



**Os Desafios da Multimodalidade na Cadeia de Abastecimento**  
**Contexto industrial português: faz sentido apostar na gestão multimodal**

**Joana Filipa Almeida Pereira**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Logística

**Orientada pela Doutora Lia Coelho de Oliveira**

Porto, outubro, 2025



**Os Desafios da Multimodalidade na Cadeia de Abastecimento**  
**Contexto industrial português: faz sentido apostar na gestão multimodal**

**Joana Filipa Almeida Pereira**

**Orientada pela Doutora Lia Coelho de Oliveira**

Porto, outubro, 2025



# Resumo

O transporte de mercadorias assegura o fluxo contínuo de bens entre mercados e regiões, desempenhando um papel essencial no equilíbrio económico global. Em Portugal, a predominância do transporte rodoviário reflete uma forte dependência deste modo, o que levanta desafios em termos de eficiência, custos e sustentabilidade ambiental. Neste enquadramento, a aposta em soluções de transporte multimodal surge como uma estratégia fundamental para reforçar a competitividade e reduzir o impacto ambiental associado à atividade logística.

O transporte multimodal Ro-Ro tem vindo a crescer no contexto da logística internacional e da intermodalidade de cargas. Este trabalho procura compreender de que forma este modelo contribui para a eficiência operacional e para a otimização das cadeias logísticas no contexto português, identificando simultaneamente os principais constrangimentos e oportunidades da sua aplicação.

Deste modo, pretende-se responder à questão de investigação: “No contexto industrial português, faz sentido apostar na gestão multimodal?”

A pesquisa baseia-se numa revisão teórica que enquadra os conceitos de multimodalidade, integração modal e sustentabilidade logística, complementada por uma análise empírica realizada com base em dados de uma empresa do setor que opera rotas europeias Ro-Ro. A recolha de informação incluiu dados operacionais e entrevistas a profissionais, permitindo uma compreensão aprofundada das dinâmicas destas operações.

Os resultados apontam as condições meteorológicas adversas e as ocorrências laborais como fatores críticos na fiabilidade do serviço, enquanto a coordenação entre os diferentes intervenientes logísticos se revela determinante para a eficiência global. Conclui-se que o transporte Ro-Ro constitui uma alternativa sustentável e eficiente ao modelo rodoviário tradicional, promovendo um sistema logístico mais integrado, competitivo e alinhado com as metas europeias de descarbonização.

Palavras-Chave: Ro-Ro; Transporte Multimodal; Gestão da Cadeia de Abastecimento

# Resumen

El transporte de mercancías garantiza el flujo continuo de productos entre mercados y regiones, desempeñando un papel esencial en el equilibrio económico global. En Portugal, el predominio del transporte por carretera revela una fuerte dependencia de este medio, lo que plantea dificultades en materia de eficiencia, costes y sostenibilidad ambiental. En este contexto, la apuesta por soluciones de transporte multimodal se presenta como una estrategia fundamental para reforzar la competitividad y reducir el impacto ambiental asociado a la actividad logística.

El transporte multimodal Ro-Ro ha ido creciendo en el contexto de la logística internacional y la intermodalidad de cargas. Este trabajo busca comprender cómo este modelo contribuye a lograr la eficiencia operativa y la optimización de las cadenas logísticas en el contexto portugués, identificando al mismo tiempo las principales limitaciones y oportunidades de su aplicación.

De este modo, se pretende responder a la pregunta de investigación: «En el contexto industrial portugués, ¿tiene sentido apostar por la gestión multimodal?».

La investigación se apoya en una revisión teórica que enmarca los conceptos de multimodalidad, integración modal y sostenibilidad logística, complementada con un análisis empírico partiendo de datos de una empresa del sector, que opera rutas europeas Ro-Ro. La recogida de información incluyó datos operativos y entrevistas a profesionales, lo que permitió comprender en profundidad la dinámica de estas operaciones.

Los resultados apuntan a las condiciones meteorológicas adversas y a los incidentes laborales como factores críticos para la fiabilidad del servicio, mientras que la coordinación entre los diferentes actores logísticos resulta determinante para la eficiencia global. Se concluye que el transporte Ro-Ro constituye una alternativa sostenible y eficiente al modelo tradicional de transporte por carretera, promoviendo un sistema logístico más integrado, competitivo y alineado con los objetivos europeos de descarbonización.

Palabras clave: Ro-Ro; Transporte multimodal; Gestión de la cadena de suministro

# Abstract

The transportation of goods ensures the continuous flow of goods between markets and regions, playing an essential role in global economic balance. In Portugal, the predominance of road transport reflects a strong dependence on this mode, which raises challenges in terms of efficiency, costs, and environmental sustainability. In this context, the focus on multimodal transport solutions emerges as a fundamental strategy to strengthen competitiveness and reduce the environmental impact associated with logistics activity.

Multimodal Ro-Ro transport has been growing in the context of international logistics and intermodal freight transport. This study seeks to understand how this model contributes to operational efficiency and the optimisation of logistics supply chains in the Portuguese context, while identifying the main constraints and opportunities for its application.

The aim is to answer the research question: 'In the Portuguese industrial context, does it make sense to invest in multimodal management?'

The research is based on a theory review that frames the concepts of multimodality, modal integration, and logistics sustainability, complemented by an empirical analysis based on data from a transport company operating European Ro-Ro routes. The information gathered included operational data and interviews with professionals, providing an in-depth understanding of the dynamics of these operations.

The results point to adverse weather conditions and labour disputes as critical factors in service reliability, while coordination between the different logistics players proves to be decisive for overall efficiency. It is concluded that Ro-Ro transport is a sustainable and efficient alternative to the traditional road model, promoting a more integrated and competitive logistics system that is aligned with European decarbonisation goals.

Keywords: Ro-Ro; Multimodal Transport; Supply Chain Management

# Agradecimentos

“Enquanto não alcances  
Não descanses.  
De nenhum fruto queiras só metade.”

Torga (1983)

Aproximando-se o final deste percurso, gostaria de agradecer a algumas das pessoas que direta ou indiretamente me apoiaram e levaram à conclusão desta jornada.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, a Doutora Lia Oliveira por todo o apoio e aconselhamento prestado ao longo dos últimos 2 anos.

A todos aqueles com quem tive o gosto de me cruzar nas minhas diferentes etapas profissionais por cada conselho e cada dúvida esclarecida.

À Rita Leite, pelo caminho que temos construído neste processo de cura.

Aos meus amigos e família que me motivam sempre a ser mais e melhor, dos quais destaco o meu profundo agradecimento:

À Inês Nunes, por ser o meu porto seguro em qualquer tempestade.

À Angélica Lima por me introduzir ao academismo do início ao fim, findando este, por toda a amizade que o transcende.

À Isabella Paiva: que não me deu simplesmente a mão, mas provou o real sabor da empatia.

## Lista de Termos/ abreviaturas

ISCAP - Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto

IPP - Instituto Politécnico do Porto

APNOR - Associação de Politécnicos do Norte

Deep-Sea Shipping – Transporte Marítimo de longa duração

ERP - Enterprise Resource Planning

Mega - trailer - Reboque de grande capacidade, destinado a cargas volumosas ou pesadas, frequentemente utilizado em transporte internacional (Notteboom & Rodrigue, 2021).

NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics): Sistema de classificação hierárquica utilizado pela União Europeia para dividir os territórios dos Estados-membros em regiões estatísticas, com o objetivo de recolher, harmonizar e comparar dados socioeconómicos e demográficos em diferentes escalas territoriais (Eurostat, 2023).

RoRo - Roll-on/Roll-off

SCM - Supply chain management

Short-Sea Shipping (SSS) - Transporte Marítimo de curta duração

Trailer (reboque): Unidade de carga rodoviária acoplada a um veículo trator, usada para transportar mercadorias de diferentes tipos e dimensões (Rodrigue, 2020).

UE – União Europeia

TMCD - Transporte Marítimo de Curta Distância

FFW – Freight Forwarder

ZBG- porto de Zeebrugge, Bélgica

ROT – porto de Roterdão, Holanda

ANTW – porto de Antuérpia, Bélgica

BIL – porto de Bilbao, Espanha

LEIX – porto de Leixões, Portugal

VIGO – porto de Vigo, Espanha

NCR – non-conformity report

# Índice Geral

|  |    |
|--|----|
| Capítulo I .....   | 1  |
| 1. Introdução.....   | 2  |
| 1.1 Motivação .....  | 2  |
| 1.2 Objetivos e Metodologia.....                                     | 2  |
| 1.3 Estrutura .....  | 3  |
| Capítulo II .....  | 4  |
| 2. Enquadramento Teórico .....                                       | 5  |
| 2.1 A Cadeia de Abastecimento .....                                  | 6  |
| 2.1.1 A interrupção da Cadeia de Abastecimento .....                 | 7  |
| 2.2 Transporte .....   | 9  |
| 2.2.1 Transporte Terrestre/ Rodoviário .....                         | 9  |
| 2.2.1.1 Unidades de carga .....                                      | 9  |
| 2.2.2 Transporte Aéreo .....   | 11 |
| 2.2.3 Transporte Ferroviário .....                                   | 12 |
| 2.2.3.1 Transporte Ferroviário na Península Ibérica .....            | 13 |
| 2.2.4 Transporte por Conduitas.....                                  | 14 |
| 2.2.4.1 Transporte por Conduitas na Europa e Península Ibérica ..... | 15 |
| 2.2.5 Transporte Marítimo .....                                      | 16 |
| 2.2.5.1 Longa Duração ( <i>Deep-Sea Shipping</i> ) .....             | 16 |
| 2.2.5.2 Curta-duração ( <i>Short-Sea</i> ).....                      | 17 |
| 2.2.5.3 Transporte Fluvial ( <i>Inland Shipping</i> ) .....          | 18 |
| 2.3 Transporte Multimodal.....                                       | 19 |
| 2.3.1 Multimodal em Portugal.....                                    | 20 |
| 2.3.2 Ro-Ro .....  | 20 |
| Capítulo III .....   | 23 |
| 3. Enquadramento Metodológico .....                                  | 24 |
| 3.1 Metodologia e Questões de Investigação .....                     | 24 |
| 3.2 Recolha de informação e análise de dados .....                   | 25 |
| 3.2.1 Análise preliminar dos modos de transporte .....               | 25 |
| 3.2.2 Recolha de dados .....   | 25 |
| 3.2.3 Entrevistas semiestruturadas .....                             | 26 |
| 3.3 Triangulação dos dados .....                                     | 27 |
| Capítulo IV.....   | 28 |
| 4. Estudo de Caso.....   | 29 |
| 4.1 Caracterização da Amostra .....                                  | 29 |
| 4.2 Análise dos dados obtidos.....                                   | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.1 Dados Operacionais da Empresa .....                  | 29 |
| 4.2.2 Análise das Entrevistas .....                        | 36 |
| 4.3 Síntese crítica dos resultados do Estudo de Caso ..... | 41 |
| Capítulo V .....   | 43 |
| 5. Conclusões .....  | 44 |
| Referências .....  | 46 |
| Anexos .....   | 53 |

# Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - autoestradas ferroviárias operadas por Lorry-Rail e VIA..... | 14 |
| <b>Figura 2</b> - Catherine, Navio de carga RoRo. ....                         | 21 |
| <b>Figura 3</b> – Gráfico da tipologia de clientes de transporte.....          | 31 |
| <b>Figura 4</b> - Gráfico do volume de cargas por tipologia de cliente.....    | 32 |
| <b>Figura 5</b> - Cotação de uma viagem .....                                  | 40 |
| <b>Figura 6</b> - Turnover entre 2 viagens .....                               | 40 |

# Índice de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> - Caracterização dos entrevistados. ....  | 27 |
| <b>Tabela 2</b> - Volume de reboques transportados através do porto de Leixões durante o período de análise. .... | 30 |
| <b>Tabela 3</b> - Volume de reboques transportados através do porto de Vigo durante o período de análise. ....    | 30 |
| <b>Tabela 4</b> - Mapeamento das cargas movimentadas por tipo de operação (importação/exportação). ....           | 33 |
| <b>Tabela 5</b> - NCR registados.....   | 35 |

# Capítulo I

# 1. Introdução

A presente dissertação insere-se no âmbito do Mestrado em Logística lecionado no Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto (ISCAP), unidade orgânica do Instituto Politécnico do Porto (IPP). Este ciclo de estudos integra-se ainda na Associação de Politécnicos do Norte (APNOR).

## 1.1 Motivação

A escolha do tema desta dissertação surge da necessidade de compreender de forma mais aprofundada os desafios e oportunidades do transporte multimodal, em particular do transporte marítimo Ro-Ro, no contexto das cadeias logísticas, especializando no contexto português. A crescente globalização e o aumento das trocas comerciais exigem soluções de transporte cada vez mais eficientes, flexíveis, rápidas, mas sustentáveis, o que reforça a importância de estudar esta temática.

Do ponto de vista académico, este trabalho representa uma oportunidade de consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado em Logística, especialmente na vertente da gestão da cadeia de abastecimento, aplicando-os na análise de um setor estratégico para a economia nacional e europeia. Pretende-se, assim, contribuir para a produção de conhecimento científico e técnico que possa servir de base para futuras investigações no domínio do transporte multimodal.

A nível profissional, a motivação decorre do facto de ter integrado uma empresa de transporte multimodal cujo core business assenta no Ro-Ro, experiência que permitiu desenvolver uma visão prática sobre a importância deste modo de transporte. Esta vivência contribuiu para despertar o interesse em aprofundar a análise académica do tema, articulando a experiência profissional com a investigação científica.

Por fim, a escolha do tema resulta também de um interesse pessoal em explorar as diferentes vertentes e perspetivas, juntando a minha experiência pessoal à necessidade de compreender o pensamento crítico de um gestor de uma cadeia de abastecimento. Este trabalho procura, assim, aliar a vertente académica à prática profissional e ao interesse individual, reforçando a pertinência e a utilidade da investigação.

## 1.2 Objetivos e Metodologia

O objetivo principal desta dissertação consiste em analisar a relevância e a viabilidade da gestão multimodal no contexto industrial português, com foco no papel do transporte marítimo Ro-Ro, identificando as suas potencialidades, limitações e impacto na cadeia de abastecimento.

Para concretizar este objetivo, a investigação propõe-se a:

- Avaliar a pertinência da aposta na gestão multimodal no contexto industrial português, tendo em consideração as características do setor logístico e os desafios da multimodalidade.
- Investigar o impacto da instabilidade do transporte marítimo na fiabilidade da gestão multimodal, analisando as principais inconformidades verificadas numa empresa de transporte multimodal portuguesa.
- Expor e analisar dados operacionais relacionados com o transporte Ro-Ro e a sua influência na eficiência logística.
- Recolher e interpretar perspetivas de diferentes agentes do setor através de entrevistas ao diretor de uma empresa de transporte, a um gestor de planeamento de transporte e a um gestor de cadeia de abastecimento de uma unidade industrial, de forma a compreender diferentes pontos de vista sobre os desafios e oportunidades do multimodal.
- Contribuir para a reflexão académica e profissional sobre o papel do transporte multimodal Ro-Ro no reforço da competitividade logística em Portugal.

### **1.3 Estrutura**

O presente trabalho de dissertação está dividido em capítulos, da seguinte forma:

O Capítulo II apresenta o enquadramento teórico do tema em estudo, abordando detalhadamente os diferentes tipos de transporte, suas características, vantagens, desvantagens e o papel de cada um na cadeia de abastecimento. Esta fundamentação teórica fornece a base necessária para compreender o contexto do transporte multimodal e, em particular, o transporte Ro-Ro, servindo como suporte para as análises subsequentes.

O Capítulo III concentra-se na análise empírica e na resposta às duas grandes questões da investigação: a pertinência da gestão multimodal no contexto industrial português e o impacto da instabilidade do transporte marítimo na fiabilidade da gestão multimodal. Neste capítulo, são apresentados dados recolhidos junto de uma empresa de transporte multimodal representativa do setor, incluindo alterações de rotas e informações operacionais relevantes, bem como perspetivas obtidas através de entrevistas com profissional chave do setor. Esta análise permite relacionar a teoria apresentada no Capítulo II com a realidade prática do transporte multimodal Ro-Ro.

A conclusão sintetiza os principais resultados obtidos, refletindo sobre a relevância da multimodalidade Ro-Ro para a eficiência logística e competitividade das cadeias de abastecimento. São discutidas as implicações práticas e teóricas da investigação, assim como recomendações fundamentadas nos resultados, e apontadas áreas para estudos futuros sobre a temática.

## Capítulo II

## 2. Enquadramento Teórico

Numa cadeia de abastecimento típica, o processo inicia-se com os fornecedores responsáveis pela entrega das matérias-primas. Estes materiais são, subseqüentemente, transformados em produtos acabados por meio de processos industriais de fabrico e produção. Após a conclusão da produção, os bens são distribuídos para centros de distribuição e pontos de venda, culminando na sua entrega aos consumidores finais. Ao longo de todo este processo, a coordenação e gestão eficazes da logística, do inventário e do fluxo de informações revelam-se fundamentais para assegurar a entrega pontual dos produtos, a otimização dos custos e a satisfação dos clientes.

As cadeias de abastecimento têm-se tornado progressivamente mais complexas e globalizadas, frequentemente envolvendo múltiplos países e uma diversidade de modos de transporte. Essa complexidade torna a gestão da cadeia de abastecimento um elemento central nas operações empresariais, com um impacto significativo na rentabilidade, sustentabilidade e competitividade das organizações.

Essa crescente complexidade requer uma abordagem integrada e estratégica, com foco na sinergia entre os diversos componentes da cadeia. A gestão eficaz de uma cadeia de abastecimento global envolve não apenas a coordenação das atividades de transporte e armazenagem, mas também a integração de tecnologias avançadas, como sistemas de rastreamento em tempo real, análise de dados e inteligência artificial. Tais tecnologias permitem uma maior visibilidade e previsibilidade, o que facilita a tomada de decisões informadas e a mitigação de riscos, como atrasos na entrega ou falhas no fornecimento.

Adicionalmente, a sustentabilidade tornou-se um fator premente na gestão das cadeias de abastecimento. Com o aumento das preocupações ambientais e as pressões regulatórias, as empresas estão cada vez mais focadas em adotar práticas que minimizem o impacto ambiental, como a utilização de meios de transporte mais ecológicos, a otimização das rotas de distribuição e a redução de resíduos. Nesse contexto, a implementação de práticas de economia circular, que promovem a reutilização e reciclagem de materiais, tem ganhado destaque como uma estratégia não apenas sustentável, mas também rentável.

No entanto, a adaptação a um cenário global dinâmico e interconectado exige das empresas um constante aprimoramento de suas capacidades logísticas, bem como uma forte colaboração com fornecedores e parceiros estratégicos. A flexibilidade e a resiliência da cadeia de abastecimento são, portanto, características essenciais para enfrentar desafios inesperados, como crises económicas, desastres naturais ou mudanças abruptas na procura do mercado.

Em resumo, a gestão eficaz das cadeias de abastecimento num contexto globalizado não é apenas uma questão operacional, mas também estratégica, envolvendo a constante busca por eficiência, inovação e sustentabilidade, elementos que, quando bem implementados, podem gerar vantagens competitivas significativas para as organizações.

## 2.1 A Cadeia de Abastecimento

A cadeia de abastecimento (ou *supply chain*) é o conjunto de todas as atividades, organizações, recursos, processos e tecnologias envolvidos na criação e movimentação de produtos ou serviços desde a matéria-prima até o consumidor final. Independentemente do setor de negócio, esta englobará sempre: Planejamento; Aquisição/ Aprovisionamento; Produção; Distribuição; Devolução (logística inversa).

Segundo Chopra e Meindl (2019), a cadeia de abastecimento é composta por todas as etapas direta ou indiretamente envolvidas no atendimento a um pedido do cliente. Já Ballou (2006) destaca que sua gestão eficiente visa integrar fornecedores, fabricantes, armazéns e lojas de forma a produzir e distribuir mercadorias na quantidade correta, nos locais certos e no tempo adequado.

A chave para uma boa gestão da cadeia de abastecimento (Supply Chain Management – SCM) independentemente da sua complexidade caracteriza-se por otimizar os processos de uma forma eficiente dentro de todos os elos da cadeia, com a maior rentabilidade possível. Para isso, é fulcral que haja colaboração e comunicação transparente entre os seus elementos, através da partilha de informações em tempo real (Chopra & Meindl, 2019). Além disso, permite gerir produtos, encomendas e stock em todas as etapas do processo, aumentando a transparência e facilitando a tomada de decisão rápida (Christopher, 2016). A eficiência operacional, alcançada por meio da otimização de processos logísticos, do controle de stock e da melhoria nos prazos de entrega, contribui diretamente para a satisfação do cliente (Ballou, 2006). Outro aspeto crucial é a flexibilidade da cadeia, ou seja, a sua capacidade de adaptação face às mudanças na procura, ruturas de fornecimento ou crises mundiais. Nesse contexto, o uso de tecnologias avançadas, como sistemas ERP (software de gestão empresarial), inteligência artificial e ferramentas de previsão da procura, torna-se indispensável. Por fim, uma boa SCM também procura minimizar os impactos ambientais e promover práticas responsáveis ao longo da cadeia (Seuring & Müller, 2008).

### 2.1.1 A interrupção da Cadeia de Abastecimento

Segundo Jenkins (2024):

*Supply chain disruptions are unexpected conditions or events that throw a wrench into the flow of goods and services at any point in the supply chain — meaning the route between suppliers, manufacturers, distributors, retailers, and customers.*

*Natural disasters, geopolitical instability, labor issues, trade issues, and — as the world learned firsthand in 2020 — pandemics can all affect the supply chain. These and other events can create shortfalls of raw materials, delay manufacturing and transportation of goods, and increase costs for both raw materials and finished products. The consequences of supply chain disruptions reach far and wide, particularly in a global economy. Developing contingency plans for supply chain disruptions is a smart move for organizations to take.*

A interrupção da cadeia de abastecimento pode ser considerada quase como um desastre económico para várias empresas em simultâneo, todas as que estejam envolvidas nessa mesma cadeia. Atualmente, cada vez mais gestores trabalham em formas de prever diversas situações e trabalhar em conjunto para obter soluções rápidas o mais rentáveis possível.

A interrupção de uma cadeia de abastecimento pode ter consequências graves e de grande dimensão para as empresas, a economia e os consumidores. O impacto dessas interrupções inclui:

**Atrasos na produção:** Maskur (s.d.) diz-nos: Quando componentes essenciais ou matérias-primas são afetados por atrasos ou ficam indisponíveis devido a uma interrupção na cadeia de abastecimento, os processos de fabrico podem ser paralisados. Este cenário resulta em atrasos nos calendários de produção, comprometendo o cumprimento de prazos críticos e reduzindo a produtividade geral da empresa. Tal disrupção pode comprometer a capacidade de resposta às exigências do mercado, afetando negativamente a eficiência operacional.

**Aumento dos custos:** As interrupções na cadeia de abastecimento frequentemente resultam em elevação dos custos operacionais. As empresas podem ser forçadas a recorrer a fornecedores mais caros ou distantes, ter custos de transporte mais caros por serviços de transporte urgentes ou incorrer em penalizações associadas a atrasos nas entregas. Além disso, essas disrupções podem gerar perdas de eficiência, exigindo a implementação de horas extras de trabalho ou a realização de envios urgentes, ambos associados a custos adicionais consideráveis. Zignify (2025) demonstra um aumento de custo de 3-5% e uma descida de 7% das vendas.

**Escassez ou excesso de stock:** As interrupções podem ocasionar a escassez de inventário, dificultando a capacidade de atender à procura dos clientes, ou, por outro lado, gerar excessos de stock, com o objetivo de antecipar possíveis atrasos. Ambos os cenários acarretam elevados custos financeiros. A escassez de material pode resultar em vendas perdidas e na deterioração das relações com os clientes, enquanto o excesso de estoque implica em imobilização de capital e no aumento dos custos de armazenamento, afetando negativamente a liquidez e a eficiência do

sistema logístico. Zignify (2025) realça que as disrupções causam diferenças de inventário (escassez ou excesso de stock).

Insatisfação do cliente: Os atrasos na entrega dos produtos ou no cumprimento das encomendas podem afetar a confiança e a satisfação dos clientes. Em mercados altamente competitivos, a incapacidade de uma empresa em atender as necessidades dos consumidores de forma confiável pode levar à migração dos clientes para fornecedores concorrentes. A perda de confiança do cliente pode ter efeitos adversos prolongados na imagem e reputação da empresa, prejudicando a fidelização e a retenção. A ICTTM (2023) relata que atrasos, escassez e problemas de qualidade diminuem a confiança e a fidelidade dos clientes. Já a Number Analytics (2025) confirma que 62% dos consumidores mudam de marca após problemas no pedido.

Perda de receita: As interrupções nas cadeias de abastecimento podem resultar diretamente em perdas de vendas e lucros. Quando uma empresa não consegue entregar os produtos dentro do prazo estipulado, os clientes podem cancelar suas encomendas ou optar por fornecedores alternativos, provocando uma queda imediata na faturação. Interrupções prolongadas podem gerar um impacto acumulado e negativo no desempenho financeiro da organização, afetando a sua sustentabilidade a longo prazo. Katsaliaki et al. (2021) debate os efeitos em cascata (ripple effects) que causam o declínio nas vendas e o aumento dos custos, defendendo: *“Supply chain disruptions often result in cascading effects that negatively impact production continuity, contract fulfillment, and ultimately lead to significant revenue losses for affected organizations. The inability to respond promptly and the lack of operational resilience exacerbate these financial impacts, threatening the long-term sustainability of businesses.”* (p. 980)

Assim, as interrupções nas cadeias de abastecimento têm o potencial de comprometer a operação e a rentabilidade das empresas, tornando a gestão eficaz e resiliente da cadeia de abastecimento um fator essencial para a continuidade dos negócios em um mercado cada vez mais globalizado e interconectado.

## **2.2 Transporte**

O transporte desempenha um papel fundamental na gestão da cadeia de abastecimento, pois é o principal meio pelo qual os produtos e materiais se deslocam entre fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes finais. A eficiência e a eficácia do transporte impactam diretamente o tempo de entrega, o custo operacional e a satisfação do cliente. Conforme Ballou (2006), o transporte influencia a capacidade da cadeia de abastecimento em responder rapidamente às procuras do mercado, garantindo que os produtos estejam disponíveis no local e momento certos.

Além disso, o transporte é um dos principais componentes dos custos logísticos, podendo representar até 50% do total desses custos em muitas empresas (Christopher, 2016). Uma gestão otimizada do transporte contribui para a redução do desperdício, minimização de atrasos e maior flexibilidade para lidar com imprevistos, como interrupções e variações da procura.

Por fim, a escolha adequada dos modos de transporte (rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo) e o planejamento eficiente das rotas são decisivos para a sustentabilidade e competitividade da cadeia de abastecimento, pois impactam tanto os custos econômicos quanto os ambientais (Coyle, Bardi & Langley, 2017).

### **2.2.1 Transporte Terrestre/ Rodoviário**

O transporte rodoviário é uma modalidade amplamente utilizada na logística, caracterizando-se pela sua flexibilidade, capacidade de acesso a diferentes locais e relativa eficiência em custos, sendo adequado tanto para distâncias curtas quanto longas (Ballou, 2006; Christopher, 2016; Coyle, Bardi & Langley, 2017). Este modo permite o transporte de uma ampla gama de mercadorias, desde pequenas embalagens até equipamentos pesados, oferecendo soluções de entrega direta a destinos de difícil acesso, como regiões rurais ou áreas remotas (Christopher, 2016).

Apesar das suas vantagens, o transporte rodoviário enfrenta limitações significativas, incluindo congestionamentos, acidentes e interdições temporárias de vias, que podem aumentar atrasos e custos operacionais. Adicionalmente, esta modalidade é responsável por elevadas emissões de gases poluentes, contribuindo de forma relevante para o impacto ambiental das cadeias de abastecimento (Ballou, 2006; Coyle et al., 2017).

Para enfrentar estes desafios, têm sido adotadas soluções tecnológicas e estratégias sustentáveis, como o uso de sistemas de localização por GPS para otimização de rotas e o desenvolvimento de veículos mais eficientes em termos energéticos e com menores emissões (Christopher, 2016). A implementação do transporte intermodal, que combina rodoviário com outros modos de transporte, também surge como uma alternativa estratégica, oferecendo benefícios econômicos e ambientais ao reduzir as limitações inerentes ao transporte exclusivamente rodoviário (Ballou, 2006; Coyle et al., 2017).

#### **2.2.1.1 Unidades de carga**

Neste modo de transporte, os dois principais tipos de unidades de carga são trailers (reboques) e contentores (ISO), cada um apresentando características específicas que influenciam a eficiência logística, os custos e a segurança da carga (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021). A

escolha do método depende de fatores como tipo de mercadoria, percurso e modalidade de transporte.

### **Contentores**

#### **Vantagens:**

- **Segurança e proteção da mercadoria:** oferecem barreiras contra danos, furtos e intempéries, especialmente em transportes de longa distância ou produtos sensíveis (Rodrigue, 2020).
- **Facilidade de transferência entre modos de transporte (multimodalidade):** podem ser transportados por navio, comboio e camião sem necessidade de descarregar ou reembalar a carga, aumentando eficiência e flexibilidade (Notteboom & Rodrigue, 2021).
- **Padronização internacional (ISO):** facilita o planeamento logístico, otimiza a utilização do espaço e reduz custos operacionais (Rodrigue, 2020).
- **Armazenagem eficiente:** podem ser empilhados em terminais e portos, maximizando o uso do espaço disponível (Notteboom & Rodrigue, 2021).

#### **Desvantagens:**

- **Custo inicial elevado:** aquisição e manutenção podem ser onerosas, especialmente em operações de grande escala (Rodrigue, 2020).
- **Necessidade de camiões especializados no transporte rodoviário:** limita o número de unidades transportadas por viagem, reduzindo economias de escala (Rodrigue, 2020).
- **Menos adequado para mercadorias não padronizadas:** formatos irregulares podem gerar desperdício de espaço e ineficiência (Notteboom & Rodrigue, 2021).

### **Reboques**

#### **Vantagens:**

- **Flexibilidade:** adaptam-se a diferentes tipos de carga, incluindo produtos de dimensões irregulares (Rodrigue, 2020).
- **Custo inicial reduzido:** podem ser utilizados por veículos existentes, diminuindo investimento em infraestrutura adicional (Rodrigue, 2020).
- **Facilidade de carga e descarga:** em muitos casos não requerem equipamentos pesados, ao contrário dos contentores (Notteboom & Rodrigue, 2021).

#### **Desvantagens:**

- **Menor proteção da carga:** especialmente em unidades abertas, tornando a mercadoria mais vulnerável a intempéries e furtos (Rodrigue, 2020).

- **Capacidade limitada de transporte multimodal:** transferência entre diferentes modos de transporte é menos eficiente (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021).
- **Armazenagem menos eficiente:** não podem ser empilhados, elevando custos e ocupando maior espaço em terminais e portos (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021).

#### Resumo:

**Contentores:** ideais para cargas padronizadas e transportes multimodais de longa distância; maior segurança e eficiência, mas custos iniciais mais altos (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021).

**Reboques:** oferecem maior flexibilidade e custos iniciais mais baixos, mas menor proteção da carga e eficiência multimodal (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021)

#### 2.2.2 Transporte Aéreo

O transporte aéreo é um dos modos mais rápidos e seguros dentro da cadeia de abastecimento, sendo amplamente utilizado para mercadorias de alto valor, perecíveis ou urgentes, cuja entrega precisa ocorrer em prazos curtos (Ballou, 2006; Coyle, Bardi & Langley, 2017). Apesar dos seus custos elevados, este modo apresenta vantagens claras no que diz respeito à rapidez, confiabilidade e alcance geográfico, especialmente em rotas internacionais ou para destinos de difícil acesso por vias terrestres (Christopher, 2016).

Este tipo de transporte é particularmente relevante em setores como a indústria farmacêutica, eletrônica, automóvel ou moda, onde o tempo de entrega pode representar uma vantagem competitiva. Além disso, o transporte aéreo minimiza os riscos associados a atrasos logísticos e danos às mercadorias, sendo considerado altamente confiável (Coyle et al., 2017).

No entanto, as limitações de capacidade, os altos custos operacionais e o impacto ambiental significativo, especialmente em termos de emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada transportada, tornam o transporte aéreo uma opção a ser utilizada com critério (Ballou, 2006). Como resposta a essas limitações, algumas empresas adotam estratégias de transporte multimodal, integrando o transporte aéreo com outros modos menos poluentes e mais económicos para equilibrar prazos e custos (Christopher, 2016). Um exemplo relevante é a combinação marítimo + aéreo (*sea-air*), utilizada especialmente para mercadorias internacionais que exigem rapidez relativa, mas não a urgência do transporte exclusivamente aéreo. Neste sistema, os produtos são inicialmente transportados por navio até um porto estratégico e, posteriormente, transferidos para transporte aéreo até o destino final. Esta abordagem permite reduzir significativamente os custos em comparação com o transporte exclusivamente aéreo, mantendo prazos de entrega mais curtos do que os do transporte marítimo convencional (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021). Além disso, a multimodalidade sea-air contribui para a sustentabilidade da cadeia de abastecimento, pois reduz a emissão média de carbono por tonelada de mercadoria transportada, comparativamente ao transporte exclusivamente aéreo, enquanto mantém a flexibilidade operacional global (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2021).

No entanto, o transporte aéreo apresenta também desafios e limitações. O custo elevado é uma das principais desvantagens, tornando esta modalidade menos acessível para mercadorias de baixo valor (Rodrigue, 2020). Além disso, pode tornar-se um problema para o exportador no caso de grandes volumes de carga, pois os custos são geralmente calculados com base no peso e na volumetria da mercadoria (IATA, 2023). Assim, a viabilidade económica do transporte aéreo depende do tipo de carga, da perspectiva de negócio e da capacidade do exportador para suportar os custos logísticos.

Em termos ambientais, o transporte aéreo é responsável por uma significativa emissão de CO<sub>2</sub> por tonelada-quilómetro, comparativamente a outros modos de transporte, como o marítimo ou ferroviário. Este é um fator importante a considerar, especialmente perante as crescentes exigências da União Europeia em matéria de sustentabilidade e neutralidade carbónica (European Commission, 2021).

Em resumo, o transporte aéreo de mercadorias constitui uma solução vantajosa em termos de rapidez e segurança, sobretudo para produtos perecíveis, de alto valor ou urgentes. No entanto, envolve custos elevados e impactos ambientais relevantes, o que exige uma avaliação criteriosa nas decisões logísticas, especialmente num cenário global cada vez mais competitivo e centrado na sustentabilidade (Mangan et al., 2020).

### **2.2.3 Transporte Ferroviário**

O transporte ferroviário tem emergido como uma alternativa eficiente e ambientalmente sustentável, especialmente no contexto do transporte intercontinental de mercadorias pesadas e volumosas, como carvão, minerais e matérias-primas. Esta modalidade distingue-se pela elevada capacidade de movimentar grandes quantidades de carga de forma contínua, com menor risco de interrupções logísticas. Os comboios podem transportar volumes significativos de mercadorias numa única viagem, o que resulta em maior eficiência operacional (Rodrigue, 2020). Para além disso, ao contrário do transporte rodoviário, o ferroviário não está sujeito a congestionamentos de tráfego nem a restrições de circulação relacionadas com condições atmosféricas ou encerramento de vias, fatores que afetam frequentemente a eficiência do transporte terrestre (Mangan, Lalwani & Lalwani, 2020).

Do ponto de vista ambiental, o transporte ferroviário apresenta claras vantagens em comparação com o transporte rodoviário. Os comboios, particularmente os movidos a eletricidade, demonstram maior eficiência energética e menor consumo de combustível por tonelada-quilómetro, o que se traduz numa redução significativa das emissões de gases com efeito de estufa (European Environment Agency [EEA], 2021). A ferrovia é, por isso, considerada uma solução logística mais sustentável, especialmente quando aplicada ao transporte de grandes volumes, uma vez que as emissões por unidade de carga são substancialmente inferiores às do transporte rodoviário (International Energy Agency [IEA], 2020).

No entanto, esta modalidade de transporte não está isenta de limitações. A principal restrição prende-se com a disponibilidade e qualidade das infraestruturas ferroviárias. Em várias

regiões, sobretudo em áreas rurais ou menos desenvolvidas, a ausência de redes ferroviárias adequadas impede a adoção eficaz deste modo de transporte (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2019). Além disso, a flexibilidade operacional do transporte ferroviário é reduzida, dado que os comboios operam em horários e itinerários fixos, o que pode constituir um entrave à entrega direta de mercadorias nos destinos finais. Esta limitação frequentemente exige transbordo para o transporte rodoviário ou outros modos, implicando um aumento nos custos e nos tempos de trânsito (Rushton, Croucher & Baker, 2017).

Apesar destas restrições, o transporte ferroviário mantém-se como uma alternativa altamente eficiente em termos de consumo energético e mitigação das alterações climáticas. A integração da ferrovia em cadeias logísticas multimodais permite ultrapassar parte das suas limitações, potenciando soluções mais flexíveis e resilientes para o transporte de mercadorias a nível global (Mangan et al., 2020). O investimento contínuo em infraestruturas ferroviárias e em tecnologias inovadoras, como sistemas de sinalização inteligente e comboios automatizados, poderá aumentar significativamente a competitividade e atratividade do transporte ferroviário no futuro (European Commission, 2021).

### **2.2.3.1 Transporte Ferroviário na Península Ibérica**

A modalidade de transporte ferroviária de trailers é conhecida como autoestrada ferroviária (ro-ro rail motorway), que permite o transporte de semirreboques não acompanhados sobre carruagens-plataforma especializadas.

Na Europa, serviços como o VIIA Britânica incluem trailers, mega-trailers, frigoríficos e containers sobre chassis, o que também abrange os trailers com lona. A Lorry-Rail e VIIA possibilitam o transporte eficiente e ecológico de trailers com lona entre a Península Ibérica e o resto da Europa, sem necessidade de trator e com elevada capacidade logística. (Lohr Industrie, s.d.; VIIA, s.d.).

Na península ibérica, existe apenas uma rota operacional,

- *Rota: Bettembourg – Le Boulou – Barcelona* - Operado pela joint venture Lorry-Rail (entre VIIA, CFL, SNCF, Lohr).

A ligação Bettembourg (Luxemburgo) – Le Boulou (fronteira franco-espanhola) opera desde 2007, com 3 viagens diárias em ambos os sentidos, incluindo fins de semana e feriados. A distância percorrida é de aproximadamente 1 054 km, esta rota evita cerca de 62 000 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, conforme estimativas dos operadores (Lohr Industrie, s.d.; VIIA, s.d.).

A existência desta linha é relativamente recente, 2019. Anteriormente a esta extensão da linha já existente (LeBoulou (França) – Bettembourg (Luxemburgo)), não existia a possibilidade de transporte multimodal por trailer ou *mega-trailer* na península ibérica (Logistique Grand Est, 2019; VIIA, 2019).



**Figura 1** - autoestradas ferroviárias operadas por Lorry-Rail e VIIA.  
 Fonte: Vlantana. (2024).

### Introdução do conceito em território nacional

A partir de 2025, está previsto o início das operações da autoestrada ferroviária em Portugal, com a introdução do transporte de trailers por comboio na rota entre Valência (Espanha) e o Entroncamento, utilizando a Linha do Leste e parte da Linha da Beira Baixa. A operação dependerá de adaptações de infraestrutura ferroviária e acordos entre a Infraestruturas de Portugal e o operador Tramesa (Infraestruturas de Portugal & Tramesa, 2023).

A operação ferroviária no Entroncamento, iniciou-se oficialmente em maio de 2025, com a receção do primeiro comboio de mercadorias. Esta infraestrutura foi projetada para operações multimodais, permitindo o transporte de contentores e reboques, com comboios de até 750 metros de comprimento, favorecendo a transferência modal do transporte rodoviário para o ferroviário e alinhando-se com as políticas de sustentabilidade e eficiência logística. A operação ferroviária é conduzida pela Captrain Portugal em cooperação com as Infraestruturas de Portugal, com vista à expansão futura das ligações ferroviárias nacionais e internacionais (Supply Chain Magazine, 2025; Rail Market, 2025).

Até ao momento, não há indicação explícita de que o terminal do Entroncamento esteja integrado no sistema *Ro-Ro Rail Motorway* (Supply Chain Magazine, 2025).

### 2.2.4 Transporte por Condutas

O transporte por condutas, nomeadamente gasodutos e oleodutos, é amplamente utilizado para o escoamento de líquidos e gases, destacando-se pela sua elevada segurança operacional e pela capacidade de movimentação de grandes volumes de produto. Este modo de transporte requer uma infraestrutura complexa e especializada, composta por condutas subterrâneas ou aéreas, estações de bombagem, unidades de compressão e instalações de armazenamento. Apesar da sua

eficiência, a cobertura geográfica é limitada, uma vez que estas infraestruturas não estão disponíveis em todas as regiões e implicam elevados custos de instalação e manutenção, isto é: este modo é altamente inflexível e, por isso, raramente satisfaz sozinho as necessidades logísticas das cadeias de abastecimento industriais, exigindo integração com outros meios, como o transporte rodoviário ou ferroviário (Rodrigue, 2020).

Essa interdependência cria desafios de coordenação, sincronização e armazenamento, sobretudo quando se trata do fornecimento de energia ou matérias-primas a fábricas localizadas longe das infraestruturas principais. Adicionalmente, este tipo de transporte está sujeito a riscos específicos, como fugas, derrames acidentais, potenciais atos de sabotagem ou falhas técnicas nas condutas, que podem interromper o fluxo de produção, exigindo rigorosos sistemas de monitorização, protocolos de segurança planos de contingência bem estruturados (Notteboom & Rodrigue, 2017).

#### **2.2.4.1 Transporte por Condutas na Europa e Península Ibérica**

Vários gasodutos continentais exercem um papel estratégico na diversificação e segurança energética da Europa. O *Baltic Pipe*, oficialmente inaugurado a 27 de setembro de 2022, estabelece uma ligação direta do Mar do Norte (Noruega) à Polónia via Dinamarca, com capacidade anual de até 10 bilhões m<sup>3</sup> — e permite ainda o fluxo reverso de 3 bilhões m<sup>3</sup> de gás da Polónia para a Dinamarca — contribuindo significativamente para reduzir a dependência da Rússia (European Commission Directorate-General for Energy, 2022). O oleoduto *Druzhba*, em funcionamento desde 1964, continua a ser uma das redes de transporte de petróleo mais extensas do mundo, atravessando mais de 4 000 km e abastecendo diretamente países da Europa Oriental, como a Polónia, Hungria, Eslováquia, República Checa e Alemanha (Wikipedia, 2025). O *Trans-Adriatic Pipeline* (TAP), parte essencial do “Southern Gas Corridor”, encontra-se totalmente operacional desde finais de 2020. Com 878 km de extensão através da Grécia, Albânia e mar Adriático até à Itália, possui capacidade inicial de 10 bilhões m<sup>3</sup> por ano, com possibilidade de expansão futura para 20 bilhões m<sup>3</sup> (European Commission Innovation and Networks Executive Agency, 2020; BP Global News, 2020). Estas infraestruturas desempenham papéis cruciais ao oferecer rotas alternativas ao gás russo e apoiar a transição energética europeia.

O mapa do *Anexo I* ilustra a rede europeia de gasodutos russos que desempenham um papel central no abastecimento energético industrial, como o oleoduto *Druzhba*, o *Yamal–Europa* e o *Nord Stream*. Estas infraestruturas revelam múltiplas ligações transfronteiriças — refletindo a natureza multimodal da cadeia de abastecimento — e evidenciam os pontos críticos que podem afetar a produção em fábricas, seja por riscos logísticos, geopolíticos ou operacionais (Rodrigue, 2020; Notteboom & Rodrigue, 2017).

#### **Gasodutos em Portugal**

Portugal tem uma rede limitada, mas estratégica, de gasodutos, que inclui:

- **Gasoduto de Sines–Lisboa:** Transporta gás natural para a região da capital, fundamental para abastecer indústrias e consumidores urbanos.

- **Gasoduto de Sines–Porto:** Extensão que liga o terminal de gás natural liquefeito (GNL) de Sines ao norte do país.
- **Interligação com Espanha:** Portugal está ligado à rede espanhola por meio do gasoduto internacional de interligação, garantindo abastecimento e flexibilidade.

A rede portuguesa depende bastante do GNL importado e regasificado no terminal de Sines, já que não possui produção própria significativa de gás natural (REN, 2024). No *Anexo II*, é visível o mapa da rede de gás natural em Portugal.

### **Gasodutos em Espanha**

Espanha possui uma rede mais extensa e integrada, sendo um hub importante para o gás natural na Península Ibérica:

- **Gasoduto Medgaz:** Ligação direta entre Argélia e Espanha (Almeria), importante para o fornecimento de gás à Península.
- **Redes internas espanholas:** Uma vasta malha de gasodutos que interliga diferentes regiões, terminais de GNL (como Cartagena e Barcelona), e conecta com Portugal e França.
- **Interconexões com França:** Permitem entrada e saída de gás para o resto da Europa, ampliando a segurança e flexibilidade do sistema (Enagás, 2024).

### **2.2.5 Transporte Marítimo**

O transporte marítimo é um dos pilares fundamentais do comércio global, responsável por cerca de 80% do volume total de mercadorias transportadas internacionalmente (UNCTAD, 2023). Este modo de transporte destaca-se pela sua capacidade de movimentar grandes quantidades de carga em longas distâncias, a custos relativamente baixos, sendo especialmente relevante para o transporte de matérias-primas, produtos industriais e bens de consumo em escala global (Stopford, 2009).

Além da sua importância económica, o transporte marítimo desempenha um papel crucial na integração das cadeias de abastecimento internacionais, suportando a logística multimodal e facilitando o acesso a mercados remotos. Contudo, enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de reduzir as emissões de gases poluentes, melhorar a eficiência operacional e lidar com questões de segurança e regulamentação (IMO, 2020).

#### **2.2.5.1 Longa Duração (*Deep-Sea Shipping*)**

O transporte marítimo de longo curso, frequentemente denominado *Deep-Sea Shipping*, é considerado o principal modo de transporte para fluxos intercontinentais de mercadorias, devido à sua elevada capacidade de carga e competitividade em termos de custo por tonelada-quilómetro (Stopford, 2020). Apesar de apresentar tempos de trânsito mais longos quando comparado a outros modos, como o transporte aéreo, constitui a espinha dorsal do comércio global, sendo responsável por cerca de 80% do volume total de mercadorias movimentadas internacionalmente (UNCTAD, 2023).

Do ponto de vista ambiental, o transporte de longo curso é mais eficiente em termos de emissões de gases com efeito de estufa por tonelada transportada do que outros modos de transporte, particularmente o aéreo e o rodoviário (IMO, 2020). Contudo, o setor enfrenta crescente pressão regulatória para reduzir ainda mais a sua pegada de carbono, com metas de redução de intensidade de emissões de 40% até 2030 e 70% até 2050, relativamente aos níveis de 2008 (IMO, 2023).

Apesar das suas vantagens, este modo apresenta desafios operacionais relevantes. Os tempos de trânsito são relativamente longos, podendo ser agravados por condições meteorológicas adversas, restrições geopolíticas e congestionamento portuário (Notteboom & Rodrigue, 2022). Além disso, a operação eficiente do transporte de longo curso exige portos de águas profundas e terminais de contentores devidamente equipados, cuja ausência pode implicar operações de transbordo para outros modos, aumentando custos e tempos de entrega (Lindstad et al., 2021).

#### **2.2.5.2 Curta-duração (*Short-Sea*)**

O transporte marítimo de curto curso, também conhecido como *Short-Sea Shipping* (SSS), refere-se à movimentação de mercadorias ao longo de rotas marítimas curtas, normalmente dentro do mesmo continente ou entre países geograficamente próximos (European Commission, 2022). Este modo de transporte tem sido promovido pela União Europeia como uma alternativa eficiente e sustentável ao transporte rodoviário, reduzindo custos logísticos, emissões de gases com efeito de estufa e congestionamento das redes rodoviárias (Paixão Casaca & Marlow, 2020).

Do ponto de vista económico, o SSS apresenta custos operacionais inferiores em comparação com o transporte rodoviário para volumes significativos de carga, devido à capacidade de transportar grandes quantidades de mercadorias de forma contínua e com menor consumo energético por tonelada-quilómetro (Bešković & Tvrđy, 2017). Além disso, este modo permite o acesso a portos secundários e regiões menos servidas por redes ferroviárias ou rodoviárias, proporcionando maior flexibilidade no planeamento integrado da cadeia de abastecimento (Notteboom & Rodrigue, 2022).

Apesar dos benefícios, o SSS enfrenta desafios como atrasos portuários, períodos de congestão durante épocas de pico e custos adicionais associados a operações de carga e descarga (Grosso et al., 2021). Para mitigar estas limitações, investimentos em infraestruturas portuárias e em tecnologias de digitalização são considerados essenciais para aumentar a eficiência e a competitividade do setor (European Commission, 2022).

No contexto europeu, o SSS é um elemento estratégico do transporte marítimo, movimentando mais de 1,6 mil milhões de toneladas em 2023, sobretudo no Mediterrâneo, Mar do Norte e Báltico, com destaque para granel líquido e contentores (European Commission, 2023; Blue Economy Observatory, 2023). Este modo representa cerca de um terço das trocas intraeuropeias por tonelada-quilómetro, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade logística (Transport.ec.europa.eu, 2023).

Eventos globais recentes, como a instabilidade no Mar Vermelho, evidenciam a resiliência do SSS, com operadores realocando capacidade nas rotas intraeuropeias para garantir a continuidade das cadeias de abastecimento (Intermodal News, 2024; Reuters, 2025).

### **2.2.5.3 Transporte Fluvial (*Inland Shipping*)**

O transporte hidroviário interior, também designado como transporte fluvial ou costeiro, refere-se à utilização de rios, canais e outras vias navegáveis interiores para a movimentação de mercadorias dentro de um país ou região portuária (European Commission, 2021). Este modo de transporte representa uma alternativa económica e ambientalmente sustentável em comparação com o transporte rodoviário e ferroviário, permitindo o deslocamento de grandes volumes de carga a custos unitários reduzidos, enquanto reduz significativamente as emissões de carbono (Calderón-Rivera, Bartusevičienė, & Ballini, 2024).

Em termos de eficiência operacional, o transporte fluvial oferece elevada capacidade de carga por viagem, evitando os congestionamentos típicos do tráfego terrestre e as interrupções ocasionadas por encerramentos de estradas (Caris, Limbourg, Macharis, van Lier, & Cools, 2014). Além disso, a utilização de vias navegáveis interiores contribui para a descongestão das redes rodoviárias, desviando parte do transporte de mercadorias para o modo aquático.

O transporte fluvial desempenha um papel estratégico na logística europeia, oferecendo uma alternativa eficiente e sustentável para a movimentação de mercadorias, especialmente em regiões com vias navegáveis bem desenvolvidas. O Anexo III apresenta a distribuição do volume de carga transportada por conexões fluviais nas regiões NUTS II da UE, evidenciando a relevância deste modo de transporte em áreas com forte presença industrial e conexões portuárias de grande capacidade (Eurostat, 2024). Esta representação visual permite identificar os principais corredores logísticos e analisar as disparidades regionais na utilização das vias fluviais como uma componente essencial da cadeia de abastecimento.

Todavia, este modo apresenta limitações significativas, incluindo restrições de navegabilidade em áreas com águas rasas, eclusas e pontes, que podem provocar atrasos e afetar a regularidade das operações (Luca, Guju, & Comănescu, 2025). A mitigação desses desafios requer investimentos contínuos em infraestruturas portuárias e em tecnologias de apoio à navegação, incluindo sistemas de informação geoespacial e gestão digital do tráfego (European Commission, 2021).

O transporte fluvial em Portugal apresenta potencial estratégico para complementar outros modos logísticos, especialmente no corredor do rio Douro, parte da Rede Transeuropeia de Transportes (TEN-T) (European Commission, 2022). O programa *Douro Inland Waterway 2020* modernizou infraestruturas, melhorando a navegabilidade e a segurança operacional (APDL, 2021).

### 2.3 Transporte Multimodal

O transporte multimodal consiste no uso de dois ou mais modos de transporte (rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo ou fluvial) sob um único contrato e responsabilidade de um Operador de Transporte Multimodal (OTM), que coordena todo o processo logístico desde a origem até o destino (Rodrigue, 2020; Christopher, 2016). Esta abordagem simplifica a gestão operacional e documental, reduzindo custos administrativos e tempo de trânsito, além de garantir maior rastreabilidade da carga ao longo da cadeia logística. Diferente do transporte intermodal, este também envolve o uso de múltiplos modos, mas com uma diferença crucial: cada segmento da viagem é regido por contratos distintos, e a responsabilidade sobre a carga muda entre os operadores (Rodrigue, 2020). Assim, o transporte intermodal tende a exigir maior coordenação entre agentes e pode gerar complexidade adicional na gestão documental e operacional.

Uma das principais vantagens do transporte multimodal é a integração eficiente dos diferentes modos, aproveitando as forças de cada um. Por exemplo, o transporte marítimo é ideal para grandes volumes a baixo custo, enquanto o rodoviário oferece flexibilidade para entregas porta a porta (Notteboom & Rodrigue, 2021). Adicionalmente, esta modalidade contribui para a sustentabilidade ambiental, ao permitir a utilização de modais menos poluentes em trechos mais longos, como ferroviário ou marítimo, reduzindo as emissões de carbono em comparação com o uso exclusivo do transporte rodoviário.

Em síntese, enquanto o transporte intermodal prioriza a utilização coordenada de diferentes modos com contratos separados, o transporte multimodal oferece uma solução mais integrada, eficiente e simplificada, tornando-se essencial para cadeias de abastecimento que exigem maior previsibilidade, rapidez e redução de custos administrativos.

#### Vantagens

O transporte multimodal apresenta diversas vantagens no contexto logístico e da gestão da cadeia de abastecimento, sendo amplamente reconhecido pela sua capacidade de integrar diferentes modos de transporte numa operação contínua e eficiente (Rodrigue, 2020).

Uma das principais vantagens é a **otimização de custos**, dado que a utilização combinada de modos mais económicos, como o ferroviário e o marítimo, permite reduzir despesas operacionais, especialmente em trajetos internacionais de longa distância (Notteboom, 2019). Além disso, esta integração melhora a eficiência operacional, ao permitir que cada segmento da rota utilize o modo mais adequado em termos de velocidade, capacidade e custos (Beresford & Dubey, 2022).

Outro benefício significativo está relacionado com a **sustentabilidade ambiental**. A transferência parcial do transporte rodoviário para modos menos poluentes, como o ferroviário e o marítimo, pode reduzir consideravelmente as emissões de gases com efeito de estufa e o consumo energético (Woodburn, 2021).

Por fim, destaca-se a **melhoria na fiabilidade e flexibilidade das cadeias de abastecimento**, uma vez que o transporte multimodal possibilita maior resiliência face a interrupções, permitindo alterar

percursos e modos de transporte quando necessário, sem comprometer os prazos de entrega (Rodrigue, 2020).

### **2.3.1 Multimodal em Portugal**

Em Portugal, o transporte multimodal tem registado avanços significativos, sobretudo no setor de carga, beneficiando da posição geoestratégica do país como elo entre a Europa, África e as Américas (Rodrigue, 2020). A infraestrutura portuária desempenha um papel central nesse processo, com portos como Lisboa, Leixões, Sines e Setúbal a constituírem pontos de ligação cruciais para o comércio internacional (Autoridade da Mobilidade e dos Transportes [AMT], 2022). O Porto de Sines, por exemplo, é um *hub* relevante para a movimentação de mercadorias entre a Europa e mercados intercontinentais (AMT, 2022). Já o Porto de Leixões destaca-se por ser o único em Portugal a oferecer serviços dedicados ao transporte Roll-on/Roll-off (Ro-Ro), especializado em trailers e mega-trailers (Porto de Leixões, 2023).

A rede ferroviária nacional tem sido gradualmente modernizada e integrada aos sistemas multimodais, permitindo uma maior articulação com portos e estradas, o que reforça a competitividade logística do país (Infraestruturas de Portugal, 2023). A instalação de terminais intermodais ao longo da costa tem facilitado o transporte ferroviário para longas distâncias, reduzindo a dependência do transporte rodoviário (Notteboom, 2019).

Além disso, políticas públicas e iniciativas sustentáveis têm incentivado a utilização de modos de transporte menos poluentes, como o ferroviário e o marítimo, em detrimento do rodoviário, devido ao seu impacto ambiental mais elevado (Woodburn, 2021). Estas medidas procuram alinhar as operações logísticas portuguesas com as metas de redução de emissões de carbono da União Europeia (Comissão Europeia, 2021).

No entanto, persistem desafios relacionados à infraestrutura e à integração operacional entre diferentes modos de transporte. A adoção de tecnologias digitais, como sistemas de rastreamento em tempo real e plataformas de gestão logística, tem sido apontada como essencial para aumentar a eficiência e a transparência do transporte multimodal no país (Beresford & Dubey, 2022).

### **2.3.2 Ro-Ro**

O transporte Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) é caracterizado pelo carregamento e descarregamento de veículos, trailers e mega-trailers através de rampas próprias, sem necessidade de movimentação direta da carga, o que reduz significativamente o tempo de operação e aumenta a eficiência logística (Rodrigue, 2020). No transporte ferroviário, muitas vezes apenas o semirreboque é transportado, sem o trator do camião, permitindo otimizar a capacidade de carga, como observado nos serviços da *VIA* e *Lorry Rail* na Europa (Notteboom, 2019).

Além da eficiência operacional, o Ro-Ro contribui para a sustentabilidade ambiental, ao reduzir o congestionamento rodoviário e as emissões de CO<sub>2</sub>, promovendo a transferência modal para sistemas ferroviários e marítimos mais ecológicos (Woodburn, 2021). Este método também diminui o risco de danos às mercadorias, mantendo a integridade da carga ao evitar manuseio repetitivo (Beresford & Dubey, 2022).

O Ro-Ro distingue-se do transporte tradicional baseado em contentores, que apresenta maiores custos operacionais e complexidade na rastreabilidade da carga. Ao combinar a eficiência do transporte marítimo com a flexibilidade do transporte terrestre, o Ro-Ro permite tempos de trânsito mais curtos, maior confiabilidade e redução de atrasos (Woodburn, 2021).

Uma das principais aplicações do Ro-Ro é o transporte de veículos automotores, incluindo automóveis, camiões e veículos pesados, beneficiando rotas internacionais e aproveitando redes globais de transporte marítimo e terrestre para atender à procura dos mercados internacionais (Rodríguez, 2020).

A expansão da infraestrutura portuária, juntamente com inovações tecnológicas, como sistemas de rastreamento em tempo real e automatização de processos, tem fortalecido a eficiência e a segurança do transporte multimodal Ro-Ro. A integração das redes marítima e terrestre promove maior conectividade e acessibilidade, consolidando o Ro-Ro como uma solução logística estratégica para o comércio internacional (Notteboom, 2019; Woodburn, 2021).



**Figura 2** - Catherine, Navio de carga RoRo.

Fonte: CLDN (via LinkedIn), 2025.

### **O transporte Ro-Ro em Portugal**

O transporte multimodal em formato Ro-Ro (Roll-On Roll-Off) em Portugal recorreu inicialmente a portos externos, especialmente os espanhóis como Bilbao, Santander, Valência e Barcelona. Isso acontecia tanto por falta de infraestruturas apropriadas em solo português como por razões logísticas e competitivas na região Norte de Portugal. Além disso, estudos feitos em 2002 pelo então IPTM apontaram a necessidade de terminais de Transporte Marítimo de Curta Distância em vários portos nacionais, mas apenas Leixões acabou por ser utilizado nessa modalidade.

Esta modalidade apenas começou a ser operacionalizada em portos nacionais recentemente, com destaque para o Porto de Leixões, que passou a oferecer serviços regulares Ro-Ro, sobretudo com a entrada de operadores como a CLdN, que liga Portugal a portos como Zeebrugge e Roterdão. O porto conta com um terminal especialmente adaptado a Ro-Ro, com infraestrutura moderna — cais com rampa fixa, capacidade de carga, área de estacionamento para trailers, entre outros —, o que facilita este tipo de tráfego. Além disso, essa evolução permitiu que o transporte intermodal marítimo-rodoviário começasse a ganhar escala em Portugal, com Leixões a emergir como um polo nacional nesta modalidade. (Intermodal Portugal, 2023; Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo [APDL], n.d.).

O sucesso desta modalidade ficou patente em 2024, quando o tráfego Ro-Ro cresceu 85%, consolidando Leixões como líder nacional neste segmento (Público, 2025).

O Anexo V apresenta o mapa das principais rotas marítimas operadas pela CLdN no transporte Ro-Ro na Europa. É possível observar a ligação entre o Porto de Leixões (Portugal) e os portos de Zeebrugge (Bélgica) e Rotterdam (Países Baixos), evidenciando a integração da rede logística da CLdN no corredor atlântico europeu.

Na fronteira portuguesa, a expansão das chamadas *autopistas del mar* no Atlântico ibérico reforçou-se em 2024 com a entrada da companhia Finnlines, pertencente ao Grupo Grimaldi, no Porto de Vigo. Em janeiro desse ano foi inaugurada uma nova ligação Ro-Ro que conecta os portos de Vigo, Bilbao e Zeebrugge, constituindo-se como uma alternativa eficiente ao transporte rodoviário de longo curso (Finnlines, 2024). A companhia afeta a esta linha três navios da série Finneco, considerados entre os Ro-Ro mais ecoeficientes do mundo. Cada embarcação dispõe de 5.800 metros lineares de carga, equivalentes a aproximadamente 400 semirreboques. Estes navios híbridos, equipados com tecnologias de redução de emissões, alinham-se com os objetivos europeus de transição energética e sustentabilidade no setor marítimo (Cadena de Suministro, 2024). O Anexo VI ilustra a rede europeia de transporte marítimo da Finnlines, destacando a rota que liga os portos de Vigo e Bilbao (Espanha) ao porto de Zeebrugge (Bélgica).

Embora algumas notícias regionais tenham descrito o acordo como uma *“joint venture”*, não existe evidência de que a ligação constitua formalmente uma sociedade conjunta entre a Finnlines e entidades locais. Trata-se antes de uma colaboração operacional e comercial, que integra agentes portuários vigueses no processo logístico, mantendo a gestão da linha sob controlo da Finnlines (Faro de Vigo, 2024).

Até ao início de 2025, não foram encontrados registos de interrupção ou término desta rota, mantendo-se ativa e em expansão. Pelo contrário, dados publicados confirmam que as autopistas do mar viguesas retiraram milhares de camiões das estradas, contribuindo para a redução do congestionamento rodoviário e das emissões poluentes (Faro de Vigo, 2025).

## Capítulo III

### **3. Enquadramento Metodológico**

O Capítulo 3 descreve a metodologia usada para a realização da pesquisa, com dados reais que permitem complementar os dados expostos anteriormente e providenciar conclusões sobre este estudo.

Para a concretização desta análise, foram utilizadas duas fontes principais de informação: dados operacionais internos de uma empresa de transporte Ro-Ro e entrevistas realizadas a profissionais do setor em estudo. Os dados recolhidos incluem volumes de reboques transportados, registos de incidentes operacionais e alterações de rotas ocorridas durante o período em estudo. Estes elementos permitiram compreender as dinâmicas de funcionamento da empresa, bem como identificar variações significativas na gestão das operações multimodais.

A combinação entre análise quantitativa (dados operacionais) e análise qualitativa (entrevistas) permitiu construir uma visão abrangente da realidade multimodal da empresa, articulando a dimensão técnica das operações com as perceções e experiências dos seus profissionais. Assim, esta abordagem mista assegura uma interpretação mais completa e rigorosa dos resultados apresentados nas secções seguintes.

#### **3.1 Metodologia e Questões de Investigação**

A metodologia adotada neste estudo assenta numa abordagem qualitativa e quantitativa combinada, procurando integrar a análise objetiva de dados operacionais com a interpretação subjetiva das perceções dos profissionais do setor. Esta opção metodológica justifica-se pela natureza do tema em análise — o transporte multimodal e, em particular, o transporte Ro-Ro — que exige compreender tanto as dimensões técnicas e mensuráveis das operações como os fatores humanos e organizacionais que as influenciam.

O estudo enquadra-se no paradigma interpretativista, pois procura compreender como os diferentes atores envolvidos no transporte multimodal, em particular no sistema Ro-Ro, percebem e atribuem significado às suas práticas. Tal como referem Orlikowski e Baroudi (1991), este paradigma procura entender as realidades sociais a partir da forma como são vividas e construídas pelas pessoas.

Assim, entende-se que o conhecimento sobre o transporte multimodal Ro-Ro resulta das experiências e interações dos intervenientes, ou seja, é construído a partir das práticas e contextos em que estes se inserem (Creswell & Creswell, 2018).

Depois de definido este enquadramento, foi escolhido o método de investigação, sendo o estudo de caso o mais adequado. Este método permite analisar em detalhe um fenómeno dentro da sua realidade, possibilitando compreender tanto os seus benefícios como os seus constrangimentos. De acordo com Eisenhardt e Graebner (2007), os estudos de caso são valiosos quando se procura

compreender fenómenos complexos no seu contexto real. Merriam (1988) acrescenta que são especialmente úteis quando se pretende estudar de forma aprofundada uma situação ou processo concreto.

No presente trabalho, a escolha justifica-se pelo objetivo de explorar e compreender a importância do transporte multimodal Ro-Ro em Portugal e na Europa, analisando os impactos que este modelo tem nas cadeias de abastecimento. A partir da revisão de literatura e da observação prática, foi definida a seguinte questão de investigação:

**“No contexto industrial português: faz sentido apostar na gestão multimodal?”**

**Hipótese 1:** O transporte multimodal Ro-Ro contribui para a eficiência e sustentabilidade das cadeias de abastecimento em Portugal.

**Hipótese 2:** A instabilidade do transporte marítimo não permite uma gestão fiável do transporte multimodal.

Estas hipóteses orientam a análise a realizar, permitindo compreender melhor o papel desta modalidade de transporte e a sua relevância no setor logístico atual.

## **3.2 Recolha de informação e análise de dados**

A recolha de dados para esta investigação decorreu em três etapas complementares, de forma a garantir uma análise abrangente do fenómeno do transporte multimodal Ro-Ro.

### **3.2.1 Análise preliminar dos modos de transporte**

Como ponto de partida, foi realizada uma análise comparativa dos diferentes modos de transporte, tal como apresentada no Capítulo 2. Esta etapa foi essencial para contextualizar a multimodalidade e identificar as especificidades do transporte no quadro mais vasto da logística e mobilidade de mercadorias.

### **3.2.2 Recolha de dados**

Numa segunda fase, foram reunidos dados internos de uma empresa de transporte multimodal que opera no setor Ro-Ro. Os dados dizem respeito a um período temporal específico e incluem:

- volume de reboques transportados;
- alterações e ajustes às rotas;
- incidentes registados e reportados pelo gestor de planeamento da empresa.

Esta informação permitiu compreender a dinâmica operacional da empresa, avaliar o desempenho e identificar desafios práticos da multimodalidade Ro-Ro.

A amostra em análise é composta por 179 clientes da empresa em estudo, representando diferentes tipologias de operadores logísticos e industriais. No total, foram observados 2 247 reboques transportados no período considerado, dos quais 2 162 apresentavam carga efetiva e 85 circulavam em vazio. Dentro do conjunto de reboques carregados, 1 063 correspondem a operações de

importação e 1 099 a operações de exportação, refletindo uma distribuição equilibrada entre ambos os fluxos. No que respeita ao controlo operacional, foram registadas 406 inconformidades, associadas a divergências documentais, atrasos ou irregularidades processuais, permitindo identificar padrões relevantes para a análise de eficiência e qualidade do serviço.

### **Contexto da empresa estudada**

A análise empírica do presente estudo baseia-se em dados recolhidos junto de uma empresa de transporte multimodal de grande porte, representativa do setor logístico europeu, cuja principal atividade se centra no transporte multimodal Ro-Ro (navio e comboio). Esta organização opera em vários países e desempenha um papel relevante na movimentação de mercadorias, contribuindo para a eficiência das cadeias de abastecimento em contextos nacionais e internacionais.

Apesar de manter o anonimato da empresa, considerou-se relevante caracterizar alguns aspetos operacionais que influenciam diretamente a gestão do transporte multimodal. Entre estes destacam-se a dimensão e diversidade da frota, a variedade de rotas operadas a nível europeu, a frequência de alterações de itinerário e a integração com outros modos de transporte, fatores que impactam significativamente a fiabilidade e a flexibilidade das operações logísticas.

A empresa constitui um caso prático representativo, permitindo analisar volumes e alterações de rotas originalmente planeadas como Ro-Ro juntamente com as variadas razões para que deixaram de o ser.

### **3.2.3 Entrevistas semiestruturadas**

Após a análise dos dados recolhidos, foi considerado essencial recolher perspetivas de profissionais chave do setor, como o diretor da própria empresa de transporte, sendo realizada uma entrevista semiestruturada.

Sendo considerado também relevante, obter a visão de outros perfis considerados relevantes para a análise, foram entrevistados adicionalmente o gestor de planeamento da mesma empresa e fora da empresa, um gestor de cadeia de abastecimento de uma fábrica cujas peças são posteriormente transportadas por Ro-Ro. Devido à distância e falta de disponibilidade para, à semelhança da primeira entrevista, a realização de uma entrevista semiestruturada; foram efetuadas entrevistas estruturadas para estes dois casos.

No final foram entrevistados três perfis-chave diretamente envolvidos no setor:

- o diretor da empresa de transporte multimodal (semiestruturada);
- o gestor de planeamento de transportes (estruturada);
- o gestor da cadeia de abastecimento, cujo transporte de mercadorias é realizado via Ro-Ro (estruturada).

Sendo os dois primeiros entrevistados, profissionais da empresa de transporte multimodal em estudo.

As entrevistas semiestruturadas caracterizam-se por um equilíbrio entre estrutura e flexibilidade. Embora baseadas num guião previamente definido, com questões alinhadas com os objetivos da investigação, este formato permite aprofundar temas emergentes durante a conversa e adaptar o rumo das perguntas às respostas do entrevistado. Segundo Quivy e Campenhoudt (2008), este tipo de entrevista combina uma orientação comum para todos os participantes com a liberdade necessária para explorar aspetos relevantes que possam surgir no decorrer do diálogo.

Já as entrevistas estruturadas, embora baseadas num guião rigorosamente definido com perguntas previamente estabelecidas, caracterizam-se por manter uma sequência fixa e uniforme de questões para todos os participantes. Este formato assegura a comparabilidade direta das respostas, reduzindo a influência do entrevistador e garantindo maior objetividade na recolha dos dados. Segundo Quivy e Campenhoudt (2008), este tipo de entrevista “implica uma ordem e formulação idênticas das perguntas para todos os inquiridos, permitindo tratar as respostas de forma sistemática e comparável”.

Estas entrevistas permitiram recolher diferentes perspetivas — estratégica, operacional e de cliente — enriquecendo a análise e fornecendo evidências práticas para responder às questões de investigação.

**Tabela 1** - Caracterização dos entrevistados. Fonte: Tabela efetuada por elaboração própria.

| Entrevistado | Cargo Atual               | Experiencia no Setor (anos) | Formação Académica |
|--------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|
| E1           | Branch Manager - Portugal | 27                          | Engenharia         |
| E2           | FFW manager/ Planning     | 13                          | -                  |
| E3           | Supply Chain Manager      | 8                           | Engenharia         |

### 3.3 Triangulação dos dados

A triangulação entre as duas fontes de informação — qualitativa (entrevistas) e quantitativa (dados operacionais) — permitiu validar e enriquecer os resultados. Este cruzamento assegurou maior robustez e credibilidade às conclusões, uma vez que as evidências empíricas recolhidas foram confrontadas com as perceções dos profissionais, permitindo uma análise mais rigorosa e integrada das operações de transporte multimodal.

## Capítulo IV

## 4. Estudo de Caso

O Capítulo 4 centra-se na análise empírica do estudo, explorando os dados recolhidos junto de uma empresa de transporte multimodal e os contributos obtidos através das entrevistas realizadas a profissionais do setor. O objetivo principal consiste em examinar o comportamento das operações de transporte multimodal Ro-Ro, de forma a identificar padrões, variações e impactos operacionais observáveis. Pretende-se apresentar, de forma organizada, as alterações de rotas verificadas, os impactos associados e a forma como estes acontecimentos influenciam a fiabilidade da gestão multimodal.

### 4.1 Caracterização da Amostra

Os dados apresentados neste capítulo foram recolhidos junto da empresa de transporte multimodal durante o período de análise entre 01-01-2024 e 31-07-2024, caracterizado por um pico de atividade simultâneo nas principais rotas do contexto português – Leixões e Vigo. Apesar de a análise se restringir a um intervalo temporal relativamente curto, esta é a área que disponibiliza o maior volume de informação, permitindo compreender de forma detalhada os fluxos de reboques e a operação das rotas. É de realçar que, dentro da empresa estudada, a zona da Galiza (daí mencionando o porto de Vigo), é operacionalmente atribuída ao planeamento de Portugal, pela proximidade dos dois portos de Leixões e Vigo. Juntamente com o facto de os portos Ro-Ro mais próximos serem Santander e Bilbao, facilita geograficamente a operação de transporte.

A escolha deste período fundamenta-se na disponibilidade e relevância dos dados, uma vez que a empresa autorizou a análise apenas desta área operacional. Esta abordagem possibilita uma compreensão aprofundada da dinâmica da multimodalidade Ro-Ro, refletindo tanto os fluxos regulares de importação e exportação como as operações especiais, essenciais para o planeamento logístico e otimização das rotas.

### 4.2 Análise dos dados obtidos

#### 4.2.1 Dados Operacionais da Empresa

##### **Volume de Transporte**

O volume de transporte constitui um dos principais indicadores de desempenho operacional de uma empresa de transporte multimodal, permitindo avaliar a dimensão e a evolução da sua atividade ao longo do tempo (Rodrigues et al., 2020). A análise dos volumes movimentados oferece uma visão quantitativa sobre o fluxo de mercadorias, distinguindo entre operações de exportação e importação, e possibilita identificar tendências, variações sazonais e impactos decorrentes de alterações nas rotas ou na procura dos serviços (Notteboom & Rodrigue, 2022; Slack et al., 2017).

**Tabela 2** - Volume de reboques transportados através do porto de Leixões durante o período de análise. Fonte: Tabela efetuada por elaboração própria.

| Import./Export. | Rotas      |            |            |            | Total      |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                 | LEIX - ROT | LEIX - ZBG | ROT - LEIX | ZBG - LEIX |            |
| Exportação      | 168        | 266        |            |            | 434        |
| Importação      |            |            | 292        | 112        | 404        |
| Op. Especial    | 1          | 1          |            |            | 2          |
| <b>Total</b>    | <b>169</b> | <b>267</b> | <b>292</b> | <b>112</b> | <b>840</b> |

**Tabela 3** - Volume de reboques transportados através do porto de Vigo durante o período de análise. Fonte: Tabela efetuada por elaboração própria.

| Import./Export. | Rotas     |            |           |            |           | Total       |
|-----------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|
|                 | VIGO-ANTW | VIGO-ZBG   | ANTW-VIGO | ZBG-VIGO   | BIL-VIGO  |             |
| Exportação      | 11        | 654        |           |            |           | 665         |
| Importação      |           |            | 9         | 650        |           | 659         |
| Op. Especial    |           |            |           |            | 83        | 83          |
| <b>Total</b>    | <b>11</b> | <b>654</b> | <b>9</b>  | <b>650</b> | <b>83</b> | <b>1407</b> |

Como podemos analisar nas tabelas 2 e 3, em ambas as tabelas existe, durante o período analisado, um bom equilíbrio entre o número de reboques exportados e importados.

No entanto, é notória a existência de uma terceira origem de dados, as operações especiais (Op. Especial – na tabela) a origem das operações especiais, deve-se a 2 fatores:

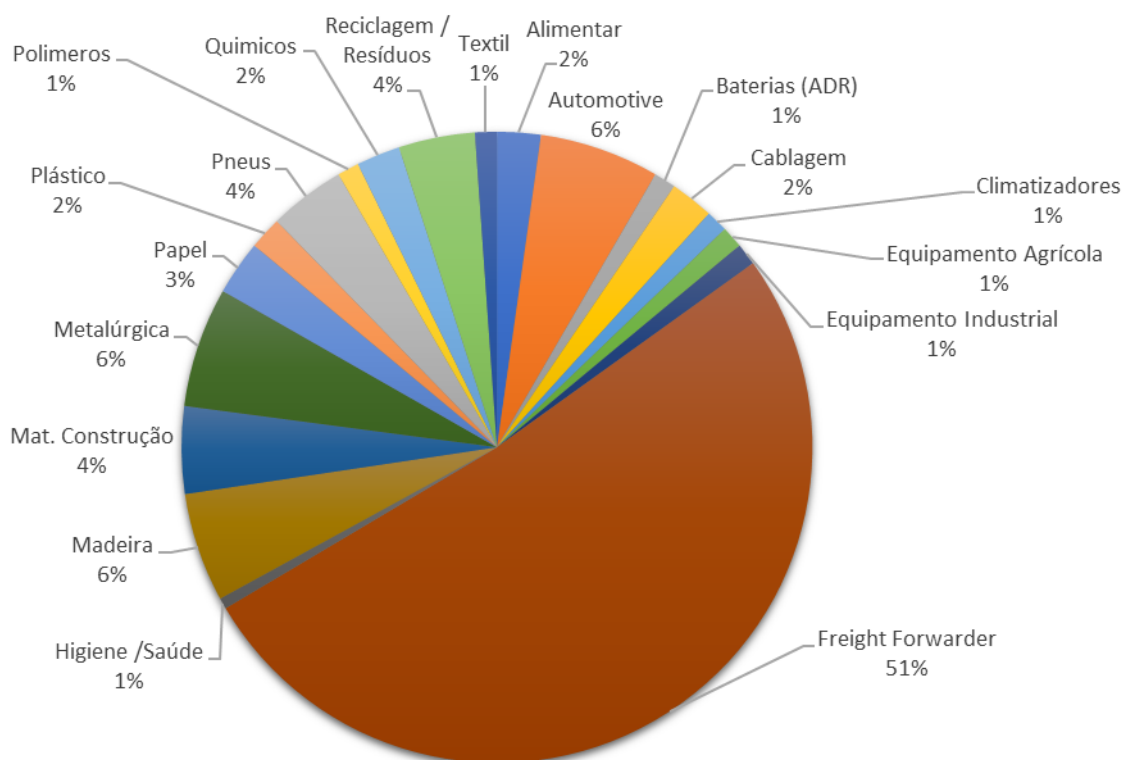
- **Importação (Bilbao → Vigo):** Elevado número de reboques parados em Espanha, face à falta de exportação em conjunto com a crescente necessidade de importação para Portugal. A operação conjunta pelas duas sucursais ibéricas da empresa resolveu um problema de equipamento e custo ao enviar 83 reboques por Ro-Ro para o porto mais próximo possível. Neste caso sendo Vigo pois não existia outra rota Ro-Ro direta de Bilbao para Leixões.
- **Exportação (Leixões → Zeebrugge/Roterdão):** Esta operação, deveu-se à inutilização de 2 unidades que se encontravam severamente danificadas. Sendo enviadas para a Europa central, onde a empresa as poderia reparar em oficinas próprias.

Estas operações são efetuadas, com os reboques vazios, pelo que o custo de movimentação negociado com a companhia marítima é também inferior.

Na tabela 3 podemos ainda observar uma rota entre Vigo e Antuérpia. Esta rota deveu-se, segundo os dados analisados, a um congestionamento e bloqueio das operações em Zeebrugge devido a greves, que resultaram numa movimentação extra para o porto mais próximo operado pela companhia – neste caso Antuérpia.

### Tipologia das Mercadorias Transportadas

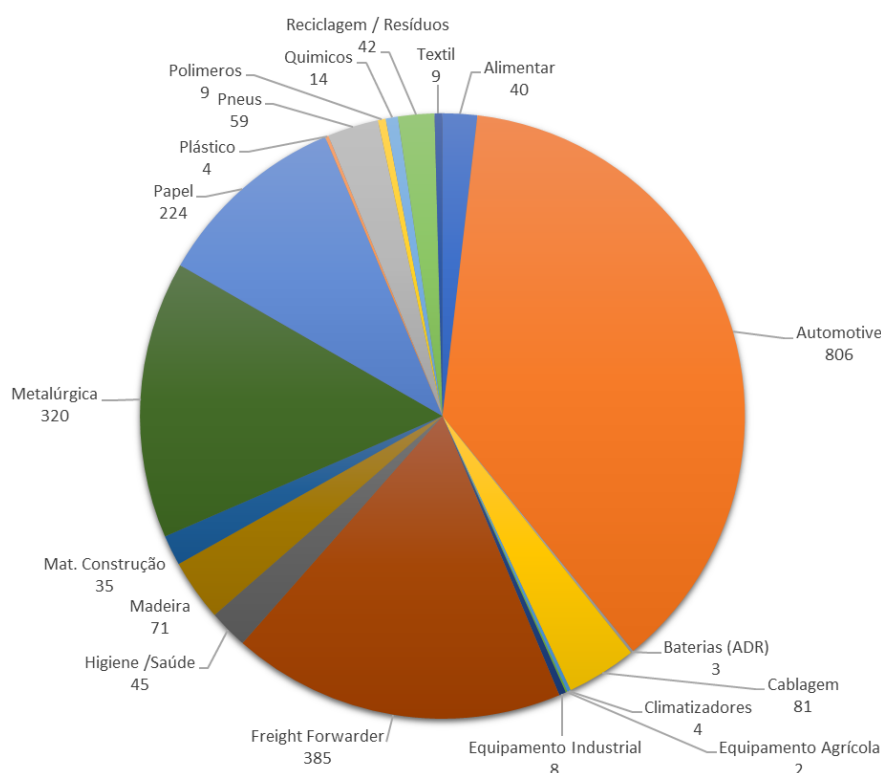
A análise da tipologia das mercadorias transportadas pela empresa permite complementar a avaliação do volume e do movimento operacional anteriormente apresentados. Esta identificação é fundamental para compreender o tipo de carga que predomina nas rotas analisadas e para perceber de que forma a natureza das mercadorias influencia a organização logística e as opções de transporte multimodal adotadas. Assim, nesta secção, procede-se à caracterização das principais categorias de mercadorias movimentadas pela empresa, de modo a evidenciar a diversidade do serviço prestado e o seu contributo para a eficiência das operações Ro-Ro.



**Figura 3** – Gráfico da tipologia de clientes de transporte.

Fonte: Gráfico efetuado por elaboração própria.

A Figura 3 apresenta a categorização das tipologias de clientes associadas às cargas indicadas nas Tabelas 2 e 3. Importa salientar que os percentuais apresentados não refletem o volume de carga transportada, mas sim a distribuição das tipologias entre os 179 clientes incluídos no estudo. A percentagem de clientes classificados como *Freight Forwarder* evidencia-se como significativamente superior à soma de todas as outras tipologias. Esta predominância resulta, em parte, do elevado número de clientes enquadrados nesta categoria, bem como na logística 3PL e 4PL. Uma vez que, para efeitos de registo, a carga é atribuída apenas ao nome da última transação de compra, correspondente ao transitário e não ao cliente final – ou seja, a carga acaba por ser categorizada como parte da unidade de negócio de FFW.



**Figura 4** - Gráfico do volume de cargas por tipologia de cliente.

Fonte: Gráfico efetuado por elaboração própria.

Como é possível observar na Figura 4, o peso relativo das tipologias de clientes não se traduz diretamente no volume de carga transportada. As tipologias *Automotive*, *Metalúrgica* e *Papel*, que somam apenas 27 clientes no âmbito deste estudo, correspondem a 1.350 cargas transportadas. Por outro lado, a tipologia *Freight Forwarding*, que representa mais de metade dos clientes analisados (92 clientes), apenas se reflete em 385 cargas, evidenciando que um maior número de clientes nem sempre implica um maior volume de carga transportada. Esta discrepância sugere que certos setores, apesar de contarem com menos clientes, geram volumes significativamente superiores, o que pode ter implicações estratégicas e operacionais para a empresa, nomeadamente na alocação de recursos, planeamento de rotas e priorização de serviços logísticos (Christopher, 2016; Ballou, 2007). Esta relação entre concentração de clientes e intensidade de volume transportado revela a importância de uma gestão segmentada e orientada para o valor, permitindo que os recursos logísticos sejam distribuídos de forma eficiente em função da rentabilidade e das exigências operacionais de cada segmento (Rushton et al., 2022).

Deste modo, compreender a distribuição do volume por tipologia de cliente não apenas fornece uma perspetiva quantitativa sobre o desempenho da empresa, mas também apoia decisões estratégicas relacionadas com a fidelização de clientes de elevado impacto e a diversificação de mercados (Notteboom & Rodrigue, 2022). Além disso, este tipo de análise é essencial para antecipar flutuações na procura e ajustar a capacidade operacional, garantindo maior estabilidade e previsibilidade nas operações multimodais.

## Localização geográfica das cargas de importação e exportação

A localização geográfica das cargas constitui um elemento essencial para compreender a distribuição espacial das operações logísticas da empresa e os padrões de movimentação associados ao transporte multimodal. A análise das origens e destinos das mercadorias permite identificar as zonas de maior concentração de atividade e a importância relativa de cada região no fluxo total de cargas (Notteboom & Rodrigue, 2022).

**Tabela 4** - Mapeamento das cargas movimentadas por tipo de operação (importação/exportação).

Fonte: Tabela efetuada por elaboração própria.

| Localidade            | Rotas       |             | Total       |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | Exportação  | Importação  |             |
| Corunha (ES)          | 27          | 72          | 99          |
| Lugo (ES)             | 42          | 13          | 55          |
| Leon (ES)             | 4           |             | 4           |
| Vigo (ES)             | 124         | 197         | 321         |
| Norte                 | 383         | 256         | 639         |
| Centro                | 411         | 170         | 581         |
| Lisboa e Vale do Tejo | 99          | 316         | 415         |
| Alentejo              | 7           | 10          | 17          |
| Algarve               | 1           | 4           | 5           |
| Badajoz (ES)          | 1           | 20          | 21          |
| Sevilha (ES)          |             | 4           | 4           |
| Málaga (ES)           |             | 1           | 1           |
| <b>Total</b>          | <b>1099</b> | <b>1063</b> | <b>2162</b> |

No caso em estudo, demonstrado na Tabela 4, observa-se uma clara centralização das operações nas regiões do norte de Portugal, bem como em Vigo, o que se deve à proximidade dos portos de Leixões e Vigo, ambos com forte vocação multimodal e infraestruturas adaptadas ao transporte Ro-Ro. Estes portos funcionam como pontos estratégicos de articulação entre o transporte marítimo de curta distância e o transporte terrestre, permitindo otimizar o fluxo de mercadorias e reduzir tempos de transbordo (Paixão Casaca & Marlow, 2009). Para além das regiões do norte de Portugal e de Vigo, observa-se que o centro do país apresenta um volume de cargas significativamente elevado. Destaca-se, em particular, o distrito de Aveiro, responsável por 400 das 581 cargas associadas à região central, correspondendo a 69% do total. Este dado reveste-se de importância estratégica, dado à proximidade geográfica de Aveiro ao porto de Leixões.

Apesar de a empresa trabalhar portos multimodais espanhóis em Santander e Bilbao, verifica-se a presença de reboques para destinos no sul da Península Ibérica, nomeadamente Sevilha, Málaga e Badajoz, chegando a partir dos portos de Leixões e Vigo. Esta escolha deve-se à otimização da logística multimodal, uma vez que a utilização destes portos representa um trajeto mais direto e economicamente mais eficiente do que recorrer aos portos espanhóis disponíveis. A proximidade

relativa, a disponibilidade de infraestrutura multimodal consolidada e os custos operacionais mais baixos tornam Leixões e Vigo pontos estratégicos de partida para estas cargas, mesmo que os destinos finais se localizem no sul de Espanha.

Esta estratégia evidencia a flexibilidade operacional da empresa, demonstrando que a seleção de portos multimodais não se baseia exclusivamente na proximidade geográfica com os destinos finais, mas numa análise integrada de custo, tempo de trânsito e eficiência logística, permitindo manter a competitividade e a fiabilidade do serviço multimodal.

### **Inconformidades Registadas**

A análise das inconformidades registadas constitui uma componente essencial para compreender os desafios operacionais associados às rotas multimodais. Os dados utilizados neste estudo são provenientes de uma plataforma de monitorização preenchida exclusivamente pelo gestor de planeamento em Portugal. Embora esta fonte permita uma visão detalhada das ocorrências registadas, é importante salientar que outras inconformidades poderão ter ocorrido sem registo na plataforma, pelo que a análise se concentra nas situações documentadas e verificáveis. Estas inconformidades são tratadas pelo nome de NCR (*non-conformity report*).

Esta abordagem possibilita identificar padrões recorrentes, áreas críticas e potenciais causas de interrupções ou atrasos, fornecendo subsídios importantes para a implementação de medidas corretivas e melhorias na gestão logística. Ao focar-se nas inconformidades registadas, torna-se possível correlacionar os problemas operacionais com rotas específicas, tipologia de carga e portos utilizados, permitindo uma análise mais detalhada da eficiência e fiabilidade do serviço multimodal prestado pela empresa (Christopher, 2016).

No Anexo IV apresenta-se uma tabela com o número total de NCR registadas entre 1 de janeiro de 2023 e 31 de outubro de 2024. Para uma compreensão mais detalhada do volume de NCR abertas, foram fornecidos, mediante solicitação, os valores mensais desde o início de 2023 até à recolha dos dados em novembro de 2024.

A análise da tabela revela que, em 2023, ano em que apenas a rota de Leixões se encontrava operacional, mais de 70% das inconformidades foram registadas nos meses de janeiro, outubro, novembro e dezembro, correspondentes ao período de inverno. Este padrão evidencia que as condições sazonais e climáticas representam um fator determinante para a ocorrência de problemas operacionais, constituindo o principal motivo para alterações nas rotas do transporte multimodal *short-sea*.

A tendência verifica-se igualmente em 2024, onde, apesar de não se incluírem os meses de novembro e dezembro, 62% dos registos foram efetuados durante os meses de inverno. Estes dados sublinham a relevância do impacto sazonal na eficiência das operações multimodais e reforçam a necessidade de estratégias de planeamento adaptativas para mitigar os efeitos das condições adversas nesta modalidade de transporte (Slack et al., 2017; Rushton et al., 2022).

**Tabela 5 - NCR registados. Fonte: Tabela efetuada por elaboração própria.**

| Localidade                         | Meses - 2024 |           |           |           |           |           |            | Total      |
|------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|                                    | Janeiro      | Fevereiro | Março     | Abril     | Maio      | Junho     | Julho      |            |
| Alteração de rota pós-embarque     |              |           |           |           |           |           | 7          | 7          |
| Atraso à chegada                   |              |           |           |           |           |           | 14         | 14         |
| Atraso sem justificação do motivo. |              | 5         | 18        |           |           | 20        | 14         | 57         |
| Greve estivadores                  |              |           |           |           |           |           | 65         | 65         |
| Manutenção do navio                | 10           |           |           |           |           | 21        |            | 31         |
| Mau tempo                          | 122          | 47        |           | 16        | 35        |           | 8          | 228        |
| Saída cancelada                    |              |           |           |           |           | 4         |            | 4          |
| <b>Total</b>                       | <b>132</b>   | <b>52</b> | <b>18</b> | <b>16</b> | <b>35</b> | <b>45</b> | <b>108</b> | <b>406</b> |

De acordo com os dados da Tabela 5, verifica-se que o “Mau tempo” constitui a causa mais recorrente, com 228 registos, o que representa mais de metade do total (aproximadamente 56%). A concentração de ocorrências em janeiro (122) e fevereiro (47) reforça a correlação sazonal, já mencionada no Anexo IV, sugerindo que fatores externos e incontrolláveis desempenham um papel determinante na estabilidade operacional das rotas Ro-Ro.

A segunda categoria mais expressiva é a “Greve de estivadores”, com 65 ocorrências, todas concentradas no mês de junho. Embora se trate de um evento pontual, o impacto é substancial, evidenciando a vulnerabilidade das cadeias logísticas face a fatores laborais externos à esfera de gestão da transportadora.

As ocorrências associadas a “Atraso sem justificação do motivo” (57 registos) não resultam da ausência de informação por parte da transportadora, mas sim da falta de comunicação por parte da companhia marítima, que não apresentou qualquer justificação para os atrasos verificados nas ligações. Ainda assim, a transportadora procedeu ao registo de todas as ocorrências, assegurando a rastreabilidade interna e a transparência do acompanhamento operacional.

Por outro lado, as categorias “Manutenção do navio” (31) e “Alteração de rota pós-embarque” (7) apresentam valores mais reduzidos, embora relevantes para compreender os períodos de indisponibilidade técnica e as decisões operacionais tomadas em tempo real. A concentração de manutenções em janeiro e maio sugere uma possível calendarização preventiva, mas que, mesmo assim, gera impacto sobre o número total de operações mensais, pois estas operações não foram comunicadas antecipadamente, não tendo sido possível à transportadora procurar soluções atempadamente.

Em síntese, a análise da tabela demonstra que os constrangimentos meteorológicos e laborais foram os principais fatores de perturbação no período em estudo, superando as causas técnicas ou operacionais internas.

#### 4.2.2 Análise das Entrevistas

Esta secção apresenta a análise das entrevistas realizadas com profissionais do setor do transporte multimodal Ro-Ro. As entrevistas, de natureza semiestruturada e estruturada, permitiram recolher perceções detalhadas sobre desafios operacionais, boas práticas e oportunidades de melhoria.

A análise qualitativa das respostas complementa os dados operacionais previamente apresentados, oferecendo uma perspetiva interpretativa que contribui para responder à questão central da investigação: “No contexto industrial português, faz sentido apostar na gestão multimodal?”

Em Portugal, o segmento de transporte marítimo do tipo Ro-Ro tem vindo a consolidar-se nos últimos cinco anos, em especial através de portos como Leixões, que registou um crescimento sustentado das movimentações, atingindo cerca de 1,5 milhões de toneladas em 2021 (Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo [APDL], 2022). Contudo, o segmento enfrenta desafios significativos, nomeadamente a adaptação às exigências ambientais e à necessidade de maior interoperabilidade entre os modos de transporte terrestre e marítimo (APDL, 2022). Face a esta questão, tanto o Entrevistado 1 (E1) como o Entrevistado 2 (E2) reconhecem que não se verificou uma evolução significativa no transporte Ro-Ro em Portugal nos últimos cinco anos. Segundo o E1, embora a abertura da rota de Vigo tenha inicialmente representado uma oportunidade relevante, esta solução tem vindo a perder expressão devido à dependência das decisões estratégicas das companhias marítimas. O entrevistado exemplifica com a redução das frequências operacionais durante o período de verão, resultante de decisões empresariais motivadas por perdas financeiras, indicando ainda que existe a possibilidade de cancelamento de mais ligações até ao final do ano.

Já o E2 apresenta uma perspetiva semelhante, salientando que a adesão dos clientes ao Ro-Ro se deve sobretudo a fatores de preço, não refletindo propriamente uma evolução estrutural do setor. O entrevistado reforça que a ausência de concorrência e o estagnamento das infraestruturas têm limitado o progresso do transporte multimodal no contexto nacional.

Em contraste, o Entrevistado 3 (E3) apresenta uma visão mais positiva, apontando melhorias ao nível da digitalização e da visibilidade das rotas, possibilitadas por sistemas de rastreabilidade mais eficientes. Segundo este entrevistado, também se observa um aumento na utilização do Ro-Ro como alternativa ambientalmente mais sustentável, em resposta às exigências de redução de emissões. No entanto, o E3 reconhece que as fragilidades da infraestrutura portuária e a falta de interoperabilidade entre países continuam a representar limitações relevantes à consolidação do setor.

Face às problemáticas apresentadas, quando questionados sobre as possíveis melhorias no setor Ro-Ro, tanto ao nível dos transportadores como das companhias marítimas, os entrevistados revelam uma perceção crítica, ainda que com ênfases distintas.

O E1 destaca as limitações estruturais e operacionais do setor em Portugal, sublinhando que, apesar da localização geográfica favorável e da existência de portos com infraestrutura apta para o Ro-Ro (como Viana do Castelo, Aveiro, Lisboa, Setúbal e Sines), o país depende quase exclusivamente de um único operador e de Leixões como porto principal de origem e destino. Para o entrevistado, esta concentração compromete a competitividade e conduz à necessidade de percursos rodoviários adicionais, especialmente nas regiões do Sul, o que anula parte da eficiência logística que o transporte multimodal deveria proporcionar.

O E2 adota uma perspetiva mais centrada em mudanças comportamentais e estruturais, considerando que o setor permanece condicionado por uma “mentalidade tradicional”, onde a associação entre quilometragem e lucro ainda prevalece entre os transportadores. Segundo o entrevistado, as companhias marítimas deveriam promover maior concorrência e diversificação de rotas, atualmente limitadas por uma situação próxima a um monopólio. Salientando a concorrência como “solução”. Acrescenta ainda a necessidade de regras mais exigentes em matéria ambiental, sugerindo que uma percentagem mínima da frota terrestre deveria operar com energias verdes, de forma a garantir coerência entre os objetivos de sustentabilidade e a operação logística total.

Já o E3 apresenta uma abordagem mais operacional e orientada para a gestão de incidentes e eficiência de processos, defendendo que as transportadoras devem melhorar a comunicação proativa e a flexibilidade contratual, enquanto as companhias marítimas deveriam aumentar a frequência das partidas, otimizar a gestão de espaços para reboques e simplificar os trâmites administrativos em situações de alteração de rota. O entrevistado enfatiza ainda a importância de protocolos de contingência conjuntos, que minimizem o impacto de atrasos e assegurem uma resposta coordenada entre agentes. Verifica-se uma convergência entre os três entrevistados quanto à necessidade de maior concorrência e modernização do setor, ainda que com perspetivas diferenciadas: E1 evidencia as carências estruturais e a limitação geográfica; E2 salienta a mudança de mentalidade e a sustentabilidade; e E3 foca-se na agilidade operacional e na cooperação entre intervenientes.

Quando abordada a questão relativa à *joint venture* associada à rota de Vigo, os entrevistados apresentam posições divergentes quanto ao seu potencial e viabilidade.

O E2 manifesta uma visão predominantemente crítica, considerando que a iniciativa “tinha tudo para falhar”, essencialmente devido à proximidade geográfica com o porto de Leixões e à instabilidade dos volumes de carga, fatores que, na sua perspetiva, comprometiam a sustentabilidade económica da rota. O entrevistado acrescenta ainda que não foi realizado um estudo de mercado adequado por parte da companhia marítima, o que teria conduzido a uma implementação prematura e a um risco elevado de insucesso operacional. Quando questionado sobre alternativas ao porto de Vigo, o E2 sugere que uma aposta estratégica deveria recair sobre a zona Sul de Portugal, aproveitando não só os destinos habituais como também abrindo novas oportunidades de mercado para o Sul de Espanha e Itália através do Ro-Ro.

Em contrapartida, o E3 apresenta uma visão mais otimista e estratégica, reconhecendo o potencial da *joint venture* como uma aposta relevante para o reforço da conectividade no noroeste da Península Ibérica. Todavia, ressalva que o sucesso do projeto dependerá de fatores estruturais, como a regularidade das partidas, a fiabilidade do serviço e a capacidade de captar volumes provenientes de outros setores industriais. Assim, embora considere a iniciativa promissora, o entrevistado sublinha que ainda é prematuro avaliar o seu impacto efetivo no mercado Ro-Ro ibérico.

Em síntese, enquanto o E2 interpreta a rota de Vigo como uma operação precipitada e sem base sólida de planeamento, apontando inclusive para alternativas mais estratégicas no sul do país, o E3 entende-a como uma estratégia de longo prazo, cujo sucesso dependerá da estabilização da procura e da consistência operacional. Esta divergência evidencia duas formas distintas de perceber a inovação no setor: uma orientada pela prudência comercial e outra focada na expansão estratégica.

Respetivamente à perceção dos entrevistados sobre o impacto das alterações climáticas nos atrasos do transporte multimodal, verifica-se um consenso unânime quanto à relevância crescente deste fator.

O E1 exemplifica com acontecimentos recentes, como os incêndios em Portugal e as cheias na Europa, que resultaram na interrupção prolongada das ligações ferroviárias no norte do continente, mesmo semanas depois dos eventos. Para E1, esta imprevisibilidade climática altera significativamente a forma como as operações devem ser planeadas, tornando obsoletas estratégias baseadas em padrões sazonais previamente conhecidos. De forma complementar, o E2 enfatiza que o problema não reside na intermodalidade em si, mas na capacidade do mercado de adaptar-se a esta solução, alertando que o transporte marítimo sempre esteve sujeito a atrasos devido a condições meteorológicas e que os volumes globais raramente se alteram de forma a compensar estas interrupções. Assim, mercados habituados a ajustes rápidos de stocks enfrentam dificuldades em confiar totalmente no Ro-Ro como solução para imprevistos climáticos.

O E3 corrobora estas observações, salientando que as alterações climáticas têm provocado fenómenos meteorológicos mais extremos, aumentando a incerteza operacional das rotas marítimas e exigindo uma maior adaptabilidade por parte de operadores e transportadores.

Em síntese, todos os entrevistados reconhecem que as alterações climáticas constituem um fator crítico de incerteza, afetando diretamente a fiabilidade e a previsibilidade do transporte multimodal, e sublinham a necessidade de estratégias de mitigação e planeamento mais flexíveis para enfrentar este cenário em evolução.

Face à crescente incerteza provocada por fenómenos climáticos extremos, torna-se igualmente relevante compreender quais são as principais dificuldades enfrentadas pelos operadores quando é necessário alterar rotas no transporte multimodal Ro-Ro, situação em que a responsabilidade não recai sobre o cliente, mas sim sobre o transportador ou a companhia marítima. No contexto da gestão do transporte multimodal Ro-Ro, quando ocorre um problema que exige a alteração de rota, sem que exista responsabilidade direta do cliente, os entrevistados apontam várias dificuldades

estruturais e operacionais que comprometem a eficiência do processo. Segundo E1 a principal limitação prende-se com a irregularidade das condições marítimas, que, especialmente durante o inverno, afeta rotas como a travessia do Estreito da Biscoia, onde as embarcações nem sempre possuem dimensão ou capacidade adequadas para enfrentar o mau tempo. Tal situação obriga frequentemente os comandantes a tomar decisões de segurança que resultam em atrasos significativos e interrupções no serviço. Acresce ainda que as decisões estratégicas internas das companhias marítimas — como a redistribuição dos navios das rotas portuguesas para rotas mais lucrativas ou a substituição por embarcações de menor porte — provocam constrangimentos adicionais, impedindo o cumprimento dos tempos de trânsito e gerando aumento de custos operacionais. Estes custos refletem-se não só na imobilização prolongada de reboques, com consequente perda de oportunidade de faturação, mas também em desequilíbrios contratuais, já que nem todas as empresas dispõem de acordos que lhes permitam diferenciar as condições entre o transporte rodoviário e o multimodal.

Por outro lado, E1 e E2 concordam - a falta de concorrência no mercado agrava a situação, uma vez que, perante o cancelamento ou atraso de uma saída, torna-se necessário reagrupar a carga de dois navios num único, sem possibilidade de recorrer a alternativas comerciais viáveis. Esta escassez de opções limita a capacidade de reação e retira margem de negociação aos operadores perante as companhias marítimas. De forma complementar, salienta-se a baixa flexibilidade operacional nos portos e a dependência de horários fixos e coordenação entre múltiplos intervenientes (companhias, operadores portuários e transportadores). A ausência de informação em tempo real sobre a localização e o tempo estimado de chegada dos reboques agrava a incerteza, e a necessidade de novas autorizações e documentação em caso de desvio de rota pode atrasar ainda mais o processo. O E3 salienta que “Ao contrário do transporte terrestre, onde é possível redirecionar um camião rapidamente, no Ro-Ro depende-se de horários fixos, disponibilidade de espaço nos navios e coordenação entre as diferentes partes (companhias marítimas, operadores portuários, transportadores)” Em cadeias logísticas de tipo *just-in-time*, estas disrupções transformam-se rapidamente em urgências operacionais, implicando paragens de produção, custos adicionais e potenciais conflitos contratuais entre fornecedores e clientes.

Assim, torna-se evidente que a estrutura contratual e a existência — ou ausência — de cláusulas específicas que diferenciem o custo entre transporte rodoviário e multimodal assumem um papel determinante na viabilidade económica das operações, influenciando diretamente a margem de decisão dos operadores perante imprevistos. Esta reflexão torna-se particularmente relevante quando se observam casos concretos em que as diferenças contratuais e de volume de negócio entre clientes influenciam diretamente o impacto financeiro das interrupções e atrasos, como exemplificado pelo E2.

### **Impacto de Contratos e *Turnover* na Operação Multimodal**

Para ilustrar de forma prática os desafios operacionais e os impactos contratuais analisados, apresenta-se um exemplo de pedido de cotação referente a uma viagem entre a Holanda e o Porto. Este exemplo compara o custo e a viabilidade de transporte via terrestre versus transporte Ro-Ro,

permitindo visualizar não apenas a diferença de preços, mas também as implicações logísticas associadas à escolha de cada modalidade. A análise desta cotação evidencia como decisões contratuais e características do cliente, tais como volume e frequência de transporte, influenciam diretamente a eficiência operacional e o custo final do serviço.

|   | Routing       | Empty running | Km leg 1 | Trucking leg 1 | Km leg 2 | Trucking leg 2 | RM Toll | TLN Toll | LCC surcharge | Ferry/train rate | Trailer days | Trailer rent | Return home surcharge | Cost    | Profit | MC  | EC   | Brexit surcharge | Sales   | I-care result | Margin after MC % | Original price | Ratio | Difference SIC |
|---|---------------|---------------|----------|----------------|----------|----------------|---------|----------|---------------|------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------|--------|-----|------|------------------|---------|---------------|-------------------|----------------|-------|----------------|
| 1 | ZBG1-LEI1-COB | 60            | 71       | € 180          | 56       | € 170          | € 28    | € 0      | € 0           | € 1.092          | 7,5          | € 169        | € 24                  | € 1.665 | € 238  | € 1 | € 30 | € 0              | € 1.934 | € 269         | 13,8%             | € 1.934        | 0     | € 0            |
| 2 | BOT1-LEI1-COB | 60            | 165      | € 270          | 56       | € 170          | € 32    | € 0      | € 0           | € 1.092          | 7,0          | € 159        | € 27                  | € 1.753 | € 248  | € 1 | € 30 | € 0              | € 2.032 | € 279         | 13,7%             | € 2.032        | 0     | € 98           |
| 3 | ZBG1-SAN1-COB | 60            | 71       | € 180          | 627      | € 601          | € 42    | € 0      | € 0           | € 824            | 8,2          | € 186        | € 24                  | € 1.862 | € 261  | € 1 | € 55 | € 0              | € 2.179 | € 317         | 14,5%             | € 2.179        | 0     | € 245          |
| 4 | *ROAD         | 60            | 1.950    | € 2.032        | 0        | € 0            | € 0     | € 0      | € 0           | € 0              | 4,3          | € 97         | € 0                   | € 2.144 | € 289  | € 1 | € 30 | € 0              | € 2.464 | € 320         | 12,9%             | € 2.464        | 0     | € 530          |

Figura 5 - Cotação de uma viagem. Fonte: E2 – FFW manager.

A Figura 5 apresenta um exemplo de cotação para transporte de mercadoria entre a Holanda e o Porto, comparando duas modalidades: transporte Ro-Ro via Leixões e transporte rodoviário direto. Observa-se uma diferença de custo significativa, sendo o Ro-Ro cotado em 1.753 € e o transporte rodoviário em 2.144 €, evidenciando que, mesmo com uma alternativa multimodal, existe um benefício económico claro que pode influenciar a decisão do cliente, sobretudo em contextos de maior volume ou recorrência. Este exemplo permite compreender como as escolhas entre modalidades de transporte podem impactar os custos logísticos e reforça a importância de considerar a eficiência operacional em paralelo com a gestão contratual.



Figura 6 - Turnover entre 2 viagens. Fonte: E2 através do PowerBI.

A Figura 6 ilustra um caso real de um cliente em 2025, que realizou duas viagens distintas. Na primeira viagem, em junho, utilizando transporte rodoviário, a operação resultou numa margem negativa de -41 €, enquanto na segunda viagem, realizada em julho via Ro-Ro, a margem alcançou 144 €. Este contraste evidencia que, para o mesmo cliente e rotas semelhantes, a utilização do Ro-Ro não só proporciona maior eficiência logística, como também contribui para a melhoria da rentabilidade, quando conjugada com um planeamento adequado e contratos ajustados às condições da operação multimodal. Estes dados reforçam a análise anterior, mostrando que as diferenças contratuais, o volume de carga e a escolha da modalidade de transporte têm um impacto direto na viabilidade económica das operações.

### 4.3 Síntese crítica dos resultados do Estudo de Caso

A análise dos dados recolhidos permitiu responder à questão de investigação: “*No contexto industrial português: faz sentido apostar na gestão multimodal?*”, uma vez que tanto os dados empíricos como os contributos obtidos nas entrevistas confirmam a relevância desta modalidade de transporte. Os dados da empresa indicam que, durante o período analisado, foram movimentados 2247 reboques, dos quais 2162 transportavam carga, distribuídos de forma equilibrada entre importações (1063 reboques) e exportações (1099 reboques). Foram registadas 406 inconformidades, refletindo desafios operacionais que, embora presentes, não comprometem a fiabilidade global do transporte multimodal.

A análise das entrevistas reforça esta interpretação. O entrevistado E1 enfatizou que o transporte Ro-Ro permite uma redução significativa do transporte rodoviário de longo curso, aumentando a eficiência das cadeias de abastecimento e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. O entrevistado E3 corroborou esta perspetiva, salientando que, com planeamento e coordenação adequados, o transporte multimodal é fiável e permite gerir de forma eficiente os fluxos de importação e exportação. Em contrapartida, E2 apontou para a instabilidade do transporte marítimo, destacando atrasos e limitações operacionais como fatores que podem afetar a pontualidade e a fiabilidade do multimodal. No entanto, mesmo E2 reconheceu que tais desafios podem ser mitigados com uma gestão operacional estruturada, reforçando que os benefícios do transporte multimodal superam os riscos.

Para ilustrar de forma prática os desafios operacionais e os impactos económicos, foram analisados exemplos de cotações e operações reais. Uma cotação entre a Holanda e o Porto evidenciou que o transporte Ro-Ro via Leixões tinha um custo de 1.753 €, enquanto o transporte rodoviário direto apresentava 2.144 €, mostrando um benefício económico claro para o multimodal. Um caso real de um cliente em 2025 demonstrou ainda que uma viagem realizada via transporte rodoviário resultou numa margem negativa de -41 €, enquanto uma operação subsequente utilizando Ro-Ro alcançou uma margem positiva de 144 €. Estes exemplos reforçam que, para o mesmo cliente e rotas semelhantes, a utilização do Ro-Ro proporciona maior eficiência logística e melhoria da rentabilidade, quando conjugada com planeamento adequado e contratos ajustados às condições da operação multimodal.

Confrontando estas evidências com as hipóteses inicialmente formuladas:

- **Hipótese 1:** O transporte multimodal Ro-Ro contribui para a eficiência e sustentabilidade das cadeias de abastecimento em Portugal – confirmada, uma vez que os dados da empresa e os testemunhos de E1 e E3 evidenciam ganhos de eficiência, flexibilidade logística e impactos positivos em termos de sustentabilidade.
- **Hipótese 2:** A instabilidade do transporte marítimo não permite uma gestão fiável do transporte multimodal – parcialmente rejeitada, pois, embora existam desafios operacionais

e atrasos pontuais, os entrevistados indicam que é possível gerir estas contingências e manter a fiabilidade da cadeia multimodal.

Em síntese, a evidência empírica, os contributos das entrevistas e os exemplos práticos indicam que apostar na gestão multimodal faz sentido no contexto industrial português, desde que acompanhada de práticas de planeamento, monitorização e mitigação de riscos, garantindo assim eficiência, sustentabilidade, fiabilidade e rentabilidade na movimentação de cargas.

## Capítulo V

## 5. Conclusões

Um dos grandes desafios logísticos da atualidade é a necessidade de as empresas garantirem eficiência e sustentabilidade nas suas cadeias de abastecimento, enquanto enfrentam a crescente complexidade do transporte internacional. Nesse contexto, o transporte multimodal Ro-Ro surge como uma solução relativamente recente e atrativa, permitindo o movimento direto de veículos e cargas rolantes entre portos sem operações complexas de carga e descarga. Contudo, a eficácia do Ro-Ro depende da gestão integrada da cadeia de abastecimento, incluindo planeamento, coordenação entre transportes marítimos e terrestres e monitorização contínua dos fluxos logísticos.

O presente estudo teve como objetivo analisar o funcionamento do transporte Ro-Ro em Portugal, respondendo à questão de investigação: “No contexto industrial português: faz sentido apostar na gestão multimodal?”. A investigação procurou compreender, através de entrevistas com profissionais do setor e análise de dados práticos, como os operadores gerem as restrições do setor e quais os fatores que influenciam a escolha entre transporte rodoviário e Ro-Ro.

Os resultados evidenciam que os operadores enfrentam desafios significativos, incluindo irregularidades climáticas, rigidez operacional nos portos, dependência de horários fixos dos navios e ausência de concorrência no mercado. Estes fatores dificultam a flexibilidade necessária para reagir a atrasos ou cancelamentos, impactando diretamente os tempos de trânsito, os custos operacionais e a margem de lucro. A inexistência de alternativas viáveis obriga os transportadores a gerir constrangimentos logísticos complexos, que muitas vezes resultam em perdas financeiras ou aumento do custo de oportunidade, especialmente quando os contratos não diferenciam de forma adequada o transporte rodoviário do multimodal.

Apesar da riqueza dos dados qualitativos e exemplos práticos, o estudo apresenta algumas limitações. A análise baseou-se em entrevistas com três profissionais e dados disponibilizados por uma única empresa, sendo, portanto, limitada em termos de generalização. Adicionalmente, o período de observação restrito a alguns meses de 2024 pode não refletir completamente a variabilidade do setor ao longo do ano ou em outros portos nacionais.

A análise dos dados empíricos da empresa estudada complementa as perceções qualitativas, fornecendo uma visão mais robusta do transporte multimodal Ro-Ro em Portugal. Durante o período analisado, foram movimentados 2247 reboques, dos quais 2162 transportavam carga, distribuídos de forma equilibrada entre importações (1063 reboques) e exportações (1099 reboques). Foram registadas 406 inconformidades, que, embora evidenciem desafios operacionais, não comprometeram a fiabilidade da cadeia multimodal, especialmente quando apoiadas por boas práticas de gestão operacional e coordenação logística. Estes resultados mostram que, mesmo em face de imprevistos e restrições do setor, é possível manter eficiência, consistência e rentabilidade nas operações.

As contribuições do estudo são, no entanto, significativas. Os resultados fornecem insights práticos para operadores e gestores logísticos, destacando áreas críticas de melhoria, como flexibilidade operacional, planeamento de contingências, comunicação proativa e gestão contratual adaptada às particularidades do Ro-Ro. Estes elementos podem ser utilizados para reduzir atrasos, otimizar custos e melhorar a eficiência global da cadeia logística multimodal.

Para investigações futuras, recomenda-se explorar a expansão do transporte Ro-Ro em diferentes portos nacionais, a integração de soluções sustentáveis – nomeadamente com camiões de energia verde – e o impacto de alterações climáticas mais severas sobre a operação das rotas marítimas. Estudos complementares com maior diversidade de operadores e clientes também permitirão ampliar a robustez e generalização dos resultados, consolidando melhores práticas para o desenvolvimento do transporte multimodal em Portugal.

Em suma, o estudo evidencia que, embora existam limitações estruturais e de concorrência, a adoção estratégica do transporte Ro-Ro, acompanhada de planeamento rigoroso, monitorização constante e gestão contratual adequada, pode representar uma solução economicamente viável, eficiente e sustentável, contribuindo para a competitividade e modernização do setor logístico nacional.

## Referências

- Torga, M. (1983). *Diário XVIII*. Coimbra Editora.
- Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo. (n.d.). O Porto de Leixões. APDL. <https://leixoes.apdl.pt/o-porto/>
- Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo. (2022). *Ro-Ro annual handling statistics*. APDL. <https://leixoes.apdl.pt/en/statistics/cargo/ro-ro-annual-handling/>
- Agência da União Europeia para os Transportes Ferroviários. (2024). *Rail Environmental Report* (Relatório Técnico nº TR0924239ENN). Publicações da União Europeia. [https://www.era.europa.eu/system/files/2024-07/20242052\\_PDF\\_TR0924239ENN\\_002.pdf?t=1736343450](https://www.era.europa.eu/system/files/2024-07/20242052_PDF_TR0924239ENN_002.pdf?t=1736343450)
- Autoridade da Mobilidade e dos Transportes. (2022). Relatório sobre o setor portuário em Portugal. AMT.
- Ballou, R. H. (2006). Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Logística empresarial (5ª ed.). Bookman.
- Ballou, R. H. (2006). Logística empresarial: Transporte, administração de materiais e distribuição física. Atlas.
- Ballou, R. H. (2007). The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, 19(4), 332–348.
- Beresford, A., & Dubey, R. (2022). Multimodal transport and integrated logistics systems. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 16(1), 1–15. Recuperado em 24 de agosto de 2025, de <https://doi.org/10.4102/jtscm.v16i1.758>
- Blue Economy Observatory. (2023). EU blue economy sectors: Maritime transport. European Commission. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de [https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/maritime-transport\\_en](https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/maritime-transport_en)
- Cadena de Suministro. (2024, 3 de janeiro). Finnlines conectará España y Bélgica dos veces por semana con buques ecoeficientes. Recuperado de [https://www.cadenadesuministro.es/noticias/finnlines-conectara-espana-y-belgica-dos-veces-por-semana-con-buques-ecoeficientes\\_481525\\_102.html](https://www.cadenadesuministro.es/noticias/finnlines-conectara-espana-y-belgica-dos-veces-por-semana-con-buques-ecoeficientes_481525_102.html)
- Calderón-Rivera, N., Bartusevičienė, I., & Ballini, F. (2024). Sustainable development of inland waterways transport: A review. *Journal of Shipping and Trade*, 9, 21.
- Caris, A., Limbourg, S., Macharis, C., van Lier, T., & Cools, M. (2014). Integration of inland waterway transport in the intermodal supply chain: A taxonomy of research challenges. *Journal of Transport Geography*, 41, 75–86.

Cavusgil, S. T., Knight, G., & Riesenberger, J. R. (2021). *International Business: The New Realities* (5th ed.). Pearson.

Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Gestão da cadeia de suprimentos: Estratégia, planejamento e operação* (7ª ed.). Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.

CLdN. (n.d.). *Shipping map* [Mapa]. CLdN.

<https://www.cldn.com/sites/default/files/Shipping%20Map%20Crop.png>

Comissão Europeia. (2021). *European Green Deal: Transport and logistics targets*. Publications Office of the European Union.

CORDIS. (2023). *MOSES: Making Europe's Short Sea Shipping sustainable*. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de <https://cordis.europa.eu/article/id/451835>

Coyle, J. J., Bardi, E. J., & Langley, C. J. (2017). *Supply chain management: A logística empresarial*. Cengage Learning.

Enagás. (2024). *Gas natural en España: Infraestructura y operaciones*. <https://www.enagas.es/enagas/en/Home>

European Commission. (2021). *NAIADES III action plan: Boosting future-proof European inland waterway transport*. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2021). *Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future*. <https://transport.ec.europa.eu/2021-mobility-strategy-and-action-plan.pdf>

European Commission. (2022). *Short sea shipping: EU policy and strategies*. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2023). *EU Blue Economy Report 2023: Maritime transport*. Publications Office of the European Union.

European Investment Bank (EIB). (2022). *EIB supports Medway's purchase of electric locomotives and intermodal wagons*. *EIB*. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.eib.org/en/press/all/2022-255-eib-supports-medways-purchase-of-electric-locomotives-and-intermodal-wagons-in-portugal-and-spain>

Eurostat. (2023). *Nomenclature of territorial units for statistics (NUTS)*. European Commission. Recuperado em 24 de agosto de 2025, de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/background>

Eurostat. (2024). *Inland waterway freight transport at regional level [iww\_go\_atygof]*. Estatísticas explicadas. Recuperado a 24 de agosto de 2025, de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Inland\\_waterway\\_freight\\_transport\\_at\\_regional\\_level](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Inland_waterway_freight_transport_at_regional_level)

Faro de Vigo. (2024, 4 de janeiro). La cuarta autopista del mar del Puerto de Vigo arranca con Finnlines. Recuperado de <https://www.farodevigo.es/gran-vigo/2024/01/04/cuarta-autopista-mar-puerto-vigo-96495611.html>

Faro de Vigo. (2025, 18 de fevereiro). Las autopistas del mar viguesas sacaron más de 100.000 camiones de las carreteras en 2024. Recuperado de <https://www.farodevigo.es/gran-vigo/2025/02/18/autopistas-mar-viguesas-sacaron-carreteras-114402344.html>

FEDIL. (2019). Launch of the new Barcelona-Bettembourg rail motorway service. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://fedil.lu/en/member-news/launch-of-the-new-barcelona-bettembourg-rail-motorway-service/>

Finnlines. (2024, 2 de janeiro). Finnlines connects Spain and Belgium twice per week with three of the most efficient ships in the world. Recuperado de <https://www.finnlines.com/news-and-press-releases/finnlines-connects-spain-and-belgium-twice-per-week-with-three-of-the-most-efficient-ships-in-the-world>

Finnlines. (2025, setembro). *European network map* [Mapa]. Finnlines. [https://www.finnlines.com/wp-content/uploads/2025/09/rahti\\_reitit\\_kartta\\_19-09-25.jpg](https://www.finnlines.com/wp-content/uploads/2025/09/rahti_reitit_kartta_19-09-25.jpg)

IATA. (2023). Air Cargo Manual. International Air Transport Association.

IMO. (2023). IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships. International Maritime Organization.

Infraestruturas de Portugal & Tramesa. (2023). Semirreboques de camiões chegam de comboio a Portugal a partir de 2025. *ECO*. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://eco.sapo.pt/2023/07/05/semirreboques-de-camioes-chegam-de-comboio-a-portugal-a-partir-de-2025/>

Infraestruturas de Portugal (IP). (2019, 18 de dezembro). Terminal de Mercadorias de Leixões [Projeto de engenharia ferroviária]. IP. Recuperado em 27 de agosto de 2025, de <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/terminal-de-mercadorias-de-leixoes>

Infraestruturas de Portugal. (2023). Plano de modernização ferroviária. IP.

Intermodal News. (2024, March 6). Short-sea shipping in Europe grows due to problems in the Red Sea. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de <https://intermodalnews.eu/2024/03/06/shortsea-shipping-in-europe-is-growing-due-to-problems-in-the-red-sea/>

Intermodal Portugal. (2016, 18 de janeiro). CLdN Ro-ro abre delegação em Leixões. Intermodal Portugal. Recuperado em 27 de agosto de 2025, de <https://www.intermodalportugal.pt/cldn-ro-ro-abre-delegacao-em-leixoes/>

Intermodal Portugal. (2023). Transporte intermodal intraeuropeu de base marítima: Porque não evoluiu como se previa? Intermodal Portugal. Recuperado em 27 de agosto de 2025, de

<https://www.intermodalportugal.pt/transporte-intermodal-intraeuropeu-de-base-maritima-porque-nao-evoluiu-como-se-previa/>

International Centre for Trade Transparency. (2023, 20 de maio). The Impact of Supply Chain Disruptions on Customer Satisfaction. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://icttm.org/the-impact-of-supply-chain-disruptions-on-customer-satisfaction/>

International Energy Agency. (2020). The Future of Rail – Opportunities for energy and the environment. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.iea.org/reports/the-future-of-rail>

International Maritime Organization (IMO). (2020). Fourth IMO greenhouse gas study 2020. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx>

Jenkins (2024). Supply Chain Disruptions: An Expert Guide NetSuite. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/supply-chain-disruptions.shtml>

Katsaliaki, K., Galetsi, P., & Kumar, S. (2021). Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*, 319(1), 965–1002. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7792559/>

Kvale, S. (1996). *Interviews: An introduction to qualitative research interviewing*. SAGE.

Lindstad, H., Eskeland, G. S., Rialland, A., & Valland, A. (2021). Decarbonizing maritime transport: The importance of energy efficiency and alternative fuels. *Maritime Policy & Management*, 48(7), 910–928.

Logistique Grand Est. (2019). Nouvelle autoroute ferroviaire entre Barcelone et Bettembourg. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.logistique-grandest.fr/nouvelle-autoroute-ferroviaire-entre-barcelone-et-bettembourg/>

Lohr Industrie. (s.d.). The MODALOHR system: Road-rail transport for standard semi-trailers. Recuperado de <https://www.lohr.fr/catalogue/the-lohr-system/>

Luca, G.-G., Guju, D.-I., & Comănescu, L. (2025). The development of inland waterway transport as a key to ensuring sustainability: A geographic overview of the Bucharest–Danube Canal. *Sustainability*, 17(10), 4438.

Mangan, J., Lalwani, C., & Lalwani, C. L. (2020). *Global Logistics and Supply Chain Management* (3rd ed.). Wiley.

Maskur A. Logistics. (s.d.). *The Impact of Supply Chain Disruptions on Businesses*. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://maskuralogistics.com/global-supply-chain/>

- Notteboom, T. (2019). The role of intermodal transport in global supply chains. *Transport Reviews*, 39(5), 543–560. Recuperado em 24 de agosto de 2025, de <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1560526>
- Notteboom, T., & Rodrigue, J. P. (2022). Port congestion and its impact on supply chain resilience. *Maritime Economics & Logistics*, 24(3), 401–418.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2022). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
- Number Analytics. (s.d.). Supply Chain Disruption: A Threat to Business. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.numberanalytics.com/blog/supply-chain-disruption-threat-to-business/>
- Paixão Casaca, A. C., & Marlow, P. B. (2009). Logistics strategies for short sea shipping operating as part of multimodal transport chains. *Maritime Policy & Management*, 36(1), 1–19.
- Porto de Leixões. (2023). Serviços RoRo no Porto de Leixões. APDL.
- Público. (2025, 27 de outubro). Leixões conquista liderança na carga ro-ro. Público. Recuperado em 27 de agosto de 2025, de <https://www.publico.pt/2015/10/27/economia/noticia/leixoes-conquista-lideranca-na-carga-ro-ro-1712482>
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (2008). *Manual de investigação em ciências sociais* (5.ª ed.). Gradiva.
- Rail Market. (2025). Rail operations begin at new logistics terminal in Portugal. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://railmarket.com/news/freight-rail/33770-rail-operations-begin-at-new-logistics-terminal-in-portugal>
- Railway Gazette. (2019, 19 de fevereiro). Spain-Luxembourg rail motorway service launched. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.railwaygazette.com/freight/spain-luxembourg-rail-motorway-service-launched/48078.article>
- REN – Redes Energéticas Nacionais. (2024). *Infraestrutura de gás natural em Portugal*. <https://www.ren.pt/pt-PT/Business/Gas-Natural/Infrastructure>
- REN – Redes Energéticas Nacionais. (2024). *Mapa da rede de gás natural em Portugal*. <https://www.ren.pt/pt-PT/Atividade/Gas/Mapa-da-Rede>
- Reuters. (2025, January 31). Spanish port traffic surges due to Red Sea crisis. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de <https://www.reuters.com/world/europe/spanish-port-traffic-surges-due-red-sea-crisis-2025-01-31/>
- Rodrigue, J.-P. (2020). *Maritime transport: The logistics of shipping and port operations* (3rd ed.). Routledge.
- Rodrigue, J.-P. (2020). Transportation modes, modal competition and modal shift. In J.-P. Rodrigue (Ed.), *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge. <https://transportgeography.org/>

- Rodrigue, J.-P., & Notteboom, T. (2020). *The geography of transport systems* (4th ed.). Routledge.
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems* (5th ed.). Routledge.
- Rodrigues, C. A., Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2020). *Logística e gestão da cadeia de abastecimento* (5.ª ed.). McGraw-Hill.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (5th ed.). Kogan Page.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965260800111X>
- Slack, B., Comtois, C., & McCalla, R. (2017). *Maritime transport and seaports: A geography of port development*. Routledge.
- Stopford, M. (2009). *Maritime economics* (3rd ed.). Routledge.
- Stopford, M. (2020). *Maritime economics* (4th ed.). Routledge.
- Supply Chain Magazine. (2025, 30 de maio). OJE Logistics já opera comboios no Parque Empresarial do Entroncamento. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.supplychainmagazine.pt/2025/05/30/oje-logistics-ja-opera-comboios-no-parque-empresarial-do-entroncamento/>
- Transport.ec.europa.eu. (2023). Short-sea shipping in Europe. European Commission. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/short-sea-shipping\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/short-sea-shipping_en)
- UIRR. (2025). Rail operations begin at new logistics terminal in Portugal. *UIRR*. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.uirr.com/en/news/mediacentre/3138-rail-operations-begin-at-new-logistics-terminal-in-portugal.html/>
- UNCTAD. (2023). *Review of maritime transport 2023*. United Nations Conference on Trade and Development. Recuperado em 23 de agosto de 2025, de <https://unctad.org/webflyer/review-maritime-transport-2023>
- United Nations Economic Commission for Europe. (2019). *Transport Trends and Economics 2018-2019: Mobility as a Service*.
- VIIA. (2024). Le Boulou - Bettembourg: Rail motorway service. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.viaa.com/en/the-network/viaa-in-europe/le-boulou-bettembourg/>
- VIIA. (s.d.). Le Boulou – Calais. Recuperado de <https://www.viaa.com/en/the-network/viaa-in-europe/le-boulou-calais/>

Vlantana. (2024). Mapa dos corredores ferroviários intermodais na Europa. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://vlantana.eu/intermodal-2>

Woodburn, A. (2021). Decarbonising freight transport through multimodal solutions. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(2), 123–140. Recuperado em 24 de agosto de 2025, de <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1723547>

Woodburn, A. (2021). Decarbonising freight transport through multimodal solutions. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(2), 123–140. Recuperado em 24 de agosto de 2025, de <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1723547>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE.

Zignify. (2025). *The Impact of Supply Chain Disruption on Businesses: Strategies for Resilience*. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://zignify.net/blog/the-impact-of-supply-chain-disruption-on-businesses-strategies-for-resilience/>

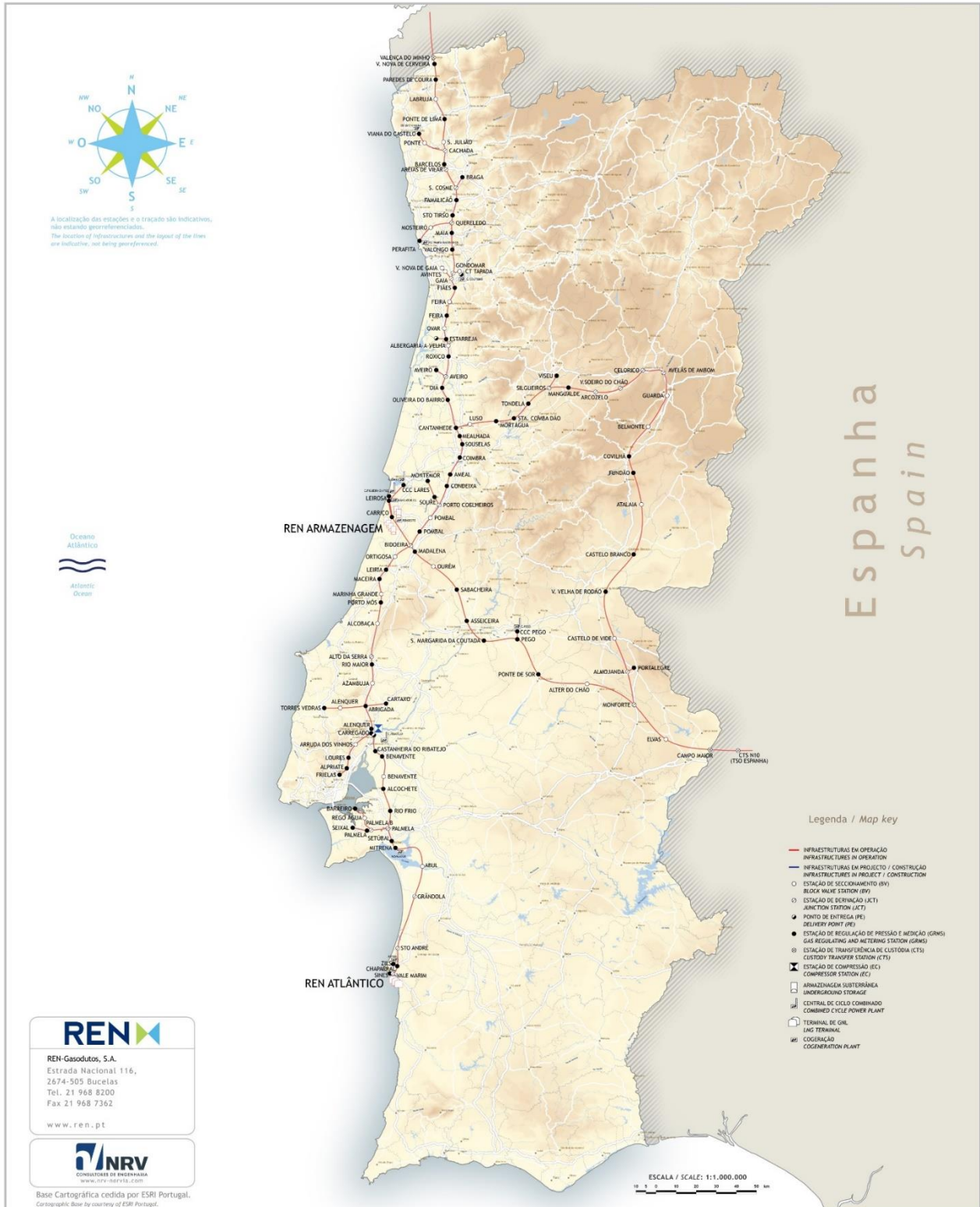
# Anexos

**Anexo I** – Principais gasodutos russos que abastecem a Europa (incluindo Druzhiba, Yamal–Europa e Nord Stream). Fonte: Wikimedia Commons.



**Anexo II – Rede nacional de transporte de gás natural em Portugal, incluindo gasodutos e estações de compressão.**

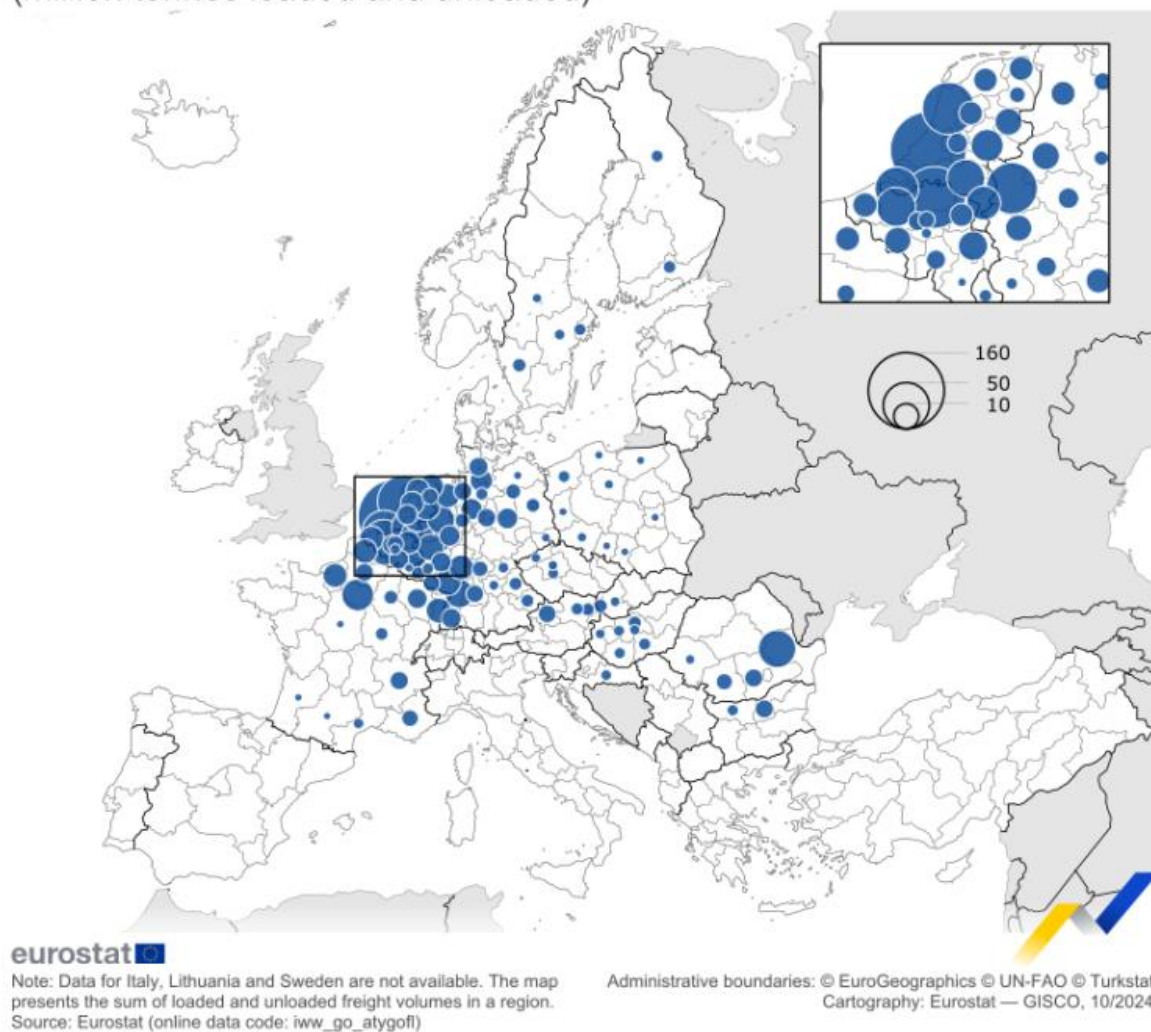
Fonte: REN – Redes Energéticas Nacionais. (2024). *Mapa da rede de gás natural em Portugal.*



**Anexo III - Inland waterway freight handled by NUTS 2 regions in Europe, 2023 (tonnes loaded and unloaded).**

Fonte: Eurostat (2024), *Inland waterway freight transport at regional level*

**Inland waterway freight handled by NUTS 2 region, 2023**  
(million tonnes loaded and unloaded)



**Anexo IV – NCR's totais de 2023 até à recolha dos dados em novembro de 2024.**

Fonte: Tabela feita por elaboração própria.

| Ano             |                  | 2023                           |       |       |          |         |          |          | 2024    |           |       |       |      |       |       |          | Total |         |
|-----------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|----------|---------|----------|----------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|----------|-------|---------|
| Mês             |                  | Janeiro                        | Março | Abril | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maio | Junho | Julho | Setembro |       | Outubro |
| Terminal Origem | Terminal Destino |                                |       |       |          |         |          |          |         |           |       |       |      |       |       |          |       |         |
| LEIX            | ZBG              | 5                              | 24    |       | 6        | 9       | 49       | 42       | 34      |           |       |       |      |       |       | 15       | 22    | 206     |
|                 | ROT              | 1                              | 13    |       | 4        | 3       | 13       | 39       | 6       |           |       |       |      | 4     |       | 27       | 7     | 117     |
| ROT             | LEIX             | 21                             | 47    |       | 5        | 30      | 37       | 21       | 38      | 5         |       | 1     |      |       | 18    | 14       | 237   |         |
| ZBG             |                  | 8                              | 32    | 7     | 4        | 26      | 27       | 22       | 27      |           |       | 10    |      | 5     |       | 26       | 18    | 212     |
| Total Leixões   |                  | 35                             | 116   | 7     | 19       | 68      | 126      | 124      | 105     | 5         |       | 11    |      | 9     |       | 86       | 61    | 772     |
| ZBG             | VIGO             | <i>Rota inativa nesta data</i> |       |       |          |         |          |          | 8       |           | 3     |       | 9    | 21    | 47    | 26       | 29    | 143     |
| VIGO            | ZBG              |                                |       |       |          |         |          |          | 1       | 42        | 11    |       | 25   | 13    | 57    |          | 16    | 165     |
| Total Vigo      |                  |                                |       |       |          |         |          |          | 9       | 42        | 14    |       | 34   | 34    | 104   | 26       | 45    | 308     |

**Anexo V - Rota marítima da CLdN entre Leixões, Zeebrugge e Roterdão.**

Fonte: CLdN (n.d.). Shipping map [Mapa]. CLdN.



**Anexo VI - Rota marítima da Finnlines entre Vigo, Bilbao e Zeebrugge.**

Fonte: Finnlines (2025, setembro).

