



PORTO DE TIANJIN: A LOGÍSTICA PORTUÁRIA REDEFINIDA PELA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AUTOMAÇÃO

TIANJIN PORT: PORT LOGISTICS REDEFINED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTOMATION

ALYSON HENRIQUE DE SOUZA (Fatec Rubens Lara)
alyson.souza@fatec.sp.gov.br

GUILHERME ASAPH DA SILVA (Fatec Rubens Lara)
guilherme.silva502@fatec.sp.gov.br

LUCAS SILVA DA COSTA (Fatec Rubens Lara)
lucas.costa113@fatec.sp.gov.br

LUCIANA MARIA GUIMARAES (Fatec Rubens Lara)
luciana.guimaraes4@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A crescente demanda por eficiência, sustentabilidade e segurança nas operações portuárias tem impulsionado a adoção de tecnologias emergentes, especialmente a Inteligência Artificial (IA) e a automação. Este trabalho analisa a transformação do Porto de Tianjin, na China, como um caso emblemático da redefinição da logística portuária no século XXI. Por meio de uma revisão bibliográfica, foram explorados os principais avanços tecnológicos implementados no porto, destacando-se a aplicação de sistemas inteligentes para otimização de processos, gestão de riscos e redução de impactos ambientais. Os resultados evidenciam que a integração da IA e da automação proporcionou ganhos expressivos em produtividade, sustentabilidade e competitividade global, consolidando Tianjin como referência internacional em inovação logística. O estudo conclui que a convergência entre tecnologia e gestão portuária representa um novo paradigma, essencial para o futuro das cadeias globais de suprimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Logística Portuária. Inteligência Artificial. Automação. Porto de Tianjin. Inovação. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The increasing demand for efficiency, sustainability, and safety in port operations has driven the adoption of emerging technologies, especially Artificial Intelligence (AI) and automation. This paper analyzes the transformation of the Port of Tianjin, in China, as an emblematic case of the redefinition of port logistics in the twenty-first century. Through a literature review, the main technological advances implemented in the port were explored, highlighting the application of intelligent systems for process optimization, risk management and reduction of environmental impacts. The results show that the integration of AI and automation has provided significant gains in productivity, sustainability, and global competitiveness, consolidating Tianjin as an international reference in logistics innovation. The study concludes that the



convergence between technology and port management represents a new paradigm, essential for the future of global supply chains.

KEYWORDS: Port Logistics. Artificial intelligence. Automation. Tianjin Port. Innovation. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a logística portuária passou por uma transformação sem precedentes, impulsionada pelas demandas crescentes do comércio global e pela necessidade de eficiência operacional. A globalização intensificou o fluxo de mercadorias, exigindo que os portos evoluíssem de simples pontos de transbordo para complexos logísticos altamente integrados e tecnologicamente avançados. Nesse contexto, tecnologias emergentes como a Inteligência Artificial (IA) e a automação passaram a desempenhar um papel estratégico na reestruturação das operações portuárias, possibilitando ganhos significativos em produtividade, segurança e sustentabilidade (Basulo-Ribeiro; Pimentel; Teixeira, 2024). Os chamados smart ports surgem como resposta a esse cenário desafiador, promovendo a digitalização e a otimização de processos logísticos em uma escala sem precedentes.

O Porto de Tianjin, localizado no norte da China, desponta como um dos principais exemplos mundiais dessa nova era da logística portuária. Sendo o maior porto do norte chinês e uma das principais portas de entrada para a região de Beijing-Tianjin-Hebei, sua trajetória de modernização reflete a integração bem-sucedida entre infraestrutura tradicional e tecnologias disruptivas. Segundo Zhang, Li e Wang (2024), o Porto de Tianjin adotou soluções baseadas em IA para gerenciar o crescente volume de cargas e a complexidade de suas operações multimodais, posicionando-se como referência global em inovação logística e sustentabilidade ambiental.

A utilização da IA no Porto de Tianjin não se restringe à automação de equipamentos, mas abrange uma gestão inteligente de toda a cadeia logística, desde o agendamento dinâmico de atracações até o monitoramento em tempo real das emissões de carbono. Xiao et al. (2024) destacam que essa abordagem tecnológica contribui diretamente para a eficiência energética e para o cumprimento de metas ambientais, consolidando o porto como um modelo de equilíbrio entre desenvolvimento econômico e responsabilidade ecológica. Dessa forma, a experiência de Tianjin ilustra como a convergência entre tecnologia e logística redefine o papel dos portos na economia global contemporânea.

Além disso, a integração de IA e automação no Porto de Tianjin representa uma resposta estratégica às exigências de segurança e resiliência operacional. Após eventos críticos, como o incidente de 2015 que causou uma série de explosões massivas em um terminal de armazenamento de produtos químicos, o porto investiu massivamente em sistemas inteligentes voltados para a gestão de riscos e prevenção de desastres (Yu et al., 2022). Esse movimento reforça a importância da tecnologia



não apenas como vetor de eficiência, mas também como instrumento fundamental para garantir a continuidade e a confiabilidade das operações em cenários adversos.

Diante desse panorama, emerge o problema de pesquisa que orienta o presente estudo: de que maneira a aplicação da Inteligência Artificial e da automação no Porto de Tianjin tem redefinido os paradigmas da logística portuária, promovendo eficiência operacional, sustentabilidade e segurança? Este questionamento busca compreender não apenas os aspectos técnicos das inovações implementadas, mas também os impactos estratégicos dessas tecnologias na competitividade global do porto e na sua capacidade de adaptação às demandas contemporâneas.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar como o Porto de Tianjin tem incorporado a Inteligência Artificial e a automação em suas operações logísticas, destacando os principais avanços, benefícios e desafios decorrentes dessa transformação tecnológica.

A justificativa para a realização deste estudo reside na crescente relevância da transformação digital no setor portuário, especialmente em um contexto em que a eficiência logística é um fator determinante para a competitividade econômica internacional. O Porto de Tianjin, ao se posicionar na vanguarda dessa revolução tecnológica, oferece um caso emblemático que pode servir de referência para portos ao redor do mundo, inclusive em países em desenvolvimento que buscam modernizar suas infraestruturas logísticas. Além disso, compreender as práticas adotadas em Tianjin contribui para o debate acadêmico e profissional sobre o futuro da logística portuária, evidenciando como a convergência entre tecnologia e gestão pode gerar soluções inovadoras, sustentáveis e resilientes frente aos desafios do século XXI.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Evolução da Logística Portuária no Século XXI

A logística portuária passou por transformações significativas no século XXI, impulsionadas principalmente pela globalização e pela crescente demanda por eficiência nas cadeias de suprimentos. Os portos deixaram de ser apenas pontos de embarque e desembarque para se tornarem hubs logísticos integrados, com foco em conectividade, automação e sustentabilidade (Zhang; Li; Wang, 2024).

Segundo Chen, Li e Zhang (2024), a busca por eficiência operacional levou à adoção de sistemas automatizados e à otimização do agendamento de recursos em terminais de contêineres. A automação tornou-se uma resposta estratégica aos desafios de congestionamento, aumento de volume de cargas e necessidade de reduzir custos operacionais, redefinindo o papel da tecnologia na gestão portuária.

A transformação digital nos portos também trouxe à tona o conceito de "smart ports", que integra tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial para melhorar a tomada de decisões e a eficiência dos processos. Basulo-Ribeiro, Pimentel e Teixeira (2024) destacam que a implementação de smart gates e a melhoria contínua dos processos são essenciais para atender às demandas de um comércio global cada vez mais dinâmico.

Além da digitalização, a sustentabilidade emergiu como um pilar fundamental na evolução portuária. Xiao et al. (2024) apontam que os portos modernos estão adotando tecnologias inteligentes voltadas para a redução de emissões e a construção de infraestruturas verdes, promovendo um transporte marítimo mais sustentável e alinhado com as metas ambientais globais.

A comparação entre portos de diferentes regiões evidencia disparidades tecnológicas e operacionais, especialmente entre países em desenvolvimento e potências logísticas. Moura (2024) ressalta que, enquanto portos asiáticos como Ningbo-Zhoushan avançam em automação e integração tecnológica, muitos portos brasileiros ainda enfrentam desafios estruturais e burocráticos que limitam seu desempenho. Piastra et al. (2023) analisam a evolução histórica do Porto de Tianjin desde sua concessão italiana no início do século XX, destacando como a infraestrutura portuária foi moldada por influências geopolíticas e, posteriormente, por inovações tecnológicas que culminaram em sua modernização no século XXI.

O desenvolvimento tecnológico urbano também impactou diretamente a logística portuária. Wang e Ma (2024) demonstram que a inovação tecnológica e a cooperação entre cidades da região Beijing-Tianjin-Hebei promoveram avanços significativos no desenvolvimento verde dos portos, integrando políticas públicas com soluções tecnológicas de ponta.

As zonas de livre comércio, implementadas na China, aceleraram o crescimento e a modernização dos portos, fomentando políticas que incentivam a inovação e a competitividade. Fan et al. (2022) evidenciam que essas políticas contribuíram para a expansão da produção portuária e para a adoção de práticas logísticas mais avançadas.

A preocupação com o impacto ambiental das operações portuárias também ganhou destaque, especialmente em relação às emissões atmosféricas. Yang et al. (2021) desenvolveram inventários de emissões baseados em sistemas AIS, permitindo um monitoramento mais preciso da poluição gerada por atividades portuárias.

Eventos críticos, como desastres industriais, também marcaram a evolução da gestão portuária, levando à revisão de protocolos de segurança e gestão de riscos. Bloor, Boyle e Chintapatla (2022) analisam o caso da explosão em Tianjin, ressaltando a necessidade de integrar tecnologias para prevenção de falhas e aprimoramento da segurança operacional. Xie et al. (2023) reforçam que a análise de dados AIS aplicada à previsão de emissões de gases de efeito estufa tornou-se uma ferramenta indispensável para o planejamento sustentável nos portos, contribuindo para estratégias de mitigação ambiental e melhoria da eficiência energética.

2.2 Inteligência Artificial E Automação na Logística Portuária

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) e da automação na logística portuária representa uma das mais significativas revoluções tecnológicas do século XXI, redefinindo não apenas os processos operacionais, mas também a própria concepção de gestão e competitividade nos portos globais. À medida que o comércio internacional se expande em escala e complexidade, torna-se imperativo que os

portos adotem soluções inteligentes capazes de lidar com demandas crescentes, variabilidades logísticas e pressões ambientais. A IA surge como uma ferramenta estratégica para transformar grandes volumes de dados em informações acionáveis, otimizando a tomada de decisões em tempo real, desde o gerenciamento do tráfego marítimo até o controle de armazéns e a coordenação intermodal (Zhang; Li; Wang, 2024). Esse avanço tecnológico não se limita à automação de tarefas repetitivas, mas estende-se à criação de sistemas preditivos, capazes de antecipar gargalos, minimizar riscos e maximizar a eficiência operacional.

Segundo Chen, Li e Zhang (2024), a automação integrada aos terminais portuários, especialmente nos modelos de layout paralelos, proporciona ganhos expressivos em produtividade e redução de custos operacionais. A utilização de veículos guiados automaticamente (AGVs), guindastes robotizados e sistemas inteligentes de agendamento permite uma sinergia entre máquinas e algoritmos, resultando em operações mais ágeis, seguras e menos suscetíveis a falhas humanas. A logística portuária automatizada transcende o simples uso de equipamentos modernos; ela se fundamenta em uma arquitetura digital que conecta todos os elos da cadeia logística, promovendo uma visão holística e sincronizada das atividades portuárias.

Conforme apontam Basulo-Ribeiro, Pimentel e Teixeira (2024), a introdução de soluções tecnológicas e a automação dos trâmites alfandegários representa um passo estratégico para minimizar atrasos operacionais, desburocratizar processos e ampliar a competitividade dos portos no cenário internacional. A digitalização, aliada à automação, não apenas acelera as operações, mas também proporciona maior transparência e rastreabilidade, fatores cada vez mais valorizados em cadeias logísticas modernas.

Além da eficiência operacional, a IA e a automação desempenham um papel crucial no enfrentamento dos desafios ambientais associados às atividades portuárias. Xiao et al. (2024) destacam que tecnologias inteligentes estão sendo aplicadas na gestão de emissões, no monitoramento do consumo energético e na construção de infraestruturas sustentáveis. A capacidade de analisar dados em tempo real permite que os portos adotem práticas mais ecológicas, ajustando suas operações para minimizar o impacto ambiental e atender às exigências regulatórias internacionais voltadas à descarbonização do transporte marítimo.

O caso do Porto de Tianjin exemplifica como a integração de IA e automação pode redefinir padrões logísticos e ambientais. Moura (2024) observa que, ao contrário de muitos portos latino-americanos, que ainda enfrentam entraves tecnológicos e estruturais, o Porto de Tianjin tem investido de forma contínua em soluções automatizadas e digitais, posicionando-se como um dos líderes globais em inovação logística. Essa vanguarda tecnológica reflete não apenas em ganhos operacionais, mas também na capacidade do porto de se adaptar rapidamente às novas demandas do comércio internacional e às políticas de sustentabilidade.

O avanço da IA na logística portuária também está diretamente relacionado à capacidade de resposta a eventos críticos e à gestão de riscos. Piastra et al. (2023) analisam o histórico do Porto de Tianjin e demonstram como a evolução tecnológica foi essencial para superar desafios complexos, incluindo aqueles de origem

geopolítica e industrial. Sistemas inteligentes permitem monitoramento contínuo e análises preditivas, fundamentais para evitar incidentes e garantir a resiliência das operações portuárias diante de cenários adversos.

Wang e Ma (2024) reforçam que o sucesso da aplicação de IA e automação nos portos está intrinsecamente ligado a políticas públicas de incentivo à inovação e à cooperação regional. No caso da aglomeração urbana Beijing-Tianjin-Hebei, essa sinergia entre governo, indústria e tecnologia tem promovido o desenvolvimento de portos mais verdes, eficientes e conectados. Assim, a inteligência artificial e a automação não são apenas ferramentas de modernização, mas pilares estratégicos para a construção de um futuro logístico sustentável e competitivo no cenário global.

3 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para a pesquisa se alinha com a proposta e ajuda a alcançar resultados que estejam alinhados com os objetivos declarados. A pesquisa é enfatizada como um princípio fundamental para construir e avançar o conhecimento em um campo específico, abrindo novos caminhos para exploração e estudo.

Definiu-se o método de revisão bibliográfica, contando com literaturas existentes de várias fontes acadêmicas e científicas. A presente pesquisa inclui material de periódico científico, livro, manual, tratado, publicação acadêmica e recurso online. Foram incorporadas citações e referências relevantes para o tópico abrange teses, dissertações, artigos, livros, monografias e conteúdo traduzido neste estudo.

O processo de coleta começou com a leitura de todos os trabalhos escolhidos, alternando entre leitura objetiva e rápida para determinar sua contribuição potencial para o progresso da pesquisa.

Leitura seletiva envolvendo um exame completo para garantir a consistência do conteúdo foi realizada. Todas as fontes usadas nesta pesquisa foram documentadas anotando os nomes dos autores e o ano de publicação.

Durante a fase final, uma análise completa de todo o conteúdo criado foi conduzida para estruturar e condensar todas as informações pesquisadas e desenvolvidas. Isso envolveu considerar dados essenciais para abordar o problema de pesquisa e atingir os objetivos propostos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Porto de Tianjin, localizado no norte da China, representa um dos maiores e mais estratégicos complexos portuários do mundo, cuja trajetória histórica reflete a evolução do comércio marítimo e das dinâmicas geopolíticas da Ásia. Desde sua origem como um modesto porto fluvial até se tornar a principal porta de entrada para a região de Beijing-Tianjin-Hebei, sua expansão esteve sempre atrelada ao desenvolvimento econômico chinês e à necessidade de integrar infraestrutura moderna com operações logísticas de alta performance. Piastra et al. (2023) apontam que, no início do século XX, o Porto de Tianjin já possuía importância estratégica, marcada por concessões estrangeiras e transformações urbanas que moldaram sua infraestrutura inicial. No entanto, foi a partir do século XXI que o porto passou por uma



verdadeira revolução tecnológica, consolidando-se como um símbolo da modernização logística global.

Atualmente, o Porto de Tianjin não é apenas um centro de movimentação de cargas, mas um exemplo emblemático de como a Inteligência Artificial (IA) pode ser aplicada de forma abrangente para redefinir padrões operacionais e estratégicos em ambientes portuários. Com o crescimento exponencial do comércio exterior chinês, tornou-se indispensável que o porto adotasse soluções tecnológicas avançadas para lidar com o aumento no volume de contêineres e na complexidade das operações multimodais. Segundo Zhang, Li e Wang (2024), a implementação de sistemas baseados em IA permitiu ao Porto de Tianjin otimizar desde o gerenciamento do tráfego marítimo até o controle detalhado das operações internas, promovendo uma gestão mais inteligente, ágil e eficiente.

Entre as principais aplicações da IA no Porto de Tianjin, destaca-se o uso de algoritmos preditivos para o planejamento dinâmico de atracação, o que reduz significativamente o tempo de espera das embarcações e melhora o fluxo logístico. Além disso, sistemas inteligentes de monitoramento analisam, em tempo real, o desempenho de equipamentos automatizados, como guindastes e veículos autônomos, garantindo uma operação contínua e com menor incidência de falhas. Chen, Li e Zhang (2024) enfatizam que essa integração entre IA e automação permite uma coordenação precisa dos recursos, aumentando a produtividade e diminuindo custos operacionais.

Outro aspecto crucial é o papel da IA na sustentabilidade das operações portuárias. A partir da análise de dados provenientes de sensores e sistemas AIS (Automatic Identification System), o Porto de Tianjin desenvolveu estratégias para monitorar e reduzir suas emissões de carbono, alinhando-se às exigências globais de mitigação ambiental. Xie et al. (2023) demonstram que a utilização de IA para prever padrões de emissões e otimizar rotas logísticas contribuiu diretamente para a diminuição da pegada ecológica do porto, consolidando-o como referência em práticas sustentáveis no setor marítimo.

A relevância global do Porto de Tianjin também está ligada à sua capacidade de adaptação frente aos desafios contemporâneos, como a volatilidade do comércio internacional e as exigências de segurança. Após o trágico incidente da explosão de 2015, o porto investiu fortemente em tecnologias inteligentes para gestão de riscos e prevenção de desastres. Yu et al. (2022) ressaltam que sistemas baseados em IA foram fundamentais para criar protocolos mais rigorosos de monitoramento de cargas perigosas, garantindo maior controle e segurança nas operações diárias.

Além disso, a posição geográfica estratégica do Porto de Tianjin, servindo como elo fundamental na Iniciativa do Cinturão e Rota (BRI), amplifica sua importância no cenário logístico global. Wang e Ma (2024) observam que a integração de tecnologias inteligentes não apenas elevou o porto a padrões internacionais de eficiência, mas também fortaleceu sua função como hub logístico intercontinental, conectando mercados asiáticos, europeus e africanos com agilidade e precisão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS



A análise da evolução do Porto de Tianjin evidencia que a integração da Inteligência Artificial e da automação nas operações portuárias não se trata apenas de uma tendência tecnológica, mas de uma necessidade estratégica para atender às exigências de um comércio global cada vez mais dinâmico, competitivo e sustentável. Tianjin demonstra que a aplicação de soluções inteligentes vai além da simples modernização de equipamentos, envolvendo uma reestruturação completa da gestão logística, baseada em dados, conectividade e processos autônomos. Essa transformação permitiu ganhos significativos em eficiência operacional, redução de custos, otimização de recursos e, sobretudo, avanços importantes no cumprimento de metas ambientais e de segurança.

Observa-se que o Porto de Tianjin se tornou uma referência mundial ao adotar uma abordagem proativa diante dos desafios contemporâneos, como o aumento do volume de cargas, as pressões por sustentabilidade e a necessidade de resiliência frente a riscos operacionais. A utilização de algoritmos preditivos, sistemas automatizados e ferramentas de monitoramento em tempo real reforça a capacidade do porto de antecipar problemas, ajustar operações de forma dinâmica e manter elevados padrões de desempenho. Esses resultados demonstram que a convergência entre tecnologia e logística é o caminho para redefinir os paradigmas tradicionais do setor portuário, criando modelos mais ágeis, inteligentes e alinhados com as demandas globais.

Por fim, este estudo destaca que a experiência do Porto de Tianjin oferece importantes lições para outros portos ao redor do mundo, especialmente aqueles que buscam modernização e maior inserção no mercado internacional. A adoção de tecnologias como a IA e a automação não deve ser vista apenas como um investimento em infraestrutura, mas como uma estratégia de longo prazo para garantir competitividade, sustentabilidade e segurança. Assim, a redefinição da logística portuária pela tecnologia representa não apenas um avanço operacional, mas uma mudança de paradigma que moldará o futuro do comércio marítimo e das cadeias globais de suprimentos nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS

BASULO-RIBEIRO, Juliana; PIMENTEL, Carina; TEIXEIRA, Leonor. Digital Transformation in Maritime Ports: Defining Smart Gates through Process Improvement in a Portuguese Container Terminal. **Future Internet**, 2024, 16.10: 350.

BLOOR, Max; BOYLE, Tom; CHINTAPATLA, Tara. Failures, repeated—The Tianjin explosion. *Loss Prev. Bull*, 2022, 286: 17.

CHEN, X.; LI, Y.; ZHANG, L. Optimization for multi-resource integrated scheduling in the automated container terminal with a parallel layout. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 172, p. 102-115, 2024.



FAN, Guohao, et al. Has China's Free Trade Zone policy expedited port production and development?. **Marine Policy**, 2022, 137: 104951.

LI, Yanwei, et al. A simulation model of the influence of LNG ships on traffic efficiency at tianjin port. **Journal of Marine Science and Engineering**, 2024, 12.3: 405.

MOURA, H. Q. Comparativo entre os portos do Brasil e o porto Ningbo-Zhoushan. **Repositório Institucional do Conhecimento - RIC-CPS**, 2024.

PIASTRA, Stefano, et al. Operazioni catastali nella concessione italiana di Tianjin (1908-1921 circa). In: Catasti storici. Fonti e strumenti per gli studi geografici e per la storia del territorio. **CISGE**, 2023. p. 462-483.

WANG, Kewen; MA, Haitao. Does urban technological innovation and cooperation promote its green development? Evidence from cities in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China. **Journal of Geographical Sciences**, 2024, 34.10: 1977-2002.

WANG, Peng, et al. Big data–driven carbon emission traceability list and characteristics of ships in maritime transportation—a case study of Tianjin Port. **Environmental Science and Pollution Research**, 2023, 30.27: 71103-71119.

XIAO, Guangnian, et al. Sustainable maritime transport: A review of intelligent shipping technology and green port construction applications. **Journal of Marine Science and Engineering**, 2024, 12.10: 1728.

XIE, Wenxin, et al. Maritime greenhouse gas emission estimation and forecasting through AIS data analytics: a case study of Tianjin port in the context of sustainable development. **Frontiers in Marine Science**, 2023, 10: 1308981.

YANG, Lei, et al. An AIS-based emission inventory and the impact on air quality in Tianjin port based on localized emission factors. **Science of The Total Environment**, 2021, 783: 146869.

YU, Gending, et al. Holistic case study on the explosion of ammonium nitrate in Tianjin Port. **Sustainability**, 2022, 14.6: 3429.

ZHANG, Wei; LI, Jun; WANG, Ming. **Smart ports for sustainable shipping**: concept and practices revisited through the case study of China's Tianjin port. 2024.