas também da melhor utilização dos recursos existentes. Tal aspecto dialogou com a literatura que associou a conectividade e o desempenho logístico à ampliação da capacidade gerencial e ao fortalecimento da eficiência organizacional (Lopes; Moori, 2021).

No plano da segurança operacional, os resultados indicaram que a Internet das Coisas proporcionou maior controle sobre situações de risco no ambiente portuário. O monitoramento contínuo de áreas de circulação, máquinas, condições ambientais e do deslocamento de cargas permitiu identificar anomalias com mais antecedência, contribuindo para ações preventivas e corretivas. Em um setor que lida com cargas pesadas, equipamentos de grande porte e com intensa circulação de pessoas e veículos, esse tipo de controle assumiu importância central. A segurança, nesse caso, mostrou-se um componente inseparável da própria eficiência, pois falhas operacionais

e acidentes podem interromper atividades, gerar custos adicionais e comprometer a confiabilidade do porto perante os diferentes agentes da cadeia logística.

Essa relação entre eficiência e segurança foi reforçada por estudos que analisaram sistemas de controle do tráfego marítimo e de gestão da circulação em espaços portuários. As evidências mostraram que o uso de tecnologias de acompanhamento e controle contribuiu para organizar melhor os fluxos, reduzir conflitos operacionais e elevar a capacidade de coordenação das atividades. Embora nem toda tecnologia de controle se confunda diretamente com a IoT, a lógica de monitoramento contínuo e de integração de dados esteve no centro desse processo, indicando que a inteligência operacional dos portos depende cada vez mais da articulação entre infraestrutura física e infraestrutura informacional (Silva; Moreira, 2024).

Outro achado importante da pesquisa foi relacionado à manutenção preditiva. A literatura apontou que a coleta contínua de dados de temperatura, vibração, desgaste e desempenho dos equipamentos permitiu identificar sinais precoces de falhas, tornando possível planejar intervenções antes de ocorrerem paralisações mais graves. No contexto portuário, essa funcionalidade mostrou-se particularmente relevante, uma vez que a indisponibilidade de guindastes, de sistemas de transporte interno e de equipamentos de movimentação pode comprometer diretamente a produtividade e aumentar os custos operacionais.

Ao mesmo tempo, os resultados e a discussão mostraram que os benefícios da IoT não se materializaram de forma uniforme nem automática. A literatura revelou que o potencial de otimização da eficiência operacional esteve condicionado à existência de infraestrutura digital adequada, à integração entre sistemas e à capacidade institucional de transformar dados em ações gerenciais. Quando essas condições não estavam presentes, a tecnologia tendia a produzir resultados limitados ou fragmentados. Desse modo, ficou evidente que a simples aquisição de dispositivos conectados não garantiu, por si só, a constituição de um porto inteligente. A eficiência dependeu da articulação entre tecnologia, planejamento, gestão e qualificação profissional, como apontaram os estudos sobre transformação digital e novos modelos organizacionais baseados em IoT (Silva et al., 2023).

Nesse sentido, a discussão evidenciou que a implementação da Internet das Coisas exigiu mudanças culturais e organizacionais. Em muitos casos, os desafios não se limitaram à dimensão técnica, mas também à adaptação das rotinas de trabalho, à formação das equipes e à aceitação institucional de modelos de gestão mais orientados por dados. Isso significa que a transformação digital dos portos não deve ser interpretada como um processo exclusivamente tecnológico, mas sim como uma reconfiguração da própria lógica operacional. As evidências indicaram que os melhores resultados ocorreram quando a adoção da IoT foi acompanhada de integração estratégica,

investimento em capacitação e revisão dos processos internos, o que permitiu que os dados gerados se convertessem efetivamente em melhoria operacional.

A literatura também sugeriu que a discussão sobre portos inteligentes deve ser inserida em um movimento mais amplo de inovação logística e de competitividade econômica. A crescente pressão por redução de custos, aumento da agilidade e maior confiabilidade nos fluxos de mercadorias levou os portos a assumir um papel mais dinâmico nas cadeias globais de suprimentos. Nesse cenário, a IoT surgiu como uma ferramenta capaz de fortalecer a posição estratégica dos portos ao ampliar sua capacidade de resposta, sua integração com outros modais e sua eficiência no tratamento das operações. A discussão, portanto, indicou que a modernização portuária não foi apenas uma questão de atualização tecnológica, mas também uma exigência para a inserção competitiva dos sistemas logísticos contemporâneos (Galeale et al., 2016).

Por fim, os resultados obtidos permitiram afirmar que a Internet das Coisas contribuiu de forma significativa para a eficiência operacional portuária ao favorecer o monitoramento em tempo real, a automação de processos, o rastreamento de cargas, a manutenção preditiva, a integração de dados e a maior segurança nas operações. Entretanto, a análise também demonstrou que esses benefícios dependem de condições estruturais, organizacionais e gerenciais específicas, sem as quais a tecnologia tende a não alcançar todo o seu potencial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu compreender que a Internet das Coisas desempenhou um papel relevante na modernização dos portos inteligentes e na otimização da eficiência operacional portuária. A análise desenvolvida evidenciou que a conectividade entre sensores, dispositivos, equipamentos e sistemas favoreceu maior monitoramento das operações, automação de processos, rastreamento de cargas, integração de dados e apoio à tomada de decisões. Dessa forma, verificou-se que a IoT contribuiu para tornar o ambiente portuário mais dinâmico, previsível e alinhado às exigências contemporâneas da logística e do comércio global.

Os resultados também demonstraram que os benefícios da Internet das Coisas não se limitaram ao aumento da produtividade, mas também envolveram a redução de custos operacionais, a melhoria da segurança, a manutenção mais eficiente dos equipamentos e o uso mais racional da infraestrutura portuária.

Concluiu-se, portanto, que a Internet das Coisas representou uma ferramenta essencial para o fortalecimento dos portos inteligentes, contribuindo para a construção de operações mais integradas, eficientes e competitivas. Além disso, o estudo reforçou a importância de ampliar as



discussões acadêmicas sobre o tema, especialmente no contexto brasileiro, considerando que a inovação tecnológica no setor portuário tende a se tornar cada vez mais necessária para responder às demandas por eficiência, sustentabilidade e desenvolvimento logístico.

Durante a preparação deste trabalho, os(as) autores(as) utilizaram a ferramenta ChatGPT da OpenAI (versão GPT-4) para aprimorar a clareza e a fluidez do texto e realizar a revisão gramatical. Após a utilização desta ferramenta, o(a) autor(a) revisou e editou o conteúdo de forma crítica, assumindo total responsabilidade pela precisão e originalidade do texto.

REFERÊNCIAS

AGOSTINO, I. R. S.; RISTOW, C.; RODRÍGUEZ, C. M. T. Internet das coisas em sistemas logísticos: revisão da literatura recente e perspectivas de pesquisa. **Exacta**, v. 19, n. 2, p. 251–275, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/15999>.

ALVES, M. A. et al. Smart Cities no Brasil e em Portugal: o estado da arte. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. e20190061, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/N4qbCMYXsDhCX6fMGkK74vh/?lang=pt>.

GALEGALE, G. P. et al. Internet das coisas aplicada aos negócios: um estudo bibliométrico. **JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 13, n. 3, p. 423–438, 2016. Disponível em: <https://jistem.tecsi.org/index.php/jistem/article/view/10.4301%25S1807-17752016000300004>.

GODOI, M. G.; ARAÚJO, L. S. A internet das coisas: evolução, impactos e benefícios. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 19–30, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/538>.

JOÃO, B. N.; SOUZA, C. L.; SERRALVO, F. A. Revisão sistemática de cidades inteligentes e da internet das coisas como tópicos de pesquisa. **Cadernos EBAPÉ.BR**, v. 17, n. 4, p. 1115–1130, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/mBqjGxPSbRKPsXcS99z8LrD/?lang=pt>.

LARA, J. E. et al. Admirável mundo novo sob a perspectiva da tríade: Internet das Coisas, pessoas e mercados. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 26, n. 2, p. 124–150, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/pci/article/view/35016>.

LAZZARETTI, K. et al. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. e20190118, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/3LscvBK8vN86Q3fyFvzx7Fw/?lang=pt>.

LOPES, Y.; MOORI, R. G. A influência da internet das coisas na gestão estratégica da logística. **Pretexto**, v. 22, n. 2, p. 7-22, 2021. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/pretexto/article/view/6623>.

LOPES, Y. M.; MOORI, R. G. O papel da IoT na relação entre a gestão estratégica da logística e o desempenho operacional. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 22, n. 3, p.



eRAMR210032, 2021. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ram/a/ngpXgK3x4p7GqhRWPwnDV9k/?lang=pt>.

NARDI, M. F.; LIMA, R. S.; SILVA, T. S. Os possíveis impactos do processo de avanço tecnológico na automação de equipamentos de costado no Porto de Santos: um estudo sob a ótica dos operadores. **Aten@ - Revista Digital de Gestão & Negócios**, v. 1, n. 5, 2023. Disponível em: <https://periodicosunimes.unimesvirtual.com.br/index.php/gestaoenegocios/article/view/1577>.

PEREIRA, F. C. M.; ESPÍNDOLA, M. A.; QUEIROZ, B. A. S. A indústria 4.0 e as inovações em suprimentos: estudo de caso de aplicação do strategic sourcing. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 22, n. 4, p. 64–83, 2024. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/facesp/article/view/9900>.

ROSA, C. M.; SOUZA, P. A. R.; SILVA, J. M. Inovação em saúde e internet das coisas (IoT): um panorama do desenvolvimento científico e tecnológico. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 25, n. 3, p. 164-181, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/pci/article/view/25510>.

SABBATINO, L. A. et al. Transformação digital na cadeia de suprimentos: um estudo de casos na indústria alimentícia. **Produto & Produção**, v. 23, n. 2, p. 77–100, 2022. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/118626>.

SILVA, E. C.; ESPEJO, M. M. S. B. Adoção da Internet das Coisas (IoT) na agropecuária: uma revisão sistemática sobre as possibilidades de adoção no ambiente produtivo rural brasileiro. **Interações**, v. 25, n. 4, p. e2544024, 2024. Disponível em: <https://multitemas.ucdb.br/interacoes/article/view/4024>.

SILVA, J. G. L.; MOREIRA, W. S. Relevância e impactos dos sistemas de controle de tráfego marítimo: uma análise do Porto do Rio de Janeiro. **Revista da Escola de Guerra Naval**, v. 29, n. 3, p. 495-524, 2024. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/5453>.

SILVA, N. M. et al. Modelo de negócios baseado na Internet das Coisas: uma análise das oportunidades de novos negócios – revisão de literatura. **Interações**, v. 24, n. 2, p. 717-726, 2023. Disponível em: <https://interacoesucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/3685>.