



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

Estratégias em portos: o impacto da transformação digital nas operações e gestão portuária

O caso do porto de Roterdão

Filipa Azevedo da Silva

Católica Porto Business School
abril 2023



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

Estratégias em portos: o impacto da transformação digital nas operações e gestão portuária

O caso do porto de Roterdão

Trabalho Final na modalidade de Dissertação
apresentado à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de mestre em Gestão com especialização em Gestão de
Serviços

por

Filipa Azevedo da Silva

sob orientação de
Professor Doutor Luís Marques

Católica Porto Business School
abril 2023

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus pais, por desde sempre me apoiarem na concretização dos meus sonhos e investirem na minha educação.

À minha família, amigos e colegas de trabalho na Natixis, manifesto a minha gratidão pelo apoio e motivação dada durante esta jornada.

Ao meu orientador, Professor Doutor Luís Marques, deixo uma palavra de apreço pela sua contribuição e disponibilidade no curso desta investigação.

Resumo

Atualmente, são vários os desafios enfrentados pelo mundo. A luta contra as alterações climáticas exige uma rápida adoção de soluções energéticas sustentáveis, estando o desenvolvimento e a transformação digital na liderança da mudança. Os portos marítimos, sendo pontos fulcrais para o abastecimento mundial, são particularmente afetados por essas vicissitudes. Consequentemente, para se manterem competitivos e atenderem às necessidades da indústria, em constante evolução, necessitam de melhorar continuamente as suas estratégias.

Nas últimas décadas, tem-se assistido ao culminar das tecnologias digitais, tais como a *internet of things*, a *big data*, a inteligência artificial e a *blockchain*. Estas transformam os processos tradicionais, potenciando o desempenho e a competitividade global dos portos, oferecendo múltiplas oportunidades para aumentar a sua produtividade. A metamorfose de um porto tradicional para um porto inteligente, visa a adoção de tecnologias de informação modernas capazes de monitorizar, automatizar e analisar dados em tempo real, permitindo um melhor planeamento e gestão dentro de e entre diferentes portos. Graças às mais recentes inovações, estes são cada vez mais eficientes, seguros e sustentáveis. No entanto, a implementação da digitalização acarreta vários desafios. Estratégias eficazes na gestão portuária exigem uma abordagem holística sobre toda a cadeia logística. Isso inclui otimizar os processos operacionais, reduzir tempos de resposta, e garantir uma comunicação eficaz entre todas as partes. Desta forma, é crucial desenvolver uma estratégia de transformação digital abrangente que se alinhe com os objetivos do porto, e dê resposta aos atuais desafios impostos pela era digital.

Através do desenvolvimento de um caso de estudo sobre o porto de Roterdão, verificar-se-á de que forma as inovações digitais estão a moldar a modernização do porto. Este tem estado na vanguarda da transformação digital, tendo implementado uma gama de soluções digitais para melhorar as suas operações e gestão. Desta forma, a análise focar-se-á nas principais estratégias digitais implementadas, e nas oportunidades, e desafios que estas representam para o setor.

Palavras-chave: Transformação digital; digitalização; portos inteligentes; estratégia; porto de Roterdão

Número de palavras: 9447

Abstract

Nowadays, the world faces several challenges. The fight against climate change requires the rapid adoption of sustainable energy solutions, with digital development and transformation leading the change. Seaports, being pivotal points for global supply, are particularly affected by these vicissitudes. Consequently, to remain competitive and meet the ever-evolving needs of the industry, they need to continuously improve their strategies.

In recent decades, we have seen the culmination of digital technologies such as the internet of things, big data, artificial intelligence and blockchain. These transform traditional processes, boosting the performance and global competitiveness of ports, offering multiple opportunities to increase their productivity. The metamorphosis from a traditional port to a smart port, aims to adopt modern information technologies capable of monitoring, automating, and analysing data in real time, allowing better planning and management within and between different ports. Thanks to the latest innovations, seaports are increasingly efficient, safe, and sustainable. However, the implementation of digitisation brings several challenges. Effective strategies in port management require a holistic approach over the entire logistics chain. This includes optimising operational processes, reducing response times, and ensuring effective communication between all parties. Thus, it is crucial to develop a comprehensive digital transformation strategy that aligns with the port's objectives, and addresses the current challenges imposed by the digital age.

By developing a case study on the port of Rotterdam, it will be seen how digital innovations are shaping the modernisation of the port. The port has been at the

forefront of digital transformation, having implemented a range of digital solutions to improve its operations and management. Thus, the analysis will focus on the main digital strategies implemented, and the opportunities and challenges these represent for the sector.

Keywords: Digital Transformation; digitalisation; smart ports; strategy; port of Rotterdam

Word count: 9447

Índice

| | |
|---|-------|
| Agradecimentos | v |
| Resumo..... | vii |
| Abstract | x |
| Índice | xiii |
| Índice de Figuras..... | xvi |
| Abreviações | xviii |
| Introdução..... | 20 |
| Revisão da Literatura | 23 |
| 1. Estratégia na era digital..... | 23 |
| 1.1 A importância da estratégia | 23 |
| 1.2 Estratégia em portos | 25 |
| 2. Transformação digital | 27 |
| 2.1 Enquadramento teórico da transformação digital | 27 |
| 2.2 Análise da transformação digital nos portos | 28 |
| 3. Tecnologias digitais | 29 |
| 3.1 Partilha e análise de dados | 30 |
| 3.3 <i>Internet of Things</i> e <i>digital twins</i> | 33 |
| 4. Sistemas de informação e tecnologias digitais de registo | 35 |
| 4.1 Sistema comunitário portuário | 35 |
| 4.2 <i>Blockchain</i> | 36 |
| 5. Cibersegurança nos portos | 37 |
| Metodologia..... | 39 |
| 2.1 Abordagem da pesquisa | 39 |
| 2.2 Recolha e análise de dados | 41 |
| O caso do porto de Roterdão | 43 |
| 3.1 O porto do futuro..... | 43 |
| 3.2 Infraestruturas e aplicações inteligentes | 44 |
| Discussão de resultados..... | 52 |

| | |
|-------------------|----|
| Conclusão..... | 57 |
| Bibliografia..... | 59 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Principais tecnologias com foco na transformação digital da logística e dos portos..... | 30 |
| Figura 2: Sistema Comunitário Portuário | 36 |
| Figura 3: Área do porto de Roterdão | 43 |

Abreviações

AGVs – Veículos guiados automaticamente

AIS – Sistema Automático de Identificação

ALAT - Approximate Lowest Astronomical Tide

EDI – Eletronic Data Interchange

ETA – Estimated Time of Arrival

ETD – Estimated Time of Departure

IA – Inteligência Artificial

IoT – Internet of Things

NAP - Nieuw Amsterdams Peil

OCR – Reconhecimento Ótico de Caracteres

OMI – Organização Marítima Internacional

RFID – Identificação por Rádio Frequência

RWG – Rotterdam World Gateway

SCP – Sistema Comunitário Portuário

TD – Transformação Digital

Introdução

Na última década, a revolução digital surgiu como um dos principais impulsionadores da mudança no setor portuário e marítimo. O desenvolvimento digital é de importância relativa, no entanto apresenta-se como um enorme desafio para o setor. Os portos marítimos são particularmente afetados pelas mudanças tecnológicas devido às elevadas exigências do setor da logística, pelo que a inovação digital é essencial para se manterem competitivos. Desta forma, um dos objetivos essenciais a ser tomado no setor portuário é o da digitalização e o da automação.

Os portos são um elemento essencial no desenvolvimento económico de uma nação, sendo a espinha dorsal do comércio global e a porta de entrada nos mercados estrangeiros. Devido à sua capacidade de captar valor, desempenham um papel central no desenvolvimento da economia azul, sendo ambientes intrinsecamente grandes e complexos, com uma vasta gama de atividades e atores (UNCTAD, 2020). No entanto, o seu poder perde-se numa desvantagem: o da pegada de carbono. Em virtude do aumento da procura de transporte marítimo, da volatilidade das condições económicas, geopolíticas e sociais e do aumento da competitividade global, é de crescente importância que os portos otimizem as suas funcionalidades em termos económicos, ambientais, energéticos e de segurança, de forma a assegurarem a sua eficiência e sustentabilidade.

No contexto atual, reforça-se a importância da adoção de um novo conceito de governação portuária, sendo essencial a implementação de soluções digitais que permitam a transição de portos tradicionais para portos inteligentes, e mais

sustentáveis. Esta transformação visa a implementação de um modelo de operação portuária altamente eficiente e rentável que promova a inovação, diminua custos e tempo de desempenho operacional, reduza as emissões de carbono, melhore o fluxo de informação e tomada de decisão, reduza a quantidade de documentos físicos nos processos operacionais, e melhore a gestão das relações com os *stakeholders*. Estas são algumas das vantagens das quais os terminais portuários poderão beneficiar através da adoção de tecnologias digitais da Indústria 4.0 (Molavi et al., 2020). De entre as tecnologias mais promissoras, realça-se o potencial da *internet of things* (IoT), *big data*, inteligência artificial (IA) e *blockchain*.

Pelo facto de ainda serem poucos os estudos feitos no campo da estratégia e da inovação digital aplicada aos portos, *stakeholders* e empresas do setor dos transportes marítimos debatem-se com a falta de consciencialização, estratégias adequadas e iniciativas implementadoras de uma transformação digital bem-sucedida. É particularmente notória a falta de investigação e de artigos científicos que apresentem uma visão abrangente da transformação digital (TD) no setor do transporte marítimo, sendo que a maior parte da investigação atual está centrada na TD dos transportes em geral e na tendência de digitalização do setor. Apenas alguns estudos se debruçam sobre a capacidade das tecnologias digitais da Indústria 4.0 para a competitividade global do setor.

Por conseguinte, de forma a ser ultrapassada esta lacuna e de modo a haver uma compreensão mais abrangente da TD no setor portuário, o objetivo é estudar o impacto da adoção de tecnologias digitais emergentes nos processos organizacionais e operacionais portuários. Neste estudo, serão abordadas as seguintes questões de investigação:

- *Por que razão é importante delinear uma estratégia digital nos portos?*
- *Como são utilizadas as tecnologias digitais nos portos?*
- *Como é que as tecnologias digitais facilitam o funcionamento eficiente e sustentável dos portos?*

Com o intuito de abordar e dar respostas às principais questões de investigação, foi realizado um estudo de caso sobre a autoridade do porto de Roterdão. Para esta investigação, apenas foi feito recurso a dados secundários para ser possível compreender como um dos portos mais digitais está a moldar a sua estratégia na atual era digital. Desta forma, a análise focou-se nas principais estratégias digitais implementadas, e nas oportunidades, e desafios que estas representam para o porto.

Para este efeito, a dissertação está estruturada em cinco secções. Na primeira secção, será feita uma revisão da literatura no campo do tema de investigação, mencionando os conceitos e teorias chave referentes à estratégia, transformação digital e tecnologias digitais. A segunda secção debruçar-se-á sobre os métodos de investigação, na qual a metodologia escolhida para conduzir esta investigação será descrita e justificada, bem como as técnicas utilizadas para a recolha e análise de dados. Na terceira secção, será apresentado o caso de estudo sobre o porto de Roterdão, sendo fornecida uma visão geral da autoridade portuária, e descrita a evolução das soluções digitais implementadas pela entidade. A quarta secção está destinada à discussão dos resultados, ligando a literatura existente com as conclusões do caso de estudo. Por fim, a quinta secção apresentará as principais conclusões da investigação, bem como as limitações encontradas durante o seu desenvolvimento e as possíveis investigações futuras que podem ser feitas sobre este tópico.

Capítulo 1

Revisão da Literatura

1. Estratégia na era digital

1.1 A importância da estratégia

“Strategy is the creation of a unique and differentiated position involving a different set of activities.”

Porter, M.E., 1996

A definição de um plano estratégico ajuda os líderes a gerir eficazmente, uma vez que melhora a qualidade da tomada de decisão, facilita a coordenação, e apoia as organizações na concretização de objetivos a longo prazo. No entanto, algumas empresas não alcançam o sucesso pretendido devido a ações inconsistentes (Grant, 2019). De acordo com Porter (1996), as empresas devem focar-se numa estratégia que se concentre em estabelecer uma posição distinta e valiosa no mercado. Desta forma, é vital compreender e avaliar o ambiente em que a empresa se insere, a forma como se diferencia, e em que direção se desenvolve, de forma a serem encontradas estratégias e práticas que potenciem o seu crescimento. Uma vez que a fonte central da vantagem competitiva de uma organização provém dos seus recursos e capacidades, a inovação apresenta-se assim como um ponto-chave para o alcance das respetivas prioridades competitivas, e uma barreira contra a incerteza. Esta sempre foi essencial para a criação de valor e resiliência a longo prazo, pois cria fluxos de receitas contra cíclicos e não cíclicos, apresentando-se como um motor fundamental do progresso económico (McKinsey & Company, 2023).

Advindo dos mais recentes eventos, o impulso na inovação é crescente, verificando-se crescentes progressos particularmente em países desenvolvidos. De forma a serem explorados os benefícios da digitalização, é crucial introduzir novas soluções digitais e técnicas que criem entendimento e aceitação entre os membros de uma organização, especialmente, pelo facto de a digitalização ser um domínio pouco explorado em algumas empresas. Apesar de o facto de a gestão estratégica estar em grande parte preocupada com a forma como as empresas geram e sustentam uma vantagem competitiva, através de domínios menos usuais, estudos revelam que muitos gestores carecem de conhecimentos para avaliar os requisitos estratégicos necessários à implementação de uma estratégia baseada na digitalização (Arvidsson & Hölstrom, 2018; Weill et al., 2019). Além do mais, para implementar uma digitalização com sucesso, é essencial alimentar um ecossistema onde a inovação e as ideias disruptivas prosperem, para assegurar que nenhuma empresa se distancie de si própria, nos desenvolvimentos do seu sector e do dos seus concorrentes. Em alguns casos, o problema não reside na tecnologia, mas na forma como os líderes definem, lideram e comunicam a transformação digital. Segundo Rogers (2016), a transformação digital não tem especificamente a ver com a adoção de determinadas tecnologias disruptivas, mas sim com a redefinição da estratégia empresarial de uma empresa e a liderança, sendo este um caminho para encontrar novas formas de pensamento.

O potencial de rutura de uma organização é enorme, principalmente em tempos de perturbação e grande incerteza, sendo essencial planear com antecedência e com uma visão estratégica clara, que associe o investimento com oportunidades comprovadas de crescimento, progresso e inovação. Daí ser iminente que, quanto mais turbulento for o ambiente, mais a estratégia deve

abraçar flexibilidade e capacidade de resposta à incerteza futura. Isto posto, é imprescindível a colaboração entre as organizações e os *stakeholders*, a fim de garantir solidez e eficiência (Grant, 2019, p.13).

1.2 Estratégia em portos

Ao longo da última década, tem havido um aumento anual constante do tráfego de mercadorias. No entanto, o impacto da crise pandémica de COVID-19 e as sanções contra a Rússia devido à guerra na Ucrânia, provocaram um declínio no transporte de contentores, demonstrando a dependência da economia global nos transportes marítimos. Efetivamente, mais de 80% do volume de comércio global de mercadorias é transportado por via marítima (UNCTAD, 2020), logo os portos apresentam-se como um elo de ligação fundamental na cadeia de abastecimento internacional, sendo catalisadores do crescimento económico e meios essenciais para que todos os países, incluindo aqueles sem litoral, possam aceder aos mercados globais (Hollen, 2015).

O desenvolvimento de um plano estratégico nos portos é essencial para serem avaliadas as mudanças no ambiente do mercado e os riscos associados à globalização (Notteboom et al., 2022). Uma estratégia ambiciosa e detalhada proporciona um sentido de orientação e progresso em direção a objetivos que contribuem para a competitividade e atratividade dos portos marítimos. Sem uma intenção estratégica clara, os portos não podem desenvolver uma estratégia dinâmica, comprometendo a posição de qualquer país no mapa do centro logístico global, assim como, a atribuição de fundos de investimento para fazer avançar uma nova geração de portos, os portos inteligentes. Neste sentido, é essencial desenvolver e implementar uma estratégia que promova as tecnologias digitais de forma a ser criada vantagem competitiva e diferenciação estratégica, permitindo-lhes criar valor de negócio e estabelecer benefícios de longo alcance

para muitas empresas com atividades associadas (Bharadwaj et al., 2013). Na verdade, este é um setor que se constitui chave para a transformação digital. Principalmente, pelo facto de o eficiente processamento das informações logísticas ser fundamental para aumentar a eficiência e a segurança na troca de dados e na navegação, e assegurar a fiabilidade da cadeia de abastecimento global.

É evidente que os portos inteligentes são inevitavelmente indispensáveis para uma resposta rápida, flexível e colaborativa às exigências dos clientes. Desta forma, face ao clima de constante mudança que se faz sentir na cadeia portuária, torna-se essencial integrar certos princípios a nível da governação e organização portuária. Isso inclui determinar quais as estratégias e modelos de negócios mais adequados às suas necessidades. No entanto, através de uma implementação bem-sucedida da automatização, assim como de um planeamento e gestão cuidadoso dos recursos, esses tipos de dificuldades podem ser superados. De acordo com um relatório redigido pela consultora McKinsey & Company (2018), através de um investimento em tecnologias digitais é possível reduzir as despesas operacionais entre 25% a 55%, e aumentar a produtividade entre 10% a 35%. No entanto, é necessário ter em atenção a necessidade de reter talento e de munir os operacionais técnicos das capacidades necessárias para se fazerem cumprir os objetivos estratégicos da automação. Isto porque, existe uma escassez notória de técnicos especializados, e muitas autoridades portuárias subestimam a necessidade de adquirir capacidades, nomeadamente em termos de planeamento e execução de atividades (McKinsey & Company, 2018).

Outro ponto importante foca-se na colaboração entre parceiros na cadeia logística, e no uso de soluções, com base em dados digitais, com vista a manter a competitividade. A colaboração horizontal entre empresas de transporte e

prestadores de serviços de logística é importante para criar cadeias de abastecimento mais curtas, convenientes, sustentáveis e económicas. No entanto, colaborações deste tipo podem ser complexas, especialmente quanto a protocolos de partilha de dados e proteção da competitividade de cada parte. Consequentemente, são indispensáveis novos modelos de governação que criem confiança entre ambas as partes e garantam uma distribuição justa de custos, esforço, receitas e retorno para uma cooperação de sucesso (Notteboom et al., 2022a).

2. Transformação digital

2.1 Enquadramento teórico da transformação digital

A TD é atualmente uma tendência relevante e com grande impacto em diversos setores industriais. Esta refere-se à utilização de novas tecnologias digitais para permitir melhorias empresariais, ou para inovar os modelos de negócio em termos estratégicos e operacionais (Morakanyane et al., 2017). É possível descrever a TD utilizando vários termos conceptuais, tais como digitalização e digitização, sendo útil distingui-los uma vez que são frequentemente utilizados de forma indiferenciada numa vasta gama de literatura. Tilson et al. (2010) descreve a digitalização como o processo de conversão de recursos analógicos para um formato digital, enquanto o termo digitização é definido como um processo sociotécnico de aplicação de tecnologias digitais em contextos sociais e institucionais mais amplos, que tornam as tecnologias digitais infraestruturais. A digitalização centra-se principalmente na automatização dos processos empresariais, automatização das operações, bem como no processamento da informação para aumentar a produtividade e

sustentabilidade empresarial (Heilig et al., 2017), transformando a forma como as empresas operam e entregam valor aos seus clientes.

A TD das atividades que compõem a cadeia de valor é uma estratégia promissora, que assegurará um desempenho empresarial sustentado. No entanto, a integração e exploração de novas tecnologias digitais apresenta-se como um dos maiores desafios para as empresas, visto estas se debaterem com uma incapacidade de adaptação às mesmas (Hess et al., 2016). Nos últimos anos, empresas dos mais vastos setores industriais têm desenvolvido uma variedade de iniciativas, de forma que as tecnologias disruptivas sejam exploradas e adotadas. Este tipo de ações envolvem uma transformação das principais operações comerciais, afetando produtos, serviços e processos, bem como estruturas organizacionais e práticas de gestão (Matt et al., 2015).

2.2 Análise da transformação digital nos portos

Nas últimas décadas, assim como outros setores da economia, o setor portuário experienciou uma TD em inúmeras áreas. A inovação digital está a reformular as regras da indústria, tendo vindo a transformar as suas práticas através da otimização das cadeias de abastecimento e da utilização de equipamentos inteligentes, capazes de replicar as capacidades cognitivas humanas na gestão de processos, controlo das operações, e partilha de informação (Parola et al. 2020). Contudo, o processo de transformação digital deu-se principalmente pela vontade individual dos portos e pelo seu capital disponível. De acordo com um estudo realizado pela PwC (2016), o setor está a investir aproximadamente 5% das suas receitas anuais em novas tecnologias digitais, de forma a inovar e a tornar-se mais competitivo no mercado. São vários os países costeiros que têm transformado digitalmente os seus portos, no entanto, apenas 20% dos 4.900 portos a nível mundial estabeleceram, ou planeiam em

estabelecer, meios digitais para assegurar a conectividade da cadeia de transportes marítimos (UNCTAD, 2021).

3. Tecnologias digitais

As tecnologias digitais relacionadas com a Indústria 4.0 estão a moldar o ambiente competitivo dos portos marítimos, oferecendo-lhes um conjunto de benefícios a nível da eficiência operacional, redução de custos, processo de tomada de decisões e gestão da relação com os *stakeholders* (Lee et al., 2016). Através das inovações digitais, os portos poderão melhorar o desempenho e a resiliência das cadeias de abastecimento marítimo, criando um ecossistema digital eficiente que combine infraestruturas físicas com *software*, sensores e nanotecnologia. A atual revolução digital tem sido um dos principais motores de mudança, levando ao avanço dos portos inteligentes, e à criação de um novo ecossistema na indústria marítima onde a inovação tecnológica prospera, criando um elevado nível de conectividade entre portos.

Numa infraestrutura automatizada, como a de um porto inteligente, as tecnologias mais utilizadas são a IoT, IA, *blockchain* e *big data* (Figura 1). Enquanto algumas dessas tecnologias têm um elevado nível de maturidade no sector marítimo, outras encontram-se subdesenvolvidas.

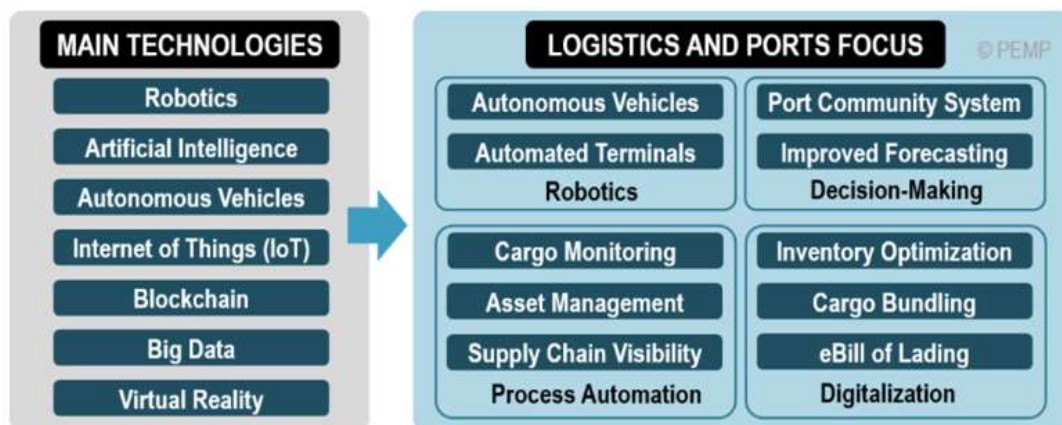


Figura 1: Principais tecnologias com foco na transformação digital da logística e dos portos
Fonte: Notteboom, T., Pallis, A. A., & Rodrigue, J. (2022b). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge. p.158. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>

3.1 Partilha e análise de dados

A partilha de dados nos portos marítimos refere-se tipicamente à troca de informações entre diferentes *stakeholders*, tais como autoridades portuárias, empresas de transporte marítimo e manipuladores de carga, sendo fundamental para melhorar a qualidade e disponibilidade de informações entre ambos. Estas trocas podem envolver uma variedade de tipos de dados, incluindo informações de chegada e partida de navios, detalhes de carga, e dados relativos às condições meteorológicas. Há várias razões pelas quais a partilha de dados é importante nos portos marítimos. Por exemplo, pode melhorar a eficiência das operações portuárias, permitindo aos *stakeholders* coordenar as suas atividades de forma mais eficaz e segura, assim como também pode ajudar a reduzir custos e a melhorar a sustentabilidade ambiental das operações portuárias, permitindo uma utilização mais eficiente dos recursos. Existem várias formas de partilhar dados nos portos, incluindo através da utilização de sistemas eletrónicos de partilha de dados, tais como o *Electronic Data Interchange* (EDI) ou plataformas baseadas na *web*. Estes sistemas permitem aos *stakeholders* trocar dados num

formato padronizado, o que ajuda a assegurar que os mesmos sejam exatos e possam ser facilmente processados (*World Bank*, 2020).

Para além dos sistemas eletrónicos de partilha de dados, a partilha de informações nos portos marítimos também pode ocorrer através da utilização de bases de dados partilhadas ou outras formas de colaboração. Por exemplo, as autoridades portuárias podem trabalhar com empresas de navegação para desenvolver e manter uma base partilhada de informações sobre navios e cargas, a que ambas as partes podem ter acesso. Isto pode ajudar a melhorar a exatidão e a atualidade dos dados, bem como a reduzir a carga de recolha e manutenção de informações para os intervenientes individuais.

A partilha de dados é um aspeto fundamental para melhorar a qualidade e disponibilidade de informações entre navios e portos, desempenhando um papel vital a respeito da otimização das operações portuárias. Diariamente, um operacional portuário tem acesso a uma grande quantidade de dados, disponibilizados pelas companhias marítimas, mas pelas vastas diferenças de formatação e de sistemas operacionais, o processamento das informações torna-se intrincado. Tendo em vista que as operações marítimas e portuárias exigem a troca constante de informações sobre as condições meteorológicas e de navegação, se as bases de dados não forem constantemente atualizadas, a sua leitura fica comprometida, devido a erros e atrasos nas atualizações (*World Bank*, 2020). Os dados de localização em tempo real são os mais importantes para o planeamento das operações portuárias e para a navegação do navio, sendo que a partir do Sistema Automático de Identificação (AIS), um *standard* internacional para a comunicação entre navios, introduzido pela Organização Marítima Internacional (OMI), é possível obter um relatório detalhado do tráfego marítimo de uma determinada zona (Pereira, 2018). Este sistema permite enviar e receber

informações do navio, tais como a sua posição, percurso, velocidade e carga transportada.

Até ao momento, têm-se verificado uniformidades na troca de informações entre navios e portos, devido a irregularidades na utilização da linguagem em código através do AIS. Esta situação leva a falhas na comunicação que podem colocar em risco a segurança marítima e o curso normal das atividades. Até que as organizações portuárias tenham acesso a informação harmonizada sobre as cadeias logísticas, e esta possa ser partilhada e incorporada em algoritmos, será posta em causa a eficiência portuária, a segurança marítima e a qualidade da tomada de decisões operacionais referentes à chegada e partida de navios (Kos et al., 2013). A ausência de protocolos internacionais sobre a troca de informações cria barreiras à indústria portuária, dando origem a *bottlenecks* operacionais e a um aumento das emissões de gás com efeito de estufa, reduzindo assim a eficiência geral do porto e a sua competitividade.

3.2 Automação e robótica

A incorporação da automação na indústria garante maior qualidade no trabalho e a redução de custos operacionais, aumentando a capacidade de planeamento, adaptação e resposta de uma empresa num mercado competitivo (IBM, n.d.).

Nos portos, a automação e a robótica impulsionaram o desenvolvimento dos terminais, levando à otimização de atividades, tanto em terra como em mar. As operações de movimentação de carga nos terminais de contentores combinam interações homem-máquina particularmente perigosas. No entanto, através da automação é possível controlar remotamente estas atividades, em condições seguras e eficientes, assegurando que mais de 90% das tarefas estejam livres de

intervenção humana. Um exemplo que ilustra o referido é o sistema de controlo dos portões. Recorrendo-se a tecnologias, como o reconhecimento ótico de caracteres (OCR) e a identificação por rádio frequência (RFID), é possível monitorizar a entrada e saída de camiões, identificar veículos e motoristas, e ajudá-los na condução pelo terminal. Além do mais, através da utilização de *softwares* de monitorização do fluxo de mercadorias pelo porto, é possível alcançar a otimização da capacidade e espaço dos terminais (Notteboom et al., 2022b).

Já no terminal, o transporte de cargas através de veículos totalmente automatizados é possível graças à incorporação de sensores nas suas infraestruturas, permitindo detetar a posição de outros objetos no seu redor, durante a trajetória, assegurando uma condução segura. Nestas situações, a segurança no terminal é garantida devido à incorporação de cercas virtuais, que criam uma rede de segurança em torno dos equipamentos. Através destas tecnologias, é possível combinar operações de veículos automatizados, empilhadoras e operadores, evitando-se erros e acidentes (COREALIS, 2020). Além do mais, a fim de garantir a segurança dos portos, o recurso a *drones* é feito para salvaguardar ações de vigilância, monitorização de operações e deteção de problemas na manutenção de equipamentos e navios. Contudo, até ao momento, existem regulamentos que impõem certas limitações à utilização destes dispositivos.

3.3 *Internet of Things e digital twins*

A IoT é definida como uma rede que tudo permite interligar, garantindo uma gestão distribuída da informação entre os sistemas ciberfísicos e as plataformas de gestão. Conecta objetos inteligentes a uma rede com distintas tecnologias e fornece vários recursos de suporte, como identificação inteligente, informações

de localização, acompanhamento de objetos, e monitorização e gestão de projetos (Borgia, 2014).

A IoT é a principal tecnologia utilizada nos portos inteligentes. Com recurso a esta ferramenta é possível, através de sensores e transmissores incorporados nas embarcações e equipamentos de bordo, fazer o controlo em tempo real da movimentação de uma embarcação, monitorizar o processo de armazenagem, controlar a temperatura de um contentor de carga, e evitar o congestionamento de uma área portuária (De Langen, et al., 2010). Ademais, a IoT permite monitorizar qualquer operação ou movimentação que ocorra dentro dos terminais, visando a tomada de ações imediatas no solucionamento de acidentes ou *bottlenecks* (Haddud et al., 2017).

Graças ao desenvolvimento de sistemas de sensorização, é possível que todos os ativos portuários estejam conectados, desde veículos e equipamentos autónomos ou robotizados a infraestruturas e mercadorias. Por conseguinte, grandes quantidades de dados são produzidas e disponibilizadas para análise, permitindo a tomada eficaz de decisões, a automatização de processos e a identificação de padrões nas operações, permitindo uma visão cada vez mais precisa e em tempo real de todas as ações (Notteboom et al., 2022b). Além do mais, na eventualidade de falhas nas tecnologias IoT, são emitidos alarmes aos departamentos de manutenção, de forma a serem criadas ordens de reparo, permitindo a antecipação e otimização de processos de manutenção, economizando tempo e aumentando a segurança e a vida útil dos equipamentos portuários. Ao se integrarem sensores nas infraestruturas para recolher informações para a criação de *digital twins*, é possível fazer uma monitorização eficiente de máquinas, ou de outro tipo de objetos, visto estes dispositivos permitirem uma réplica exata das instalações portuárias, veículos e navios (Notteboom et al., 2022b). Um *digital twin* satisfaz vários propósitos, sendo útil para fazer monitorizações em tempo real e realizar relatórios, apresentando-se

como um recurso útil na previsão de eventos futuros. Ao analisar dados históricos, o modelo do *digital twin* pode simular eventos sob condições programáveis específicas (World Bank, 2020).

4. Sistemas de informação e tecnologias digitais de registo

4.1 Sistema comunitário portuário

A grande maioria dos portos utiliza um sistema destinado a facilitar a troca de informações entre todas as partes envolvidas nas atividades relacionadas com o porto. Conhecido como o Sistema Comunitário Portuário (SCP) (Figura 2), esta é uma plataforma que conecta vários sistemas e bases de dados, funcionando como uma janela única nacional, que interliga os portos marítimos com os *stakeholders* públicos e privados da cadeia logística. Esta plataforma automatiza a partilha de dados em tempo real, permitindo uma melhor gestão com toda a rede portuária (Sinay, 2022). O objetivo é o de estabelecer um fluxo ininterrupto de informações na zona portuária, abrangendo a maioria dos processos, desde a chegada do navio às instalações portuárias até à entrega dos contentores, num centro de distribuição logística. Para cada porto, foram desenvolvidos vários sistemas comunitários portuários (Notteboom et al., 2022b).



Figura 2: Sistema Comunitário Portuário

Fonte: Notteboom, T., Pallis, A. A., & Rodrigue, J. (2022b). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge. p.158. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>

4.2 Blockchain

A tecnologia *blockchain* é uma inovação que permite realizar transações seguras, descentralizadas e sem intermediários, facilitando as trocas comerciais e reduzindo o tempo gasto manualmente no cruzamento de dados. Cada bloco contém um registo de várias transações, criando um vínculo que regista permanentemente e inalteravelmente todas as transações ocorridas na cadeia. Na logística portuária, a *blockchain* tem o potencial de transformar os processos portuários ao documentar, validar e proteger cada ocorrência (Weernink et al., 2017). Ao transmitir informações em tempo real sobre o movimento e a origem das mercadorias, permite uma melhor gestão das cadeias de abastecimento. Esta tecnologia pode agregar valor à logística portuária, oferecendo transparência, segurança, eficiência e previsibilidade (UNCTAD, 2022).

5. Cibersegurança nos portos

Atualmente, é importante reconhecer os ciberataques como uma ameaça iminente para a resiliência dos portos, uma vez que as tecnologias IoT introduzem vastas vulnerabilidades. Conseqüentemente, é imperativo dotá-las das melhores ferramentas para os possíveis impactos que a digitalização possa causar nas operações. Muitos dos desenvolvimentos digitais incorridos em infraestruturas portuárias foram implementados sem nunca se ter pensado na proteção contra-ataques digitais ao *hardware* e *software*. Por conseguinte, é prioritário que os *stakeholders* tomem iniciativas e melhorem as medidas de cibersegurança face ao comércio marítimo, de forma a serem protegidas tanto as tecnologias de transporte como as mercadorias (UNCTAD, 2021). O progresso da revolução digital é impedido por uma falha na proteção de dados, pois representa um risco não apenas para os clientes finais, mas também para os fornecedores. Um relatório redigido pelo *World Bank* e pela *International Association of Ports* (2020) apurou que, entre fevereiro e maio de 2020, os ciberataques no setor marítimo aumentaram aproximadamente 400%. Falhas em endereçar estes problemas podem resultar em danos, perda ou desvio de carga, com conseqüências para a responsabilidade nos contratos de transporte marítimo, e potencialmente expondo terceiros que operem nos terminais (UNCTAD, 2021). Em relação às falhas na segurança, os líderes portuários necessitam de se especializar na matéria, de forma a saberem responder estrategicamente às ciberameaças e comunicar os incidentes dentro da comunidade portuária (*World Bank*, 2020). Ao serem ativados mecanismos de alerta (alertas de segurança, relatórios de atividade suspeita e notificações de violação de segurança), as informações fluirão entre os operacionais de segurança, para que todos os membros façam uma gestão e alocação dos recursos necessários face aos ataques (*World Bank*, 2020, pg.20). A melhor abordagem para

reduzir os ciberataques é implementando uma estrutura de segurança que auxilie na gestão e mitigação dos riscos associados, e ajude a compreender a importância de estar alerta e do compromisso com boas práticas de segurança. Se a confidencialidade, integridade e disponibilidade das informações estiverem protegidas contra os ciberataques, é possível atingir um nível de resiliência avançado.

Capítulo 2

Metodologia

2.1 Abordagem da pesquisa

Nesta secção serão brevemente descritas as metodologias de investigação utilizadas no estudo em questão, sendo sustentada a razão pela qual foi adotada uma abordagem de investigação qualitativa, assim como, a do desenvolvimento de um estudo de caso.

Uma vez que o objetivo desta análise se prende com a compreensão do impacto da transformação digital nos portos, de forma a que as questões de pesquisa sejam respondidas, será colocada em prática uma estratégia de investigação baseada no método de análise qualitativo, sendo este o mais apropriado para explorar a complexidade do fenómeno de estudo, porque permite uma compreensão aprofundada do caso analisado, através da pesquisa e análise de dados não numéricos (Bryman & Bell, 2011). Uma abordagem de estudo qualitativa é considerada a mais adequada para a análise de empresas detentoras de recursos únicos, a par da identificação e investigação do impacto dos mesmos na sua vantagem competitiva (Easterby-Smith et al., 2018). Para além do mais, foi constatado que a pesquisa qualitativa está gradualmente a tornar-se numa importante estratégia de investigação na área das ciências sociais e de outros campos relacionados, tal como a gestão estratégica (Denzin & Lincoln, 2017).

Em virtude da natureza da pesquisa, será realizado um estudo de caso descritivo. Os estudos de caso são uma estratégia de investigação adequada para responder a perguntas sobre um conjunto de eventos sobre os quais o

investigador tem pouco ou nenhum controlo (Yin, 2003). Na teoria, este deve ser considerado quando o objetivo do estudo é o de responder a perguntas de “como” e “porquê”; quando não é possível manipular o comportamento dos intervenientes no estudo; quando se pretende abranger as condições contextuais, porque se considera que são relevantes para o fenómeno de estudo; e por fim, quando os limites entre o problema e o contexto não são claros (Yin, 2003). O objetivo deste tipo de estudo é a obtenção de informações e não a gestão de conclusões estatísticas. Este é o método mais adequado para se realizarem investigações holísticas e estudos de gestão, permitindo que os dados sejam examinados em contextos específicos. Além, de que é de relevante importância para compreender fenómenos, em contexto real, que se estabeleçam dentro e fora de uma organização (Van der Valk, 2008).

A fim do objetivo de investigação ser atingido, o estudo incidiu-se sobre a autoridade do porto de Roterdão, visto representar um exemplo perfeito de uma entidade portuária de excelência e com elevado nível de maturidade digital. De uma forma geral, o porto de Roterdão é um centro vital para o comércio global de mercadorias. Graças à sua excelente localização estratégica, conectividade e compromisso sustentável, é um ponto essencial para o comércio internacional.

A estratégia de digitalização das autoridades portuárias é um fenómeno ainda em fase emergente. Existe uma disponibilidade limitada de dados, o que impossibilita conclusões empíricas sobre o caminho de desenvolvimento digital dos portos. No entanto, a análise de um caso de estudo, com incidência sobre um único porto e com uma estratégia clara de digitalização, fornece um contributo valioso para desenvolver uma estrutura de trabalho sólida, para uma análise qualitativa sobre a adoção de estratégias de transformação digital no setor portuário. A escolha específica do porto de Roterdão foi impulsionada pelo facto

de este ter sido um dos primeiros, na Europa, a adotar tecnologias digitais disruptivas a larga escala. Em comparação com os concorrentes mais próximos, este encontra-se na vanguarda desses desenvolvimentos.

2.2 Recolha e análise de dados

A fim de se iniciar o desenvolvimento do estudo de caso, recorreu-se única e exclusivamente à análise de documentos secundários. Desta forma, a investigação fundamentou-se em dados recolhidos pela autoridade portuária, ao longo do curso da sua atividade.

As fontes de informação utilizadas para fazer a extração dos dados de pesquisa, foram nomeadamente:

- Destaques dos relatórios anuais dos últimos três anos;
- *Port Vision*;
- Livros, artigos científicos e estudos de caso;
- Site do porto de Roterdão;
- Entrevistas, conferências e vídeos institucionais.

A autoridade do porto de Roterdão é uma entidade de grande relevância a nível público, daí haver uma grande quantidade de dados secundários disponíveis. À vista disso, foi possível avaliar a informação antes desta ter sido usada, de forma que fosse possível rejeitar dados desajustados, e fosse dada prioridade à análise e interpretação dos mesmos. Como resultado, de forma a garantir a qualidade dos dados recolhidos, a investigação focou-se na análise de informações institucionais, livros/artigos escritos por especialistas do setor, e vídeos disponíveis no próprio canal de YouTube do porto de Roterdão.

A análise da informação recolhida seguiu um processo detalhado. Ao longo da pesquisa, o foco prendeu-se na procura das respetivas palavras-chave:

transformação digital, digitalização, portos inteligentes, estratégia e porto de Roterdão. Deste modo, foi feita uma investigação minuciosa nas fontes de informação acima mencionadas, a fim de se determinar se continham, no título ou no corpo do texto, pelo menos um dos termos de pesquisa mencionados. De seguida, a informação foi lida em detalhe, a fim de ser extraída a informação com o teor de relevância mais elevado. Este método contribuiu para que se reduzisse a quantidade de dados extraídos e se cingisse apenas à informação mais relevante para o tema. Por conseguinte, foi desenvolvida uma comparação dos dados selecionados das diferentes fontes de informação, a fim de se verificar a veracidade e fiabilidade da informação. Posteriormente, organizaram-se os dados relativos à adoção de estratégias da digitalização, de forma que os mesmos se encontrassem organizados cronologicamente, contribuindo para uma melhor compreensão e explicação da evolução digital do porto. Por fim, após o cruzamento dos dados, fez-se a interpretação das informações.

Capítulo 3

O caso do porto de Roterdão

3.1 O porto do futuro

O porto de Roterdão é um dos maiores e mais antigos portos marítimos da Europa, sendo um dos mais inovadores e movimentados do mundo. Estando localizado na cidade de Roterdão, na costa dos Países Baixos, encontra-se num ponto de distribuição estratégico, devido à sua localização no delta dos rios Reno e Mosa (Figura 3). Com excelentes ligações ferroviárias, rodoviárias e fluviais, permite o transporte eficiente de mercadorias por toda a Europa. É por isso designado como um dos mais importantes centros de logística e distribuição do comércio global de mercadorias, visto encontrar-se conectado a mais de mil portos em todo o mundo. Atualmente, o porto estende-se por 42 quilómetros, atraca mais de 140.000 navios, e movimenta cerca de 460 milhões de toneladas de carga, anualmente (Port of Rotterdam Authority, 2020).



Figura 3: Área do porto de Roterdão

Fonte: Port of Rotterdam Authority. (2022). *Highlights annual report 2022*. https://reporting.portofrotterdam.com/FbContent.aspx/pub_1011/downloads/v230308134647/Highlights-annual-report-2022-Port-of-Rotterdam-Authority.pdf

A autoridade do porto de Roterdão visa melhorar a sua posição competitiva como centro logístico e complexo industrial a nível mundial. Consequentemente, os seus objetivos passam por aumentar a eficiência portuária e melhorar os fluxos comerciais com base em três pilares estratégicos fundamentais: a sustentabilidade, a digitalização e a inovação. Para além do seu foco estar em manter uma navegação fluída e segura, tem também como propósito criar um porto ecológico, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Estando comprometido com esta meta, tem vindo ao longo dos últimos anos, a implementar inúmeras iniciativas para reduzir a sua pegada ecológica. Isto tem a intenção de o tornar num porto neutro em carbono até 2050, através da adoção de medidas que incentivem a utilização de energias renováveis (PortVision, 2019). Desta forma, está continuamente à procura de novas alternativas que tornem o porto mais inteligente, eficiente, seguro e sustentável. Como resultado, incentiva e contribui para o desenvolvimento da inovação e do empreendedorismo. Investimentos consideráveis em redes sem fios, sensores, cibersegurança e *smart services* permitirão ao porto acompanhar e moldar-se ao atual ambiente competitivo, de forma a ir ao encontro das necessidades dos seus clientes e das ambições das inúmeras empresas que nele se encontram sediadas. Tornar um porto inteligente passa por tomar as decisões certas e alinhar as mesmas com uma boa estratégia. O desafio passa por minimizar qualquer tipo de desperdício em termos de tempo, dinheiro, capacidade e energia.

3.2 Infraestruturas e aplicações inteligentes

A autoridade do porto de Roterdão, é pioneira e disruptiva na Indústria 4.0 e fundou, em abril de 2015, o projeto *SMART PORT*. O projeto teve, desde o seu início, o intuito de acelerar a inovação e tornar o porto numa infraestrutura cada vez mais inteligente. Consequentemente, grandes passos foram dados no sentido

de tornar o porto num lugar onde a inovação se encontra no centro das suas competências, onde exista cooperação e partilha fluente de conhecimento. No entanto, tais desenvolvimentos exigem uma mudança de paradigma de base e, a fim de poderem os portos beneficiar de tais avanços, a sua gestão tem de ser proativa e sedenta de novas oportunidades de negócio. Apenas desse modo será possível adaptar-se aos desafios impostos pela digitalização, a automação, a transição energética e as alterações climáticas (SmartPort, n.d.).

Como resultado, após ter passado por várias etapas da transformação digital, atualmente, o porto encontra-se totalmente interligado, de modo que todos os ativos que nele se encontram troquem informações de forma independente e contínua. Graças à implementação de tecnologias disruptivas, tais como a IoT, *blockchain* e IA, o porto dotou os seus ativos e infraestruturas físicas de sensores, câmaras e algoritmos, para que, em tempo real, consiga monitorizar e comunicar com os mesmos. Isso permite reconhecer anomalias e pôr em ação imediata as medidas necessárias, de forma a acionar inspeções, garantir segurança e prolongar a longevidade de máquinas, navios ou outro tipo de infraestrutura. Para além disso, através da utilização de dados em tempo real, é possível detetar os movimentos das embarcações, contentores, comboios e camiões, garantindo tempos de espera reduzidos, nas cargas e descargas de mercadoria. Desta forma, o porto consegue utilizar de forma otimizada a capacidade disponível.

A autoridade portuária adotou, ao longo dos anos, uma série de iniciativas que promoveram a melhoria dos processos logísticos no porto. A fim de alcançar mais uma etapa da digitalização, desenvolveu um SCP denominado *Portbase*, em colaboração com o porto de Amesterdão. Esta plataforma digital foi criada em 2009, e permite uma comunicação e coordenação perfeita entre todas as partes envolvidas nas operações portuárias, incluindo linhas de navegação, operadores

de terminais e colaboradores dos serviços aduaneiros. A *Portbase* é uma base de dados única que contém todas as informações relacionadas com o porto, facilitando a localização das cargas e a gestão logística (Portbase, 2022). Através deste SCP, a coordenação e a troca de informações entre empresas e entidades governamentais, ocorre de forma inteligente e com maior agilidade e eficiência. Para além de a *Portbase* fazer a gestão de todas as infraestruturas digitais dos portos dos Países Baixos, tem nela integrados vários tipos de serviços, que disponibiliza a todas as partes intervenientes no porto e na cadeia logística. Desde a sua implementação, tornou-se num ativo imprescindível para a logística portuária, visto ter contribuído para a digitalização dos processos em papel e da comunicação. Até à altura, é considerado um dos mais modernos e vanguardistas Sistemas Comunitários Portuários do mundo (Van Der Heijden, 2022).

Em 2018, o porto, em parceria com a IBM, Cisco, Esri e Axians, desenvolveu uma infraestrutura em nuvem para IoT, com o intuito de monitorizar dados hidrometeorológicos, através da combinação de 44 sensores dispostos ao longo da zona portuária. Assim, informações em tempo real sobre a infraestrutura, água e ar são disponibilizadas de forma a que o porto melhore os seus serviços ao nível do transporte marítimo. A tecnologia permite prever, com maior precisão, o melhor momento para atracar e partir, dependendo das condições marítimas, garantindo a utilização máxima da capacidade dos navios (Port of Rotterdam, 2019a). Este foi um passo importante no processo de desenvolvimento de um *digital twin* portuário. Espera-se que, um dia, esses sensores possam também comunicar diretamente com outros sistemas autónomos, tais como navios.

Em 2019, a autoridade portuária, em parceria com a Samsung SDS e a ABN-AMRO, desenvolveu um projeto-piloto que consistiu no transporte de um

contentor desde a Coreia do Sul até aos armazéns da Samsung SDS, em Tilburg, por via do porto de Roterdão. A plataforma que permitiu o feito chama-se *Naviporta*, e é potenciada pela tecnologia *blockchain*. Com um sistema de gestão inteligente deste tipo, os fluxos de informação físicos, financeiros e administrativos podem ser incorporados sem a necessidade de papel. A tecnologia permite que haja transparência e segurança na troca de informações, e que possam ser poupados 20% de custos em documentação relativa às mercadorias (Port of Rotterdam, 2019b).

No entanto, os avanços na digitalização e o investimento na posição competitiva do porto foram mais além. Ainda em 2019, com o intuito de melhorar a eficiência das operações, reduzir custos, as emissões de carbono e o tempo de espera dos navios ao atracar, a autoridade lançou a plataforma *PortXchange*, em colaboração com a Maersk e a Shell (PortXchange, 2022). Anteriormente, muitas das informações trocadas eram através de sistemas desatualizados, ou até por telefone, tendo repercussões a nível da eficiência, e podendo causar erros e atrasos. Consequentemente, esta ferramenta permite a partilha de dados padronizados entre *stakeholders* durante uma escala portuária, em tempo real e de forma transparente. A *PortXchange* utiliza uma variedade de fontes de dados, incluindo dados de empresas de navegação, operadores de terminais e outros *stakeholders* envolvidos nas operações portuárias. Assim, a plataforma permite uma melhor coordenação e planeamento das operações, traduzindo tempos de espera reduzidos, rápido manuseamento de cargas e redução do combustível gasto. Além do mais, através do uso de algoritmos e *machine learning* para combinar *big data* com informações derivadas do AIS, consegue-se prever com elevado grau de precisão a hora estimada de chegada (ETA) e de partida (ETD) das embarcações, o volume de carga esperado, bem como analisar a capacidade do terminal de forma a reduzir o congestionamento e realizar manutenções (Port

of Rotterdam, n.d. a). O sistema também está equipado com ferramentas que apoiam na tomada de decisão, permitindo aos *stakeholders* comunicar e receber alertas. Por exemplo, se uma embarcação estiver atrasada, a plataforma pode fornecer alertas e recomendações que ajudem os operadores a ajustar os horários e recursos alocados, minimizando o impacto do atraso noutras chegadas ou partidas de embarcações. Até ao momento, o projeto atingiu resultados excepcionais, tendo demonstrado uma redução de 20% do tempo de espera durante uma escala portuária, enquanto a utilização da capacidade dos terminais aumentou para 10%. (Port of Rotterdam, 2019c).

Já em 2020, foi realizada a primeira entrega de longa distância, por um *drone*, de uma encomenda a uma embarcação. Na área portuária, estes dispositivos podem ser utilizados para transportar cargas essenciais para os navios, tais como peças sobresselentes ou equipamento de navegação, podendo aumentar a eficiência dos transportes. Apesar de, neste caso, a entrega ter sido monitorizada diretamente por um operacional, no futuro, espera-se que seja realizada para além da linha de visão física da pessoa. Além do mais, o recurso a *drones*, auxilia nas inspeções em infraestruturas de difícil acesso. Estas são algumas das soluções que o porto está a explorar através do AIS (Port Technology, 2020).

Nesse mesmo ano, o porto integrou o serviço *Cargo Tracker* na plataforma de informação *Portbase*, de forma a dar um grande passo no sentido de uma rede logística integrada. Este serviço é o sucessor da *app BoxInsider*, desenvolvido em 2019. Antigamente, era exigido que os expedidores recolhessem manualmente as informações de diferentes *sites*, de forma a fazerem a gestão da carga, o que tornava a tarefa complexa e morosa, fazendo com que, amiúde, as informações viessem incompletas ou incorretas, o que significava dispendiosos erros de planeamento. Atualmente, a plataforma faz o cruzamento automático de dados

provenientes de várias fontes de informação, vindas de navios ou terminais. Através da combinação de tecnologias digitais, tais como IoT, IA e *cloud computing*, é possível averiguar em tempo real a localização e o estado da carga importada, assim como obter informações sobre as declarações alfandegárias. O expectável é que se possa monitorizar todos os movimentos ao longo da importação, verificar ou prever o tempo da partida e chegada das embarcações, e ser notificado sobre eventuais atrasos ou fiscalizações ao longo do processo logístico. Estes dados podem ser utilizados não só para otimizar o planeamento dos armazéns, como para aumentar a eficiência e transparência da cadeia de abastecimento. Como é claro, devido ao carácter sigiloso da informação, apenas pessoas autorizadas a podem consultar. Consequentemente, é garantida a segurança dos dados transacionados (Port of Rotterdam, 2020).

A cibersegurança é um tema de relevante importância devido à quantidade de dados sensíveis com que o porto lida diariamente. Por conseguinte, em 2021, foi lançado um programa de partilha segura de dados, por meio da plataforma *Portbase*, criando uma solução segura para a troca de informações ao longo da cadeia logística, considerando que os *pins* usados para recolher bens até então eram pouco seguros. Com uma camada adicional de segurança, apenas identidades autorizadas podem obter informações relativamente aos contentores (Port Technology, 2021).

Tendo em conta que a base de um porto inteligente são os dados, é necessário assim estabelecer uma linguagem comum, de maneira a serem perceptíveis as informações compartilhadas. Um exemplo importante da necessidade da adoção de uma linguagem standardizada prende-se com a troca de informações sobre a profundidade e os níveis da água. No porto de Roterdão, ao longo de 200 anos, a linguagem-padrão utilizada para avaliar os níveis de profundidade da água era

a *Nieuw Amsterdams Peil* (NAP). No entanto, em julho de 2022, a autoridade portuária abandonou esse padrão de comunicação, e adotou, como referência, a linguagem *Approximate Lowest Astronomical Tide* (ALAT). No transporte marítimo, informações precisas e atualizadas sobre a profundidade e os níveis da água são essenciais. Desta forma, o porto adotou uma linguagem internacional, com o objetivo de garantir maior eficiência e segurança, uma vez que esta é uma condição importante para a digitalização dos serviços de tráfego de navios (Port of Rotterdam, 2022).

Até à data, Roterdão tem gradualmente automatizado o seu porto, sendo que os terminais operados pelas empresas APM Terminals e RWG estão entre os mais avançados do mundo. A maioria dos movimentos realizados pelas gruas, ao levantarem os contentores, são automatizados. As restantes manobras são controladas remotamente por operacionais, em escritórios, utilizando câmaras e *joysticks*. Os veículos guiados automaticamente (AGVs), assemelham-se a camiões sem cabine e transportam os contentores para os armazéns. Estes estão equipados com câmaras e sensores que lhes permitem navegar pelo terminal com precisão e sem intervenção humana (Port of Rotterdam, n.d. b). Apesar de o porto ter um nível de automação avançada, existe a ambição de, até 2030, criar navios que façam o transporte de cargas autonomamente pelo porto, de forma segura e sustentável. As tecnologias que estarão na base destes navios são a *big data*, a IA e *machine learning*. O desenvolvimento traria inúmeros benefícios, desde o agendamento ao encaminhamento eficaz dos contentores. Contudo, a procura por operacionais qualificados é complicada e, desta forma, a ferramenta ajudará a colmatar essa falha, permitindo a redução de custos operacionais. Esta é uma tecnologia que se encontra na sua fase inicial, apesar de o porto ser líder no seu desenvolvimento. Tudo isto se deve à colaboração entre a autoridade portuária e

start-ups inovadoras, tal como a Captain AI (Rotterdam Maritime Capital of Europe).

Capítulo 4

Discussão de resultados

O setor portuário tem enfrentado pressões crescentes, como consequência dos impactos ambientais, políticos e socioeconómicos. Estas mudanças têm sido sentidas como resultado das grandes transformações causadas pela globalização, avanços tecnológicos e um aumento do tráfego global de mercadorias. Pelo facto de serem constantemente confrontados por uma variedade de questões tanto técnicas como estratégicas, os portos necessitam de inovar e implementar estratégias que impulsionem as suas operações, tornando-os cada vez mais eficientes e sustentáveis.

De acordo com a análise conduzida nos capítulos anteriores, é possível entender que a digitalização é vista como uma grande oportunidade, com o potencial de transformar a indústria, e fazer evoluir os atuais modelos de negócio. Ao implementarem-se tecnologias digitais, torna-se possível aumentar a eficiência e produtividade, reduzir custos, diminuir erros, e aumentar a transparência das cadeias de abastecimento globais (Haraldson, 2015). Desta forma, os portos tornar-se-ão infraestruturas preparadas para lidar com grandes volumes de carga anuais e capazes de gerar grandes níveis de receita. No entanto, são alguns os desafios que se apresentam quanto à implementação de uma digitalização de sucesso, devido tanto a problemas organizacionais como tecnológicos.

Como foi possível verificar através da análise do caso, a autoridade do porto de Roterdão está a implementar uma série de inovações, de forma a elevar a sua vantagem competitiva e liderar a transformação digital. Focando-se na

segurança, eficiência e sustentabilidade das suas infraestruturas, desta forma está comprometida com a transição energética e a digitalização (Highlights annual report 2022, 2022). No entanto, estas grandes mudanças só ocorrem devido a alianças entre parceiros e *stakeholders*, que partilham a mesma visão estratégica. Envolver entidades parceiras que partilhem os mesmos objetivos a longo prazo é desafiante, no entanto é necessário. Consequentemente, a autoridade procura estabelecer colaborações com entidades líderes no mercado, que pretendam investir significativamente em investigação e desenvolvimento.

Denota-se a importância que o porto dá ao planeamento a longo prazo, visto reconhecer a necessidade de melhorar e otimizar as suas operações, de forma a tornar-se num porto moderno e inteligente. Desta forma, faz uso dos grandes benefícios da IoT e dos sensores, para encontrar caminhos mais simples para conectar objetos usando dispositivos e plataformas de rede móvel. De forma geral, as suas iniciativas centram-se no aperfeiçoamento do controlo e da gestão do porto e na melhoria das suas infraestruturas e processos logísticos. É de frisar a importância de os portos se centrarem nas medidas organizacionais e digitais, não deixando de parte a sustentabilidade, na vez de apenas capacitar o porto com *hardware*.

Como referido anteriormente, ao fazer uso de tecnologias como a IoT, a IA e a *blockchain*, o porto de Roterdão automatizou vários processos, gerando tempos de resposta mais rápidos e custos reduzidos. Estes fenómenos podem ser denotados através de tecnologias como a *PortXchange*, que reduz em 20% o tempo de espera das embarcações durante uma escala portuária, e leva a um aumento de 10% na capacidade dos terminais.

Verifica-se que o foco do porto se prende com a otimização e coordenação da gestão dos navios, através da partilha de informações de forma transparente e estandardizada (Port of Rotterdam Authority, 2021). Como consequência, já é possível planear rotas, determinar horários para atracar ou descarregar navios, e saber a disponibilidade de lugares nos terminais. Porém, precisamente por mudanças como estas, o porto necessita, cada vez mais, de partilhar informações ininterruptamente, em tempo real e de forma íntegra. Por isso, de forma a facilitar o processo de recolha de informações, adotou uma linguagem comum de forma a serem perceptíveis as informações compartilhadas. Também desenvolveu *digital twins*, que representam virtualmente a infraestrutura do porto, visto terem a capacidade de trocar informações de forma independente e contínua. Através desta tecnologia é possível recolher dados, em tempo real e monitorizar com precisão navios, infraestruturas, e as condições do mar e da atmosfera. Com o auxílio desta tecnologia, é possível visualizar as operações através de imagens precisas e atuais da situação do porto. Deter este tipo de informação contribui para a sustentabilidade ambiental, tendo em conta que melhora a eficiência do transporte de cargas e reduz a poluição. Além do mais, a monitorização e a análise de dados em tempo real permitem ao porto a identificação proativa de possíveis problemas de segurança para que se possam implementar medidas apropriadas para os mitigar.

Outra estratégia da transformação digital foca-se na automação. Por alguma razão os terminais operados pelas empresas APM Terminals e RWG estão entre os mais avançados do mundo. A adoção de tecnologias disruptivas, tais como gruas inteligentes e AGVs, aumentaram a segurança, ao reduzir erros humanos e minimizando o risco de acidentes. Atualmente, são poucos os operacionais que desempenham funções nos terminais, visto estes serem completamente automatizados. A única intervenção manual ou humana existente, é realizada

através de um operador de grua que faz o controlo remoto das operações, num escritório.

A criação de infraestruturas e plataformas inteligentes, através da colaboração, é uma das prioridades do porto. Esta é vista como um desafio, por ser difícil criar uma atmosfera de cooperação entre *stakeholders* e a autoridade portuária. No entanto, o porto superou o desafio e investiu em métodos que tornam as operações transparentes ao longo da cadeia logística. O SCP, é um dos vários exemplos, e permite que o porto forneça informações em tempo real sobre o estado das embarcações e dos contentores, permitindo que todos os *stakeholders* planeiem e otimizem as suas operações de forma célere.

O porto de Roterdão é um exemplo bem-sucedido da transformação digital, visto estar constantemente à procura de novas soluções tecnológicas. Nem todos os portos marítimos, porém, se encontram na mesma posição. Dado o papel estratégico dos portos, a digitalização pode trazer uma vasta gama de benefícios económicos e sociais. Contudo, ainda há um longo caminho a percorrer até se puder falar em portos totalmente integrados a nível tecnológico, e capazes de capitalizar plenamente do potencial das tecnologias disruptivas.

Como foi concluído no estudo, embora a transformação digital tenha conduzido o porto de Roterdão a elevados níveis de digitalização e automação, ainda há consideráveis melhorias a serem feitas. No entanto, de acordo com a literatura, o sucesso de uma TD não se prende apenas na utilização de tecnologias e métodos avançados de análise de dados. De forma a ser alcançada a excelência operacional, é necessário adotar boas estratégias, e impulsionar a colaboração entre portos e *stakeholders* para manter o fluxo de mercadorias e as economias em

funcionamento (Robinson, 2002). Contudo esta mudança exigirá melhorias no capital humano e nas suas atuais competências digitais, para assegurar o sucesso e servir os interesses de todos os intervenientes. Assim, é necessário repensar as estratégias de gestão, e controlar o grau de resiliência dos portos, para que a mudança seja implementada e gerida de acordo com as suas especificidades.

Conclusão

A presente investigação pretendeu compreender o impacto da transformação digital nas operações e gestão portuária e como esta impulsionou mudanças nas estratégias digitais do setor. Desta forma, realizou-se um exame à conjuntura atual do setor portuário e às suas inovadoras estratégias digitais, com o intuito de se averiguar o rumo do seu desenvolvimento. De acordo com a investigação, a digitalização está a tornar os portos cada vez mais automatizados, sustentáveis e colaborativos. Atualmente, são muitos os que procuram métodos para melhorar as infraestruturas e a eficiência das suas operações, de forma a maximizar o impacto da sua atividade. Por esse mesmo motivo, têm focado a sua atenção em questões como o desempenho operacional, gestão de tráfico, segurança, transição energética e cibersegurança, com o intuito de aumentarem a sua vantagem competitiva e tornarem os seus espaços limpos em termos ambientais.

Após se ter efetuado uma revisão da literatura, identificaram-se as principais problemáticas e oportunidades relacionadas com o tema. Com o intuito de se entender melhor a aplicação das ferramentas e tecnologias inovadoras adotadas no setor, procedeu-se ao estudo do caso do porto de Roterdão. Este estudo contribuiu para a discussão de temas como a estratégia digital, a inovação e as tecnologias disruptivas. No entanto, conforme foi possível concluir através da investigação, dependendo da autoridade que lidera a inovação, a forma como as medidas de transformação digital são colocadas em curso podem ser bastante diferentes. Deve ter sido em conta que, apesar dos fatores investigados, o nível de digitalização dos portos pode ser influenciado por outros fatores internos e externos, influenciando futuramente o grau de digitalização do porto.

Consequentemente, é crucial reivindicar uma mudança no atual paradigma da gestão portuária e identificar melhores estratégias e modelos de negócio para lidar com a incerteza e os desafios de um mundo em constante mudança. Desta forma, é importante reforçar a necessidade da adoção de políticas proativas e cooperação entre mecanismos públicos e privados, e *stakeholders*, de forma a ser possível acelerar o ritmo da digitalização, com vista a ser criado valor sustentável, com capacidade de resiliência e mitigação de riscos.

Como qualquer pesquisa, este estudo apresenta algumas limitações. A primeira diz respeito ao uso exclusivo de dados secundários para a concretização da investigação. Isto, pois um dos critérios usados na escolha do porto foi a vasta informação disponível sobre o mesmo. Caso tivessem sido utilizados dados primários, a análise teria ficado mais rica. Outra limitação incide sobre o facto de apenas métodos qualitativos terem sido adotados. No entanto, para uma compreensão mais aprofundada do caso, a aplicação de métodos quantitativos teria sido vantajosa, permitindo uma análise sobre uma outra perspetiva.

O facto da pesquisa se ter focado apenas no porto de Roterdão, reduziu a capacidade de comparação do grau de digitalização deste com outros portos. Isto gera o interesse de, em futuras investigações, se fazer uma comparação entre portos de diferentes países ou regiões. Realizar um estudo relativamente ao grau de digitalização dos portos a nível mundial seria útil para entender como é que a transformação digital se está a desenvolver, assim como para perceber quais as características que os distinguem dos portos tradicionais.

Bibliografia

Arvidsson, V., & Holmström, J. (2018). Digitalization as a strategy practice: What is there to learn from strategy as practice research? In *The Routledge Companion to Management Information Systems* (pp. 218–231). Routledge. London.

Bharadwaj, A.S., Sawy, O.E., Pavlou, P.A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: toward a next generation of insights. *Management Information Systems Quarterly*, 37, 471-482.

Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31.

Bryman, A., & Bell, E. (2011). *Business Research Methods* 3e. Oxford University Press.

COREALIS. (2020). *D.1.1: Port of the future challenges, enablers and barriers*. COREALIS Consortium. p.50.

De Langen, P., & Douma, A. (2010). Challenges for using ICT to improve coordination in hinterland chains; an overview. *International Journal of Transport Economics*. 37(3). 261-279.

Denzin, N.K., & Lincoln, Y.S. (2017). *The SAGE handbook of qualitative research*. SAGE Publications.

Easterby-Smith, M., Thorpe, R. & Jackson, P.R. (2018). *Management and Business Research*. SAGE Publications.

Grant, R. M. (2019). *Contemporary Strategy Analysis* (10th ed.). Wiley. 3-27.

Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055-1085.

Haraldson, S. (2015). Digitalization of Sea Transports - Enabling Sustainable Multi-Modal Transports. *Americas Conference on Information Systems*. 1-9.

Hess, T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. (2016). Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. *MIS Q. Executive*, 15 (2), 103-119.

Hollen, R. (2015). *Exploratory Studies into Strategies to Enhance Innovation-Driven International Competitiveness in a Port Context: Toward Ambidextrous Ports* [Tese de Doutoramento]. Erasmus University Rotterdam.

IBM Automation | IBM. (n.d.). <https://www.ibm.com/automation>

Kos, S., Vukić, M., & Brčić, D. (2013). Use of universal protocol for entering the port of destination in AIS device. *International Maritime Science Conference*, 123.

Lee, S.Y., Tongzon, J. L., & Kim, Y. (2016). Port e-Transformation, customer satisfaction and competitiveness. *Maritime Policy & Management*, 43(5), 630–643.

Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343.

McKinsey & Company (2018, December 4). *The future of automated ports*. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-future-of-automated-ports>

McKinsey & Company. (2023, January 10). *Innovation: Your solution for weathering uncertainty*. https://www.mckinsey.com/Capabilities/Strategy-and-Corporate-Finance/Our-Insights/Innovation-Your-solution-for-weathering-uncertainty?utm_campaign=later-linkinbio-mckinseyco&utm_content=later-32483474&utm_medium=social&utm_source=linkin.bio

Molavi, A., Lim, G. J., & Race, B. (2020). A framework for building a smart port and smart port index. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(9), 686–700.

Morakanyane, R., Grace, A.A., & O'Reilly, P. (2017). Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature. *Bled eConference*, 427–444.

Notteboom, T., Pallis, A. A., & Rodrigue, J. (2022a). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge. 495-500. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>

Notteboom, T., Pallis, A. A., & Rodrigue, J. (2022b). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge. 155-161. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>

Parola, F., Satta, G., Buratti, N., & Vitellaro, F. (2020). Digital technologies and business opportunities for logistics centres in maritime supply chains. *Maritime Policy & Management*, 48(3), 1–17.

Pereira, R.D.C. (2018). *AIS Data Visualization applied to the identification of anomalous vessels' movements on the Portuguese maritime territory* [Tese de Mestrado]. Universidade de Coimbra.

Port of Rotterdam Authority. (2020). *Highlights of 2020 annual report*. <https://reporting.portofrotterdam.com/downloads>

Port of Rotterdam Authority. (2021). *Highlights of 2021 annual report*. <https://reporting.portofrotterdam.com/downloads>

Port of Rotterdam Authority. (2022). *Highlights annual report 2022*. https://reporting.portofrotterdam.com/FbContent.ashx/pub_1011/downloads/v230308134647/Highlights-annual-report-2022-Port-of-Rotterdam-Authority.pdf

Port of Rotterdam. (n.d. a) *PortXchange Shiptracker*. <https://www.portofrotterdam.com/en/services/online-tools/portxchange-shiptracker>

Port of Rotterdam. (n.d. b) *New port area at sea*. <https://www.portofrotterdam.com/en/building-port/ongoing-projects/new-port-area-sea>

Port of Rotterdam. (2019a). *Port of Rotterdam puts Internet of Things platform into operation*. <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-rotterdam-puts-internet-things-platform-operation>

Port of Rotterdam. (2019b). *First blockchain container shipped to Rotterdam*. <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/first-blockchain-container-shipped-rotterdam>

Port of Rotterdam. (2019c). *PortXchange Synchronizer*. <https://www.portofrotterdam.com/en/services/online-tools/portxchange>

Port of Rotterdam. (2022). *Port of Rotterdam Authority abandons Normal Amsterdam Water Level (NAP) after 200 years*. <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-of-rotterdam-authority-abandons-normal-amsterdam-water-level-nap-after>

Port of Rotterdam. *Real-time tracking of import movements with Cargo Tracker*. (2020). <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/real-time-tracking-import-movements-cargo-tracker>

Port Technology. (2020, May 26). *Rotterdam hosts first ever drone delivery*. *Port Technology International*. <https://www.porttechnology.org/news/rotterdam-hosts-first-ever-drone-delivery/>

Port Technology. (2021, December 8). *Port of Rotterdam furthers cybersecurity efforts with new programme*. <https://www.porttechnology.org/news/port-of-rotterdam-furthers-cybersecurity-efforts-with-new-programme/>

Portbase. (2022, December 19). *About us* - *Portbase*. <https://www.portbase.com/en/about-us/>

Porter, M.E. (1996). *What Is Strategy?*. *Harvard Business Review*, 74, 61-78.

PortVision. (2019). *PortVision Rotterdam*. <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/port%20vision.pdf>

PortXchange. (2022, January 18). *PortXchange - Improve port call efficiency and Lower Co2*. <https://port-xchange.com/about-portxchange/>

PwC (2016). *Industry 4.0: Building the Digital Enterprise*.

Robinson, R. (2002). Ports as elements in value-driven chain systems: The new paradigm. *Maritime Policy & Management*, 29(3), 241–255.

Rogers, D. L. (2016). *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing.

Rotterdam Maritime Capital of Europe. *Autonomous Shipping*. (n.d.). *Rotterdam Maritime Capital of Europe*. <https://www.rotterdammaritimecapital.com/autonomous-shipping>

SmartPort. (n.d.). *10 SmartPort Trends 2030-2050*. Port of Rotterdam Authority.

Sinay. (2022, May 24). *What is Port Community System?*. <https://sinay.ai/en/what-is-port-community-system/>

Tilson, D., Lyytinen, K., & Sørensen, C. (2010). Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 748–759.

UNCTAD (2021). *Review of Maritime Transport 2021*. United Nations.

UNCTAD. (2021, November 10). Ports of tomorrow: Measuring digital maturity to empower sustainable port operations and business ecosystems. <https://unctad.org/news/ports-tomorrow-measuring-digital-maturity-empower-sustainable-port-operations-and-business>.

UNCTAD. (2022, June 28). *Project explores blockchain solutions for trade facilitation*. <https://unctad.org/news/project-explores-blockchain-solutions-trade-facilitation>

Van Der Heijden, T. (2022, December 13). *Portbase celebrates 20th anniversary*. Portbase. <https://www.portbase.com/en/portbase-celebrates-20th-anniversary/>

Van der Valk, W. (2008). Service procurement in manufacturing companies: Results of three embedded case studies. *Industrial Marketing Management*. 37. 301-315.

Weernink, M., Engh, W., Francisconi, M., & Thorborg, F. (2017). The Blockchain Potential for Port Logistics. *SmartPort*. 4-6

Weill, P., Apel, T., Woerner, S.L. & Banner, J.S. (2019). It Pays to Have a Digitally Savvy Board. *MITSloan Management Review*, 60(3), 41-45.

World Bank. (2020). Accelerating Digitization: Critical Actions to Strengthen the Resilience of the Maritime Supply Chain. *The World Bank*. Washington, DC.

Yin, R. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (3rd ed). Sage. London.