



**CIÊNCIAS
EMPRESARIAIS**

ESCOLA SUPERIOR
POLITÉCNICO SETÚBAL

RICARDO JORGE
DOS SANTOS
PRATA

**OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE EM
VAZIO PROVENIENTE DA
DISTRIBUIÇÃO DE UM
RETALHISTA EM PORTUGAL**

Relatório do Projeto de Investigação do Mestrado
em Logística e Gestão da Cadeia de
Abastecimento

ORIENTADOR

Professor José Martins

Professor Virgílio Vaz

Novembro 2025

RICARDO JORGE
DOS SANTOS
PRATA

**OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE EM
VAZIO PROVENIENTE DA
DISTRIBUIÇÃO DE UM
RETALHISTA EM PORTUGAL**

JÚRI

Presidente: Professor, Tiago Pinho, IPS

Orientador: Professor, José Martins, IPS

Vogal: Professor, João Nabais, IPS

Novembro 2025

Agradecimentos

Aos Professores José Martins e Virgílio Vaz, orientador e coorientador, pelo contributo decisivo na orientação das ideias, na esquematização do trabalho e pelas notas de melhoria que elevaram a qualidade deste projeto de investigação.

Ao Professor Carlos Batista, pelas dicas iniciais que ajudaram a definir o alinhamento do que era essencial.

Ao Professor Custódio Filho, pela amabilidade e disponibilidade na pesquisa bibliográfica.

Ao colega Rui Dias, pela mensagem esclarecedora sobre a estrutura do projeto, que permitiu filtrar e focar as ideias.

À Sr.^a Fernanda Portela, pela disponibilidade e determinação em colaborar neste projeto, com o propósito de alcançar um trabalho exemplar.

Em memória da minha Avó e da minha Mãe, que muito contribuíram para a pessoa que sou e que marcaram este período do Mestrado pela sua partida.

À minha esposa, pela paciência e apoio constante.

À minha filha, pelo ânimo que fez a diferença.

Ao meu amigo Bretzel, pelo apoio sempre presente.

A todos, o meu sincero obrigado.

Resumo

O presente estudo analisa o problema do transporte em vazio no contexto da distribuição de um retalhista a operar em Portugal, propondo soluções de otimização assentes em princípios de colaboração vertical entre transportador, retalhista e fornecedores. A investigação centra-se na empresa FSP Transportes, que opera em regime de serviço dedicado de transporte para o retalhista, em que o retorno das viaturas ao centro de distribuição ocorre frequentemente sem carga útil. O objetivo principal consistiu em avaliar a viabilidade operacional, económica e ambiental da integração de cargas de retorno nas viagens atualmente realizadas em vazio.

Para tal, foi conduzido um estudo de caso único, suportado em dados reais recolhidos entre 2024 e o primeiro semestre de 2025, abrangendo cinco rotas representativas do território nacional. A análise comparou o cenário inicial com o cenário otimizado, recorrendo a indicadores de quilómetros em vazio, ganhos marginais e emissões de CO₂.

Os resultados demonstram uma redução significativa dos quilómetros em vazio e uma melhoria do desempenho económico global da operação, evidenciando o potencial da colaboração vertical para a eficiência logística e a sustentabilidade ambiental. O estudo apresenta ainda o Modelo de Maturidade de *Backhauling*, concebido para avaliar o grau de desenvolvimento das práticas colaborativas no transporte, constituindo um contributo original para a gestão logística e para a investigação aplicada em transporte rodoviário de mercadorias.

Palavras-chave: transporte em vazio, *backhauling*, colaboração vertical, sustentabilidade.

Abstract

This study analyses the problem of empty transport in the distribution operations of a retailer operating in Portugal, proposing optimisation solutions based on vertical collaboration between carrier, retailer and suppliers. The research focuses on FSP Transportes, which operates a dedicated transport service for the retailer, where vehicles frequently return to the distribution centre without load. The main objective was to assess the operational, economic and environmental feasibility of integrating return loads into trips currently performed empty.

A single case study approach was adopted, supported by real operational data collected between 2024 and the first semester of 2025, covering five representative routes across mainland Portugal. The analysis compared the baseline scenario with the optimised scenario, using indicators such as empty kilometres, marginal gains, and CO₂ emissions.

The results show a significant reduction in empty kilometres and an improvement in the overall economic performance of the operation, highlighting the potential of vertical collaboration to enhance both logistical efficiency and environmental sustainability. The study also introduces the Backhauling Maturity Model, designed to assess the level of development of collaborative practices in transport, representing an original contribution to logistics management and applied research in road freight transport.

Keywords: empty transport, backhauling, vertical collaboration, sustainability.

Siglas e Acrónimos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

API – *Application Programming Interface*

CAE – Código de Atividade Económica

CD – Centro de Distribuição

CO₂ – Dióxido de Carbono

EEA – *European Environment Agency*

EDI – *Electronic Data Interchange*

ESG – *Environmental, Social and Governance*

FSP – FSP Transportes

FTL – *Full Truck Load*

GEE – Gases com Efeito de Estufa

IA – Inteligência Artificial

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

KPI – *Key Performance Indicator*

Km – Quilómetro

LTL – *Less Than Truck Load*

SLA – *Service Level Agreement*

TMS – *Transport Management System*

Ton – Tonelada

VRP – *Vehicle Routing Problem*

VRPB – *Vehicle Routing Problem with Backhauls*

Glossário

<i>Backhaul</i>	Viagem de regresso de um veículo de transporte após a entrega principal, aproveitada para transportar carga adicional, evitando deslocações em vazio.
<i>Backhaul sharing</i>	Partilha colaborativa de capacidade de transporte entre empresas diferentes, com o objetivo de otimizar viagens de retorno e reduzir quilómetros em vazio.
<i>Benchmarking</i>	Processo de comparação sistemática de práticas e desempenhos com organizações de referência, visando identificar oportunidades de melhoria.
<i>Co-loading</i>	Prática de combinar cargas de diferentes clientes num mesmo veículo, otimizando a ocupação e reduzindo custos de transporte.
<i>Compliance</i>	Conformidade com normas, regulamentos e políticas internas aplicáveis à atividade empresarial.
<i>Deadheading</i>	Termo utilizado no transporte para designar a circulação de veículos sem carga (sinónimo de “retorno em vazio”).
<i>Downstream</i>	Segmento da cadeia de abastecimento que abrange as atividades a jusante, ou seja, da produção até ao cliente final.
<i>Empty running</i>	Situação em que um veículo circula sem carga útil, representando desperdício operacional e impacto ambiental negativo.
<i>End-to-end</i>	Abordagem integrada que cobre todas as etapas de um processo, desde a origem até ao destino final, garantindo visibilidade e controlo total.
<i>Environmental, Social and Governance</i>	Conjunto de critérios ambientais, sociais e de governança que orientam a sustentabilidade e a responsabilidade corporativa das organizações.
<i>Forward</i>	Movimento ou fluxo de transporte no sentido da entrega principal (do centro de distribuição para o ponto de venda).
<i>Full Truckload</i>	Tipo de transporte em que o camião é totalmente ocupado por uma única carga ou cliente.

<i>Governance</i>	Conjunto de práticas, políticas e estruturas de decisão que asseguram a gestão ética, transparente e responsável de uma organização.
<i>Less Than Truckload</i>	Tipo de transporte em que as cargas de vários clientes são consolidadas num mesmo veículo, sem ocupar a capacidade total.
<i>Linehaul</i>	Percurso principal de transporte entre dois pontos fixos (por exemplo, centro de distribuição e ponto de venda), normalmente em longas distâncias.
<i>Picking</i>	Processo de separação e recolha de produtos no armazém ou centro de distribuição, de acordo com as encomendas a expedir.
Reposicionamento ao fornecedor	Deslocação de um veículo, após a entrega, até à localização de um fornecedor para recolha de mercadoria no regresso.
<i>Stakeholders</i>	Partes interessadas que influenciam ou são influenciadas pela atividade da organização.
<i>Supply chain</i>	Cadeia de abastecimento que engloba todas as atividades e entidades envolvidas na produção, transporte e entrega de bens.
<i>Task force</i>	Equipa multidisciplinar temporária criada para desenvolver ou implementar um projeto específico.
<i>Tiers</i>	Níveis ou camadas da cadeia de abastecimento (ex.: <i>tier 1</i> fornecedores diretos; <i>tier 2</i> fornecedores dos fornecedores).
<i>Upstream</i>	Segmento da cadeia de abastecimento que abrange as atividades a montante, ou seja, da fonte de matéria-prima até à produção.
<i>Vehicle Routing Problem</i>	Problema de otimização que procura determinar o conjunto de rotas mais eficientes para uma frota de veículos, minimizando custos e distâncias.
Vehicle Routing Problem with Backhauls	Variante do VRP que considera também as recolhas de carga no trajeto de regresso, após as entregas, otimizando as viagens de retorno.

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Siglas e Acrónimos.....	iv
Glossário.....	v
Índice Geral.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xi
Introdução	1
Contextualização.....	2
Objetivos Gerais.....	3
Objetivos Específicos	4
Metodologia do Projeto.....	5
Estrutura do Relatório	6
Capítulo 1 – Enquadramento Teórico	7
1.1 – Transporte Colaborativo	7
1.1.1 – Níveis da Rede Logística	8
1.1.2 – Colaboração Horizontal.....	9
1.1.2.1 – <i>Full Truckload</i> e <i>Less-Than-Truckload</i>	10
1.1.3 – Colaboração Vertical.....	11
1.2 – Fluxos Operacionais de Transporte.....	12
1.2.1 – <i>Linehaul</i>	12
1.2.2 – <i>Backhaul</i>	13
1.2.2.1 – <i>Vehicle Routing Problem</i>	14
1.2.2.2 – <i>Vehicle Routing Problem with Backhauls</i>	14
1.3 – Transporte em Vazio	15

1.4 – Custos de Transporte	16
1.4.1 – Custo de Transporte Rodoviário de Mercadorias em Serviço Dedicado.....	16
1.4.2 – Receitas Marginais no Transporte Rodoviário de Mercadorias	18
1.5 – Transporte Rodoviário e Pegada de Carbono.....	19
1.5.1 – Contributo do Transporte Rodoviário para as Emissões	20
1.5.2 – Impacto Ambiental do Transporte em Vazio.....	20
1.5.3 – Sustentabilidade na Cadeia de Abastecimento	21
1.5.4 – Enquadramento ESG no Transporte Rodoviário	21
Capítulo 2 – Metodologia.....	22
2.1 – Tipo de Estudo de Caso Único	22
2.2 – Âmbito e Delimitações ao Estudo.....	22
2.3 – Recolha de Dados.....	24
2.4 – Procedimento de Análise.....	24
2.5 – Justificação da Metodologia	25
Capítulo 3 – Estudo de Caso.....	26
3.1 – Articulação Teórica com o Estudo de Caso	26
3.2 – FSP Transportes	26
3.2.1 – Tipologia de Serviços Prestados.....	27
3.2.2 – Estrutura de Custos da FSP Transportes.....	28
3.2.3 – Estrutura de Custos do Serviço de Transporte Dedicado.....	29
3.2.4 – Recolha de Dados	29
3.3 – Análise da Situação Inicial.....	31
3.3.1 – Transporte de Retorno em Vazio	33
3.3.2 – Avaliação Económica da Operação de Transporte	36
3.3.3 – Reflexão Crítica Sobre o Modelo Inicial.....	37
3.4 – Projeto de Otimização das Viagens de Retorno.....	38
3.4.1 – Enquadramento do Projeto de Otimização.....	39
3.4.2 – Metodologia de Otimização.....	39
3.4.3 – Modelo de Maturidade de <i>Backhauling</i>	40

3.4.3.1 – Objetivos do Modelo	40
3.4.3.2 – Níveis de Maturidade em <i>Backhauling</i>	41
3.4.3.3 – Dimensões do Modelo de Maturidade em <i>Backhauling</i>	41
3.4.4 – Construção e Avaliação dos Cenários de Otimização	43
3.4.4.1 – Cenário LISBOA	44
3.4.4.2 – Cenário ALGARVE	46
3.4.4.3 – Cenário NORTE	48
3.4.4.4 – Cenário CENTRO	50
3.4.4.5 – Cenário ALENTEJO.....	52
3.5 – Evolução dos Indicadores – 1.º semestre de 2024 vs 1.º semestre de 2025.....	54
Capítulo 4 – Conclusões	56
4.1 – Limitações do Estudo.....	58
4.2 – Propostas para Investigações Futuras	58
Bibliografia	60
Apêndice A — Nota Metodológica	64
Apêndice B — Declaração de Originalidade.....	67
Anexo I – Fluxograma do Processo de Planeamento de Serviço Dedicado.....	68
Anexo II – Planeamento Operacional do Cenário – LISBOA	69
Anexo III – Planeamento Operacional do Cenário – ALGARVE	70
Anexo IV – Planeamento Operacional do Cenário – NORTE	71
Anexo V – Planeamento Operacional do Cenário – CENTRO.....	72
Anexo VI – Planeamento Operacional do Cenário – ALENTEJO	73

Índice de Figuras

Figura 1 – Estrutura Metodológica da Investigação	5
Figura 2 – Esquema dos Níveis da Rede Logística	9
Figura 3 – Colaboração Horizontal vs. Colaboração Vertical	12
Figura 4 – Estrutura de Custos Operacionais – 2024	29
Figura 5 – Mapa do Centro de Distribuição e Lojas	32
Figura 6 – Totais de Voltas Realizadas e Quilómetros em Vazio por Região – 2024	34
Figura 7 – Distribuição Mensal do Número de Voltas por Região – 2024	34
Figura 8 – Percentagem Mensal de Voltas por Região – 2024	35
Figura 9 – Faturação e Rentabilidade por km – 2024	37
Figura 10 – Modelo de Maturidade em <i>Backhauling</i> – Escada Evolutiva	41
Figura 11 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – LISBOA	44
Figura 12 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – ALGARVE	46
Figura 13 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – NORTE	48
Figura 14 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – CENTRO	50
Figura 15 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – ALENTEJO	52

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características dos Modos de Transporte <i>Linehaul</i> e <i>Backhaul</i>	13
Tabela 2 – Restrições do Modelo VRPB	15
Tabela 3 – Indicadores Operacionais – 2024	30
Tabela 4 – Indicadores Operacionais – 2025	30
Tabela 5 – Duração Média por Volta – 2024	31
Tabela 6 – Análise Mensal do Transporte em Vazio – 2024.....	33
Tabela 7 – Indicadores Económicos da Operação de Transporte – 2024.....	36
Tabela 8 – Matriz de Maturidade de <i>Backhauling</i>	42
Tabela 9 – Distâncias Percorridas na Semana – LISBOA	44
Tabela 10 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – LISBOA.....	45
Tabela 11 – Distâncias Percorridas na Semana – ALGARVE	46
Tabela 12 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – ALGARVE	47
Tabela 13 – Distâncias Percorridas na Semana – NORTE.....	48
Tabela 14 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – NORTE	49
Tabela 15 – Distâncias Percorridas na Semana – CENTRO	50
Tabela 16 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – CENTRO.....	51
Tabela 17 – Distâncias Percorridas na Semana – ALENTEJO.....	52
Tabela 18 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – ALENTEJO	53
Tabela 19 – Evolução dos Indicadores Operacionais, Económicos e Ambientais entre o 1º Semestre de 2024 e o 1º Semestre de 2025	55

Introdução

Atualmente, o termo “logística” é, na percepção comum, frequentemente associado apenas ao transporte de bens entre pontos geográficos. No entanto, esta visão é redutora face à complexidade real da logística, que engloba um vasto conjunto de atividades interligadas. O transporte, embora seja uma atividade essencial da logística, assume sobretudo o papel de ligação entre os diferentes nodos, e de gestão dos fluxos físicos que percorrem os múltiplos e complexos processos que integram as cadeias de abastecimento modernas. É com base nesta percepção generalizada que se desenvolve o presente trabalho, cujo objetivo é refletir sobre estratégias assentes em metodologias de colaboração no transporte, aplicadas aos processos logísticos da distribuição retalhista, contribuindo assim para cadeias de abastecimento mais sustentáveis nos termos do domínio económico, ambiental e operacional. A história da logística está profundamente enraizada no contexto militar, sendo que diversos autores atribuem o sucesso, ou o insucesso de campanhas militares precisamente às suas capacidades logísticas. Como refere Moura (2006), um dos fatores determinantes para a vitória do Império Romano foi a construção de uma sofisticada rede de estradas, que possibilitava a prática da arte de movimentar os exércitos.

Com a evolução da sociedade, desde a fase da produção agrícola, passando pela fase da industrialização, até à atual fase de produção de serviços, o transporte de pessoas e bens tornou-se uma realidade constante e indispensável da atividade económica e social (Simões, 2021).

Carvalho (2004) salienta que, com base na história e nas contribuições de diversos autores, é possível concluir que o transporte é essencial à vida e à atividade humana, constituindo um fenómeno transversal à existência da humanidade em sociedade. A sua manifestação varia consoante o período, o contexto e as necessidades, assumindo também uma dimensão empresarial. Neste sentido, o transporte tem sido e continuará a ser um elemento fundamental nas cadeias de abastecimento, especialmente no contexto das organizações e das operações logísticas. Refere também, que nas cadeias de abastecimento, também designadas por cadeias de valor, o transporte desempenha um papel fundamental na criação de valor, ao assegurar a utilidade de tempo e de lugar. Esta função é essencial para que os bens estejam disponíveis no momento e local certos, em toda a sua extensão desde a origem (montante) até ao consumidor final (jusante).

O transporte rodoviário de mercadorias constitui o principal sustentáculo da logística na distribuição retalhista em Portugal, assegurando o fluxo contínuo de bens entre fornecedores centros de distribuição e pontos de venda. Representando mais de 85% do volume total de

mercadorias transportadas no país, INE (2024), este modo de transporte revela-se essencial num setor tão dinâmico e competitivo como o retalho. Contudo, enfrenta desafios estruturais significativos, nomeadamente a elevada fragmentação do setor, o crescimento dos custos operacionais e a recorrente circulação de veículos em vazio no regresso às suas origens após a realização das entregas de mercadorias nos pontos de venda.

Contextualização

No setor da distribuição retalhista, o transporte rodoviário desempenha um papel central na ligação entre centros de distribuição e lojas, assegurando a reposição contínua de mercadorias nos pontos de venda. Esta operação é, em grande parte, estruturada de forma unidirecional (*linehaul*) com o foco principal no abastecimento dos pontos de venda, com os veículos a serem carregados nos centros de distribuição e enviados para diversos destinos, regressando frequentemente aos centros de distribuição sem carga, fenómeno designado por transporte de retorno em vazio.

A circulação em vazio constitui um fenómeno crítico no que respeita à eficiência do transporte rodoviário de mercadorias. Em Portugal, embora os dados disponíveis sejam escassos, estima-se que entre 25% a 35% das viagens de regresso sejam efetuadas sem carga, Eurostat (2021), o que gera impactos económicos significativos e contribui negativamente para a pegada ambiental do setor.

Neste contexto, a colaboração vertical entre os diversos agentes da cadeia de abastecimento, nomeadamente retalhistas, transportadores e fornecedores, configura-se como uma estratégia promissora para mitigar as ineficiências logísticas. Através da partilha de informação, do planeamento conjunto e do aproveitamento mútuo dos fluxos logísticos, esta forma de colaboração pode contribuir significativamente para a redução dos custos de transporte, o aumento da taxa de ocupação dos veículos e a diminuição das emissões associadas às operações logísticas Panahifar et al.(2018). A eficácia destas iniciativas é potenciada quando suportada por um modelo de governança colaborativa sustentável, assente em mecanismos adaptativos de decisão, métricas partilhadas, monitorização conjunta e estruturas de responsabilidade coletiva, fatores que fortalecem a confiança entre os parceiros e asseguram o alinhamento entre metas operacionais e ambientais, promovendo, em última instância, uma cadeia de abastecimento mais resiliente e sustentável (J. Wang & Ran, 2018).

Os custos de transporte continuam a representar uma parte significativa dos custos logísticos totais, podendo ultrapassar os 50% nas cadeias de abastecimento de bens de grande consumo (Fernie & Sparks, 2014). Neste contexto, estratégias como a otimização dos fluxos

em vazio e a aplicação de ferramentas analíticas avançadas revelam-se eficazes para aumentar a eficiência operacional e reduzir os custos associados às viagens em vazio (Wang & Kopfer, 2015); (Accorsi et al., 2016).

Apesar de diversas iniciativas no setor do retalho evidenciarem uma crescente maturidade logística, a adoção efetiva de modelos colaborativos verticais e a otimização sistemática do transporte em vazio permanecem ainda limitadas em Portugal. A ausência de mecanismos claros de partilha de benefícios entre os diferentes agentes, bem como a falta de interoperabilidade entre os sistemas de informação, continuam a constituir obstáculos significativos à implementação de soluções logísticas mais eficientes e integradas (Mrabti et al., 2022).

Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como objetivo analisar o transporte rodoviário de mercadorias de distribuição, de um retalhista a operar em Portugal, com especial enfoque na redução do transporte em vazio através da implementação de modelos de colaboração vertical. Serão exploradas as implicações operacionais, económicas e ambientais do modelo de transporte atualmente adotado, identificadas oportunidades de melhoria operacional e propostas soluções de integração entre retalhistas, transportadores e fornecedores. O estudo centra-se no planeamento colaborativo do transporte entre agentes que operam na mesma cadeia de abastecimento e em áreas geográficas comuns, procurando desenvolver novas abordagens que promovam a partilha de recursos, a redução de ineficiências logísticas e o aproveitamento do potencial do transporte de retorno (*backhauling*). No entanto, este contexto representa uma oportunidade estratégica para o transportador aumentar a rentabilidade do negócio, através da otimização das viagens de retorno e por meio da realização de operações adicionais, nomeadamente cargas e descargas em regime de *backhaul* sem comprometer o nível de serviço contratado. Simultaneamente, pretende-se contribuir do ponto de vista social através da promoção de práticas logísticas mais responsáveis, aliadas à minimização dos impactos ambientais resultantes das emissões de gases com efeito de estufa e à redução dos custos operacionais associados ao transporte em vazio.

Objetivos Específicos

- I. Propor um modelo colaborativo aplicado ao transporte rodoviário em regime de serviço dedicado, incorporando cenários de otimização que possibilitem a alocação de benefícios entre os diferentes intervenientes da cadeia logística.
- II. Simular e comparar cenários logísticos, com e sem colaboração, avaliando o desempenho alcançado através de indicadores de desempenho (KPI) em três dimensões:
 - Operacional – Redução dos quilómetros em vazio
 - Económica – Incremento da rentabilidade por km otimizado
 - Ambiental – Redução das emissões de CO₂
- III. Analisar criticamente os resultados obtidos, sistematizando os principais contributos da investigação para a redução do transporte em vazio em contextos de serviço dedicado.
- IV. Apresentar recomendações práticas para a implementação do modelo colaborativo proposto, bem como sugerir linhas de investigação futura orientadas para a colaboração vertical e a otimização logística em cadeias de abastecimento retalhistas.

Metodologia do Projeto

Para o desenvolvimento deste projeto, foi adotada uma metodologia de investigação de estudo de caso único, combinando abordagens quantitativas, através da análise de dados operacionais reais (quilometragem, custos, tempos, indicadores de desempenho), e qualitativas, nomeadamente na avaliação do contexto organizacional e na construção do modelo colaborativo proposto.

A estrutura metodológica encontra-se sintetizada na Figura 1, que representa as principais etapas do processo de investigação, desde o diagnóstico do problema até à proposta de otimização e análise de resultados.

Figura 1 – Estrutura Metodológica da Investigação



Fonte: Autor

1 – Definição dos Objetivos – Estabelece-se como objetivo central do estudo a otimização do transporte de retorno em vazio resultante das operações de distribuição retalhista.

2 – Enquadramento Teórico – É realizada uma revisão da literatura sobre os principais temas relacionados com o estudo, nomeadamente: transporte colaborativo (com ênfase na colaboração vertical), custos de transporte, transporte em vazio e a sustentabilidade ambiental no setor. Esta análise teórica sustenta o diagnóstico e a proposta de solução.

3 – Desenvolvimento da Metodologia Proposta – Nesta fase é construído o modelo metodológico com base em dados operacionais recolhidos, nomeadamente quilómetros percorridos em vazio e respetivos custos, com vista à análise das ineficiências logísticas existentes.

4 – Caracterização do Caso de Estudo – É identificada a empresa FSP Transportes (transportador), bem como o retalhista parceiro, descrevendo-se a relação operacional entre

ambos e apresentando-se dados iniciais que evidenciam a existência de transporte em vazio no contexto da distribuição.

5 – Aplicação da Metodologia Proposta – Implementam-se estratégias de transporte colaborativo para a otimização das rotas de retorno. As medidas aplicadas são acompanhadas e monitorizadas ao longo do tempo, permitindo recolher dados reais para comparação.

6 – Apresentação dos Resultados — Os resultados são analisados por comparação entre o cenário inicial e o cenário otimizado, com o objetivo de evidenciar os impactos da colaboração vertical na redução de quilómetros em vazio, na melhoria do desempenho económico da operação e na diminuição das emissões de CO₂.

Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se organizado em quatro capítulos, antecidos por uma Introdução, onde se apresenta o enquadramento do tema, a sua relevância no contexto atual, os objetivos gerais e específicos do estudo, e a metodologia adotada para a sua concretização.

O Capítulo 1 – Enquadramento Teórico, desenvolve uma análise aprofundada ao setor da logística de transporte no contexto da distribuição retalhista, abordando as principais temáticas relevantes para este estudo: o transporte colaborativo, com especial ênfase na colaboração vertical, as modalidades de transporte, a estrutura de custos de transporte, o transporte em vazio como problema central que motivou o presente estudo e por fim a sustentabilidade ambiental do setor.

O Capítulo 2 – Metodologia, descreve a abordagem metodológica adotada na investigação no estudo de caso único, que combina métodos quantitativos e qualitativos. Justificam-se as opções metodológicas adotadas, nomeadamente a escolha de um estudo de caso único centrado numa operação logística real, e descrevem-se as principais etapas do processo de recolha, tratamento e análise dos dados. Esta estrutura metodológica visa avaliar os impactos operacionais, económicos e ambientais da estratégia de otimização aplicada ao transporte de retorno em vazio, no contexto de um contrato de serviço dedicado.

O Capítulo 3 – Estudo de Caso, caracteriza o modelo atual de operação da FSP, identifica as ineficiências relacionadas com as viagens em vazio e apresenta a aplicação prática da metodologia proposta, incluindo os dados operacionais analisados e os resultados obtidos.

O Capítulo 4 – Conclusões, apresenta as principais conclusões do estudo, as limitações do estudo e propostas para trabalhos futuros no âmbito da otimização do transporte rodoviário de mercadorias e da colaboração entre os intervenientes da cadeia de abastecimento.

Capítulo 1 – Enquadramento Teórico

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica realizada no âmbito do tema em estudo, com ênfase na temática dos métodos colaborativos de transporte entre as diferentes entidades da distribuição retalhista. No intuito de contextualizar o sistema de transporte onde a operação ocorre, foi igualmente revista literatura relevante sobre a distribuição retalhista e os sistemas de custeio associados à atividade de transporte.

O primeiro ponto (1.1), apresenta os principais conceitos e métodos colaborativos aplicáveis ao contexto da distribuição retalhista. Seguidamente, no ponto (1.2), procede-se à caracterização dos fluxos operacionais de transporte, com destaque para a configuração das rotas e das operações que estruturam o sistema em estudo. O ponto (1.3) foca-se na problemática do transporte em vazio, identificada como a ineficiência central que fundamenta o presente projeto. Já o ponto (1.4) explora os custos associados à atividade de transporte, clarificando a sua estrutura e impacto na operação. Por fim, o ponto (1.5) introduz a dimensão ambiental, ao analisar o transporte rodoviário e a sua pegada de carbono, evidenciando a relevância deste setor nas emissões de CO₂ e salientando a redução das emissões como estratégia fundamental para a sustentabilidade.

1.1 – Transporte Colaborativo

O transporte colaborativo constitui uma estratégia logística emergente que visa a partilha de recursos entre diferentes empresas ou entidades, com o objetivo de aumentar a eficiência operacional, reduzir os custos associados ao transporte e minimizar o impacto ambiental das operações de transporte. Neste tema é perspetivado uma cooperação coordenada entre parceiros que, de forma integrada, procuram reduzir desperdícios de transporte principalmente em otimizar a utilização da capacidade dos veículos, diminuir os quilómetros percorridos em vazio e melhorar o desempenho dos recursos humanos. Em última análise, pretende-se criar mais valor para a cadeia de abastecimento, promovendo soluções sustentáveis e mutuamente benéficas para todos os intervenientes.

A colaboração no transporte é cada vez mais um tema em voga na atualidade, sobretudo devido ao facto do transporte representar uma parte significativa dos custos logísticos totais, podendo ultrapassar os 50% nas cadeias de abastecimento de bens de grande consumo (Ferne & Sparks, 2014). Posto isto, torna-se imperativo otimizar as ineficiências existentes no setor através da adoção de novas abordagens de planeamento, assentes em processos de decisão mais participativos e transparentes, que envolvam os diferentes *stakeholders* (Rodrigue, 2020).

A crescente importância da colaboração no transporte tem sido amplamente discutida em conferências da especialidade do setor dos transportes rodoviários. Uma expressão frequentemente utilizada nestes contextos é, “uma empresa sozinha vai mais rápido, mas, todas juntas vão mais longe”, ilustra claramente a tendência atual para a cooperação entre entidades, reforçando a ideia de que os benefícios da colaboração superam os ganhos individuais. De acordo com Wang & Kopfer (2015), os resultados obtidos através do planeamento de transporte colaborativo são consideravelmente superiores aos obtidos do planeamento realizado de forma isolada, quando a estrutura de custos se mantém constante em ambas as situações.

Os resultados do estudo de Abou Mjahed et al. (2025), evidenciam oportunidades significativas de redução de custos obtidos pelo transporte colaborativo, com uma diminuição de 28%. Para além da vertente económica, foram identificadas operações potencialmente mais sustentáveis, nomeadamente através da possibilidade de utilizar menos 40% de veículos. Estes resultados vão ao encontro dos objetivos da investigação, ao demonstrar que a colaboração no transporte pode contribuir na redução de custos e na otimização dos recursos logísticos.

O estudo de Mersky (2021) apresenta resultados relevantes no domínio da sustentabilidade ambiental, demonstrando que a coordenação entre fornecedores, retalhistas e transportadores permite reduzir o transporte em vazio e maximizar a utilização de recursos partilhados. Essa atitude colaborativa traduziu-se numa redução média de 25% nos quilómetros percorridos, o que resultou numa diminuição significativa das emissões de CO₂, contribuindo essencialmente para o cumprimento de objetivos ambientais.

A colaboração pode ocorrer tanto entre empresas do mesmo nível da cadeia de abastecimento (colaboração horizontal) como entre entidades de diferentes níveis, como transportadores, retalhistas e fornecedores (colaboração vertical), representando uma mudança significativa na forma como o transporte é tradicionalmente gerido.

1.1.1 – Níveis da Rede Logística

A rede logística ou cadeia de abastecimento (*supply chain*), é composta por diferentes níveis organizacionais que representam as funções desempenhadas por cada tipo de entidade ao longo do fluxo de bens, desde a origem (matérias-primas) até ao consumidor final.

Segundo Christopher (2016), a cadeia de abastecimento é composta por vários níveis ou "*tiers*", cada um responsável por adicionar valor através da transformação, movimentação ou armazenagem de bens.

Estes níveis organizam-se de montante para jusante, isto é, do início ao fim da cadeia de abastecimento, de forma sequencial e ordenada da seguinte forma:

Nível 1 – Montante – Nível dos Fornecedores (*Upstream*)

Função: Produção e fornecimento de matérias-primas, componentes ou produtos intermédios.

Logística associada: Transporte de matérias-primas até à indústria.

Nível 2 – Intermédio – Nível dos Produtores/Fabricantes

Função: Transformação de matérias-primas em produtos acabados.

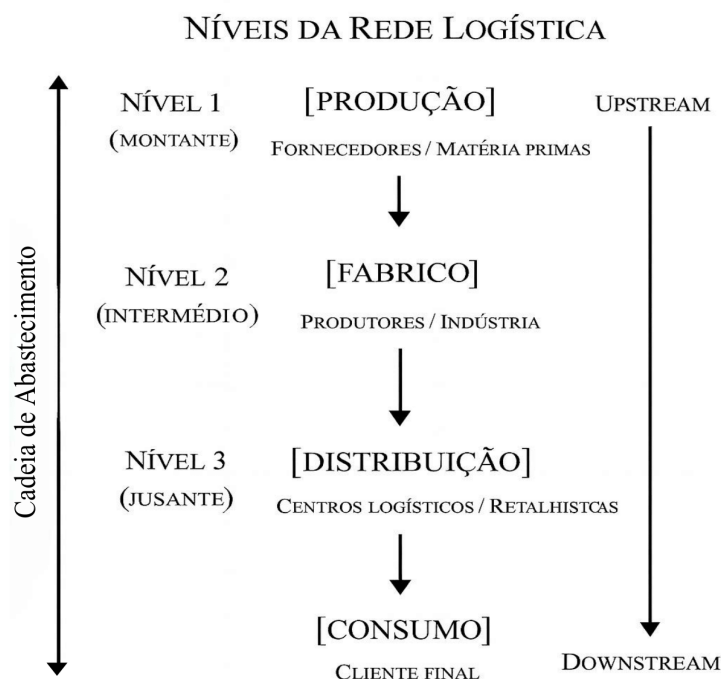
Logística associada: Gestão de inventários, transporte até distribuidores, armazenagem.

Nível 3 – Jusante – Nível dos Distribuidores e Retalhistas (*Downstream*)

Função: Distribuição dos produtos ao consumidor final.

Logística associada: Transporte até pontos de venda, entregas urbanas, logística de última milha.

Figura 2 – Esquema dos Níveis da Rede Logística



Fonte: Autor, adaptada de Christopher, (2016)

1.1.2 – Colaboração Horizontal

A colaboração horizontal consiste na cooperação entre duas ou mais organizações que operam no mesmo nível da rede logística frequentemente concorrentes ou não relacionadas entre si, com o objetivo de partilhar recursos de transporte e informações relevantes, como,

por exemplo, a capacidade de transporte, visando benefícios comuns na otimização do transporte (Karam et al., 2021).

Adicionalmente, segundo Wang & Kopfer (2015), é possível distinguir duas perspectivas operacionais na colaboração horizontal, a partilha de pedidos (*order sharing*), em que diferentes empresas do mesmo nível da rede logística agrupam volumes de carga para um transporte conjunto e partilha de capacidade (*capacity sharing*), em que se disponibiliza espaço livre nos camiões para utilização por parceiros.

De acordo com Crujssen et al. (2007), distinguem-se duas principais formas de ocupação da capacidade dos veículos no contexto da colaboração horizontal e vertical: o regime de carga completa *Full Truckload* (FTL), destinado a um único expedidor e caracterizado por entregas diretas, e o regime de carga fracionada *Less-Than-Truckload* (LTL), que envolve a consolidação de envios de múltiplos clientes, implicando paragens intermédias e manuseamento adicional. Estes regimes de carga são determinantes na definição da estratégia logística mais adequada para otimizar os recursos de transporte, sendo descritos pelos autores no seguinte ponto.

1.1.2.1 – Full Truckload e Less-Than-Truckload

Transporte em regime de carga completa *Full Truckload* (FTL), está particularmente associado à partilha de viagens de retorno (*backhaul sharing*). Neste contexto, o principal desafio é identificar empresas que utilizem os mesmos corredores logísticos, mas em sentidos opostos, de forma a viabilizar a partilha de viagens de retorno.

No caso do transporte em vazio e do transporte em regime de carga inferior à capacidade total ou carga fracionada *Less-Than-Truckload* (LTL), assume a forma de consolidação de cargas entre diferentes empresas (*co-loading*). A coordenação entre vários pontos de carga permite agrupar volumes individuais que, isoladamente, não preencheriam a capacidade de um veículo, mas que, em conjunto, possibilitam maximizar a taxa de ocupação e reduzir o número de viagens necessárias.

Os dois tipos de fluxos de transporte identificados têm também aplicação no contexto da colaboração vertical ou noutros modelos colaborativos.

1.1.3 – Colaboração Vertical

Por oposição à colaboração horizontal, a colaboração vertical ocorre entre entidades que atuam em níveis distintos da rede logística, envolvendo geralmente uma relação hierárquica e funcional. Este tipo de colaboração é caracterizado pela coordenação entre agentes como fornecedores, retalhistas e prestadores de serviços logísticos, onde se incluem os transportadores, com o objetivo de melhorar a eficiência operacional, alinhar processos e partilhar benefícios (Santos et al., 2021). O estudo destes autores apresenta um caso de colaboração vertical que envolve um expedidor (retalhista), uma transportadora e os fornecedores do retalhista, no qual o expedidor assume o papel de entidade coordenadora da colaboração. O objetivo principal consiste na implementação de rotas integradas, que permitam minimizar os custos logísticos globais e reduzir a ineficiência associada ao transporte de retorno em vazio. Por outro lado, a transportadora procura maximizar as receitas obtidas nas viagens de retorno (*backhaul*), através dos fluxos logísticos provenientes dos fornecedores. Para assegurar o alinhamento de interesses entre as partes, cabe ao expedidor propor mecanismos de incentivo eficazes, que tornem o modelo colaborativo atrativo e viável para a transportadora, promovendo assim uma partilha equilibrada dos benefícios gerados pela colaboração. Este tipo de colaboração implica a partilha de responsabilidades entre as entidades, recursos e dados com o objetivo de atender, de forma mais eficiente, clientes finais com necessidades semelhantes dentro de uma cadeia de abastecimento específica.

Segundo Simatupang & Sridharan (2005), a colaboração vertical consiste na integração entre parceiros ao longo da cadeia de abastecimento, com ênfase na tomada de decisão conjunta, na partilha de informação e na definição comum de métricas de desempenho.

Já Cao & Zhang (2011), sublinham a importância da partilha de decisões, recursos e riscos entre entidades, promovendo o alinhamento de objetivos e a confiança interorganizacional. Esta forma de colaboração constitui uma mudança significativa face à gestão tradicional do transporte, ao favorecer a integração efetiva das entidades da cadeia e, conseqüentemente, o aumento da eficiência e competitividade. No contexto do transporte, a colaboração vertical baseia-se na possibilidade de as entidades desagregarem as rotas de transporte em diferentes níveis operacionais passando a assumir a responsabilidade do transporte nesses níveis, com referem (Vargas et al., 2018).

Figura 3 – Colaboração Horizontal vs. Colaboração Vertical

Colaboração Horizontal



Colaboração Vertical



Fonte: Autor

1.2 – Fluxos Operacionais de Transporte

No âmbito das modalidades de transporte, é importante distinguir entre *linehaul* (transporte de linha) e *backhaul* (transporte de retorno), uma vez que estas operam em fluxos de transporte opostos. Esta distinção é essencial para a compreensão dos processos operacionais e para a definição de um planeamento de rotas mais otimizado.

1.2.1 – Linehaul

Segundo Rodrigue (2020), o transporte em *linehaul* refere-se ao movimento principal de mercadorias entre dois pontos fixos da cadeia logística, geralmente realizado em longas distâncias e envolvendo volumes elevados de carga. Esta modalidade é caracterizada por um fluxo unidirecional, predominantemente entre centros de distribuição, armazéns regionais ou plataformas logísticas e os pontos de venda.

A publicação da Inbound Logistics (2025), apresenta uma análise abrangente do transporte em *linehaul*, evidenciando características centrais como a sua elevada previsibilidade e frequência operacional que são geralmente garantidas através de contratos de serviço contínuo com operadores especializados. Esta estrutura programada possibilita uma consolidação eficiente de cargas e a definição de itinerários otimizados, cujos principais resultados se traduzem na redução dos custos operacionais, na minimização de desvios e na mitigação dos riscos de atraso. Neste sentido, a estabilidade e a visibilidade dos fluxos *linehaul* assumem um papel determinante na garantia da fluidez da cadeia logística.

A eficiência do transporte em *linehaul* segundo Button (2022), depende de uma afetação criteriosa dos veículos, da consolidação eficaz das cargas e da definição de itinerários otimizados com base em indicadores operacionais como o custo por quilómetro, o tempo de trânsito e a fiabilidade do serviço. De acordo com Christopher (2016), este segmento está

propriamente ligado ao planeamento estratégico da malha logística, influenciando variáveis estruturais como a localização dos armazéns, o dimensionamento das frotas e a definição das janelas operacionais. Rodrigue (2020), salienta que, uma análise aprofundada dos fluxos *linehaul* possibilita a identificação de desequilíbrios na rede e a deteção de oportunidades de reconfiguração da rede logística.

1.2.2 – *Backhaul*

O *backhaul* corresponde ao transporte realizado no percurso de regresso de um veículo após a entrega da carga principal. Tradicionalmente, esta viagem é efetuada em vazio, no entanto, pode ser otimizada através da recolha de cargas adicionais, como devoluções, recolhas em fornecedores ou operações de redistribuição entre lojas. Esta prática contribui significativamente para a redução dos quilómetros percorridos em vazio e para a melhoria do processo de transporte, ao maximizar a utilização da capacidade dos veículos e reduzir os custos logísticos associados (Wang & Kopfer, 2015).

Tabela 1 – Características dos Modos de Transporte *Linehaul* e *Backhaul*

	Linehaul	Backhaul
Objetivo	Transporte principal (ida)	Retorno após entrega
Carga	Geralmente carga completa	Pode ser vazio ou com recolhas
Distância	Longa distância	Igual ou semelhante à ida
Exemplos	CD central → Loja	Fornecedor → CD

Fonte: Autor

De acordo com a problemática da otimização das viagens de retorno (*backhaul*), existem diversas ferramentas analíticas de apoio à decisão no planeamento de rotas. Entre estas, destacam-se o *Vehicle Routing Problem* (VRP) e a sua extensão, o *Vehicle Routing Problem with Backhauls* (VRPB), que serão apresentados de seguida:

1.2.2.1 – Vehicle Routing Problem

O *Vehicle Routing Problem* (VRP) é um dos modelos matemáticos mais estudados no domínio da investigação operacional e da otimização combinatória, tendo como função principal a definição de rotas eficientes para uma frota de veículos que parte de um ou mais depósitos a fim de satisfazer a procura de um conjunto de clientes. O VRP permite a incorporação de diversas restrições operacionais, como capacidades de carga, tempos de serviço e janelas temporais. O seu objetivo central consiste em resolver problemas de roteamento com a premissa de atender o maior número de clientes possível, no menor tempo e com o trajeto mais curto. A sua aplicação prática é habitualmente realizada através de algoritmos heurísticos e meta-heurísticos, capazes de produzir soluções aproximadas e viáveis mesmo em contextos de elevada complexidade (Toth & Vigo, 2014). Complementarmente, Carvalho et. al. (2012) salientam que, ao integrar objetivos mais específicos da operação, o VRP permite minimizar os custos totais, incluindo distância percorrida, tempo de operação e custos financeiros, assegurando em simultâneo, o cumprimento dos níveis de serviço estabelecidos.

1.2.2.2 – Vehicle Routing Problem with Backhauls

No caso específico da otimização do *backhaul*, assume particular relevância a variante *Vehicle Routing Problem with Backhauls* (VRPB), a qual introduz uma estrutura específica para o planeamento simultâneo de entregas e recolhas. Este modelo permite uma utilização mais racional da frota, contribuindo para maximizar a taxa de ocupação dos veículos nas rotas de retorno. O VRPB é uma das extensões mais relevantes do VRP. Nesta variante, os clientes são divididos em dois grupos: *linehauls*, que requerem entregas de mercadorias, e *backhauls*, que requerem recolhas de mercadorias (Toth & Vigo, 2014). Uma regra típica do VRPB determina que todas as entregas devem ser concluídas antes do início de qualquer recolha, refletindo restrições práticas associadas à organização da carga, bem como a exigências de higiene e qualidade dos produtos (Koç & Laporte, 2018). Este modelo é particularmente adequado às cadeias de abastecimento retalhistas, nas quais os veículos realizam, numa primeira fase, a entrega de mercadorias nas lojas e, no percurso de retorno, procedem à recolha de mercadorias junto de fornecedores. Esta prática contribui para a redução dos quilómetros percorridos em vazio, possibilitando a otimização de custos, a diminuição das emissões e a melhoria da taxa de utilização da frota (Brandão, 2006); (Koç & Laporte, 2018). Para a sua resolução, o VRPB recorre a métodos exatos, heurísticos e meta heurísticos, adaptando-se às restrições e objetivos específicos de cada operação logística. Em termos operacionais, todas as entregas são carregadas no entreposto no início da rota e todas as

recolhas devem ser transportadas de volta ao mesmo, sendo obrigatório que cada rota inclua pelo menos um cliente *linehaul* (Toth & Vigo, 2014).

Tabela 2 – Restrições do Modelo VRPB

Descrição Restritiva do Modelo VRPB	
1	Cada rota de um veículo começa e termina no entreposto.
2	Cada veículo executa exatamente uma rota.
3	Cada cliente é visitado por exatamente um veículo.
4	Em cada rota, primeiramente são visitados os clientes <i>linehaul</i> e, de seguida, os clientes <i>backhaul</i> .
5	A carga levada por cada veículo, em cada rota, não pode exceder a sua capacidade.
6	O custo total de viagem é minimizado.
7	Não podem ser criadas rotas apenas com clientes <i>backhaul</i> .

Fonte: Autor

Em suma, desde a sua formulação original por Dantzig & Ramser (1959), desenvolvida no contexto da distribuição de combustíveis, o VRP tem evoluído para uma ampla gama de variantes que procuram refletir as complexidades da logística moderna, incluindo múltiplos depósitos, frotas heterogéneas, entregas divididas e restrições de precedência (Toth & Vigo, 2014).

1.3 – Transporte em Vazio

O transporte em vazio corresponde à deslocação de veículos de mercadorias sem carga útil, ocorrendo com regularidade no trajeto de regresso após uma entrega ou no percurso até ao próximo ponto de carga. Esta situação representa uma ineficiência significativa no transporte rodoviário, uma vez que gera custos operacionais como, combustível, manutenção e mão de obra do motorista, em simultâneo provoca impactos ambientais decorrentes das emissões de CO₂, sem que exista contrapartida em termos de receita (Rodríguez, 2020).

Segundo Wang & Kopfer (2015), cerca de 25% dos quilómetros percorridos por camiões nos países da União Europeia são realizados em vazio, ou seja, sem carga útil. Esta situação representa um fator negativo relevante no desempenho das cadeias logísticas, traduzindo-se em perdas operacionais relevantes e em subutilização de recursos. Contudo, os autores sublinham que esta fragilidade pode ser vista como uma oportunidade estratégica de negócio, ao incentivar a coordenação logística entre empresas. Neste contexto, a cooperação entre diferentes agentes da cadeia revela-se crucial não apenas para a otimização do transporte, mas também para a criação de novos modelos colaborativos de negócio mais competitivos.

A ocorrência de transporte em vazio é influenciada por fatores como as oscilações de procura do mercado, distribuição geográfica dos clientes, o planeamento logístico, as características dos fluxos de mercadorias e a ausência de coordenação entre diferentes agentes da cadeia de abastecimento (Rodríguez, 2020).

No contexto da distribuição retalhista, a minimização de quilómetros em vazio não só melhora a eficiência operacional e a sustentabilidade das operações, como também contribui para a competitividade das empresas de transporte, permitindo aproveitar melhor os recursos existentes (Ferne & Sparks, 2014).

1.4 – Custos de Transporte

Os custos de transporte correspondem ao conjunto de despesas associadas ao deslocamento de mercadorias entre um ponto de origem e um destino, englobando tanto custos fixos como, investimento em veículos, seguros, salários e despesas administrativas, quanto custos variáveis, relacionados com combustível, manutenção, portagens e manuseamento de carga. Estes custos representam uma componente considerável da logística total, influenciando diretamente o preço final do serviço, a competitividade do transportador e o desempenho da cadeia de abastecimento. A sua magnitude depende de fatores como a distância percorrida, a tipologia da carga, a taxa de ocupação dos veículos e a eficácia do planeamento operacional (Rodríguez, 2020);(Simões, 2021).

Os custos de transporte podem ser decompostos em duas grandes categorias, os custos fixos, que se mantêm inalterados independentemente da distância percorrida ou da utilização do veículo, e os custos variáveis, diretamente associados à operação do veículo e que aumentam proporcionalmente com a atividade.

A magnitude dos custos de transporte depende de diversos fatores, entre os quais a distância percorrida, a tipologia da carga, a taxa de ocupação dos veículos e fatores externos, como o preço dos combustíveis ou as condições das infraestruturas rodoviárias (Button, 2022). Para além destes, a variabilidade da procura, os níveis de serviço exigidos e os estrangimentos temporais exercem igualmente uma influência no custo por unidade transportada.

1.4.1 – Custo de Transporte Rodoviário de Mercadorias em Serviço Dedicado

O transporte rodoviário em serviço dedicado caracteriza-se pela afetação exclusiva de veículos e condutores ao serviço de um cliente, normalmente com base em contratos de médio ou longo prazo, garantindo capacidade e disponibilidade ajustadas às necessidades específicas de expedição do cliente (Rajapakshe et al., 2014). No contexto da distribuição retalhista, esta modalidade é frequentemente utilizada para assegurar a reposição regular de

lojas e centros de distribuição, proporcionando maior controlo operacional, previsibilidade e qualidade de serviço.

No entanto, este modelo implica custos fixos significativos, dado que o transportador recebe uma remuneração previamente contratada que cobre a disponibilidade do veículo, independentemente da sua taxa de ocupação, como refere Button (2022), destacando as seguintes principais componentes de custo:

- Custos operacionais diretos – combustível, manutenção, pneus, seguros e portagens;
- Custos de capital – depreciação do veículo e custos de financiamento;
- Custos de mão de obra – salários, encargos sociais e formação dos motoristas;
- Custos administrativos – gestão de frota, planeamento e monitorização;
- Custos de oportunidade – resultantes de viagens em vazio, comuns no regresso de entregas.

Em operações dedicadas na distribuição retalhista, a existência de quilómetros em vazio não implica perda direta de faturação para o transportador, dado que o contrato cobre o serviço na sua totalidade, mas, representa uma oportunidade perdida de gerar receitas adicionais (marginais), por exemplo, através de operações de *backhauling*. Assim, otimizar os fluxos de retorno permite não só melhorar a sustentabilidade das operações como também aumentar a rentabilidade (Simões, 2021).

No transporte rodoviário em regime de serviço dedicado, a composição do custo total é determinada por um conjunto de custos fixos e custos variáveis associados à operação. Assim, para efeitos de análise económica e de gestão, devem ser consideradas as seguintes fórmulas de cálculo, aplicadas com base num horizonte temporal mensal:

Custo Total

$$Custo\ Total\ (C_{Total}) = Custos\ Fixos(C_{Fixos}) + Custos\ Variáveis\ (C_{Variáveis}) \quad (1)$$

Onde:

C_{Fixos} = custos que não variam com a distância percorrida (€/mês)

$C_{Variáveis}$ = custos proporcionais à utilização do veículo (€/mês)

Custos Fixos

$$C_{Fixos} = C_{Capital} + C_{Motorista} + C_{Seguros} + C_{Administrativos} \quad (2)$$

Onde:

Custos de Capital - ($C_{Capital}$) = depreciação e financiamento do veículo

Custos de Motorista - ($C_{Motorista}$) = salários, encargos sociais e benefícios

Custos de Seguros - ($C_{Seguros}$) = *veículos, cargas e responsabilidade civil*

Custos Administrativos - ($C_{Administrativos}$) = *gestão de frota, planeamento, monitorização*

Custos Variáveis

$$C_{Variáveis} = (Q_{Total} \times C_{Combustível}) + (Q_{Total} \times C_{Manutenção}) + (Q_{Total} \times C_{Portagens}) \quad (3)$$

Onde:

Q_{Total} = *quilómetros percorridos mensais (inclui quilómetros em carga e em vazio)*

$C_{Combustível}$ = *custo médio de combustível por km (€)*

$C_{Manutenção}$ = *custo médio de manutenção por km (€)*

$C_{Portagens}$ = *custo médio de portagens por km (€)*

Custo Unitário de Transporte

Para análise de eficiência, calcula-se o custo unitário por quilómetro (C_{km}):

$$C_{km} = \frac{C_{Total}}{Q_{Total}} \quad (4)$$

1.4.2 – Receitas Marginais no Transporte Rodoviário de Mercadorias

A receita marginal corresponde ao acréscimo de receita obtido pela realização de uma unidade adicional de serviço de transporte, como um quilómetro, uma viagem ou uma tonelada transportada (Button, 2022).

No transporte rodoviário em serviço dedicado, os custos fixos associados ao veículo, como capital imobilizado, seguros e mão de obra (motorista), encontram-se já cobertos pelo contrato de base celebrado com o cliente. Assim, conforme salienta Simões (2021), o ganho marginal obtido através da otimização das viagens de retorno (*backhauling*), corresponde à receita incremental gerada por essas operações adicionais, menos os custos variáveis incrementais necessários à sua execução (combustível, manutenção, portagens, manuseamento, etc.). Este ganho traduz-se num lucro marginal positivo sempre que a receita adicional supera os custos variáveis adicionais, representando uma oportunidade de aumentar a rentabilidade sem acréscimo proporcional dos custos fixos.

A análise da rentabilidade de operações adicionais destinadas à otimização de viagens de retorno com carga (*backhaul*) exige uma avaliação focada nos resultados marginais. Estes resultados correspondem à diferença entre as receitas incrementais obtidas e os custos

variáveis adicionais associados à execução dessas operações. Para efeitos de apoio à decisão e à otimização operacional, apresentam-se de seguida as fórmulas de cálculo dos ganhos marginais:

Percentagem de Quilómetros Convertidos em *Backhaul*

$$\%BH = \frac{Q_{BH}}{Q_{Vazio}} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

Q_{BH} = quilómetros de backhaul realizados (km)

Q_{Vazio} = quilómetros que seriam vazios no cenário sem otimização (km)

Ganhos Marginais

$$G_{t=(r_{km}-v_{km})}^M \times Q_{BH(t)} + C_{hora} \times T_{BH(t)} \quad (6)$$

Onde:

G_{t}^M = ganho marginal total do mês t (€)

t = índice temporal (mês)

r_{km} = custo por quilómetro em regime de backhaul (€/km)

v_{km} = custo por quilómetro de referência (€/km)

$Q_{BH(t)}$ = quilómetros em backhaul no mês t (km)

C_{hora} = custo hora em operações de carga e descarga em backhaul (€/hora)

$T_{BH(t)}$ = tempo de carga e descarga em backhaul no mês t (horas)

1.5 – Transporte Rodoviário e Pegada de Carbono

O transporte rodoviário de mercadorias assume um papel central nas cadeias de abastecimento modernas, mas é também uma das principais fontes de emissões de gases com efeito de estufa (GEE), em particular de dióxido de carbono (CO₂). A sua relevância deriva da forte dependência de combustíveis fósseis e da intensidade energética associada à circulação de veículos pesados de mercadorias. Como refere Rodrigue (2020), o transporte rodoviário é simultaneamente indispensável para a eficiência logística e um dos maiores contribuintes para a degradação ambiental, sendo responsável por uma parte substancial das emissões globais do setor.

1.5.1 – Contributo do Transporte Rodoviário para as Emissões

Segundo a Agência Europeia do Ambiente, EEA (2023), o setor dos transportes representa aproximadamente 25% das emissões totais de Gases com Efeito de Estufa (GEE) da União Europeia, com o transporte rodoviário a contribuir com mais de 70% desse valor. A dependência de gasóleo nos veículos pesados explica em grande medida esta realidade, uma vez que o fator de emissão associado a este combustível ronda os 2,64 kg de CO₂ por litro consumido (IPCC, 2006). Esta realidade é consistente com os dados nacionais, na qual a Agência Portuguesa do Ambiente, APA (2022), identifica o transporte rodoviário como a principal fonte de emissões do setor energético, representando cerca de 27% das emissões totais do país.

O peso destas emissões adquire maior relevância quando considerado no contexto das políticas europeias de descarbonização. A Comissão Europeia, através do *European Green Deal*¹ e do pacote legislativo Fit for 55², definiu como objetivo reduzir em 55% as emissões de GEE até 2030 (face a 1990) e alcançar a neutralidade carbónica até 2050. No setor dos transportes, tal implica não apenas a transição tecnológica (com veículos elétricos ou movidos a hidrogénio), mas também a melhoria da eficiência operacional e a redução do desperdício associado às viagens em vazio.

1.5.2 – Impacto Ambiental do Transporte em Vazio

A literatura tem vindo a destacar que a problemática do transporte em vazio não é apenas económica, mas também ambiental. Qaiser et al. (2017), sublinham que cada quilómetro percorrido sem carga representa uma emissão de CO₂ que não gera valor económico, configurando uma ineficiência estrutural. A redução de quilómetros em vazio é, portanto, uma medida com duplo impacto, diminui custos para os transportadores e reduz a pegada de carbono das cadeias de abastecimento.

Neste enquadramento, a colaboração entre atores logísticos assume particular relevância. Gonzalez-Feliu & Morana (2010), demonstram no contexto de transporte rodoviário, que práticas colaborativas de transporte, como a partilha de rotas ou o *backhauling*, permitem ganhos significativos em termos de eficiência energética e reduções relevantes de emissões. Do mesmo modo, Chen et al. (2013), reforçam que a integração de mecanismos colaborativos na gestão do transporte tem efeitos positivos tanto ao nível económico como ambiental, destacando o papel da otimização na sustentabilidade do setor.

¹ Estratégia de crescimento da União Europeia (UE) para tornar a Europa o primeiro continente climaticamente neutro do mundo até 2050, sem aumentar o uso de recursos.

² Pacote legislativo da União Europeia (UE) que visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa em, pelo menos, 55% até 2030, em relação aos níveis de 1990, e atingir a neutralidade carbónica até 2050.

1.5.3 – Sustentabilidade na Cadeia de Abastecimento

A discussão sobre emissões de CO₂ no transporte rodoviário está, assim, intimamente ligada à gestão sustentável das cadeias de abastecimento. Como defende McKinnon (2010), a logística verde não se limita à adoção de tecnologias limpas, mas também à reorganização dos fluxos logísticos e ao planejamento eficiente das operações de transporte. Nesse sentido, o *backhauling* e outras formas de otimização de rotas representam instrumentos eficazes para alinhar os objetivos económicos das empresas com as metas ambientais definidas a nível europeu e nacional.

A pegada de carbono associada ao transporte rodoviário de mercadorias resulta de um conjunto de fatores estruturais, intensidade energética, dependência de combustíveis fósseis e elevado volume de quilómetros percorridos sem carga. Contudo, a literatura reconhece que uma parte significativa dessas emissões pode ser mitigada através de estratégias logísticas mais eficientes, entre as quais se destacam a redução de quilómetros em vazio e a implementação de práticas colaborativas no transporte. Este enquadramento é particularmente relevante para o presente estudo, uma vez que a otimização do transporte em vazio, para além de ganhos operacionais, poderá traduzir-se numa redução efetiva das emissões de CO₂ associadas às rotas analisadas.

1.5.4 – Enquadramento ESG no Transporte Rodoviário

Os princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*), conforme enquadrado pela European Commission (2019), assumem atualmente um papel estruturante no setor do transporte rodoviário. Esta centralidade resulta, em grande medida, do impacto expressivo das emissões de CO₂ associadas à atividade de transporte (Matuszak-Flejszman et al., 2024). A pressão conjunta de clientes, investidores e organismos reguladores, em particular no âmbito do Pacto Ecológico Europeu e da meta de neutralidade carbónica até 2050, intensifica a necessidade de práticas logísticas mais sustentáveis. Assim, o alinhamento operacional com critérios ESG deixou de ser voluntário para se afirmar como um fator decisivo de competitividade, diferenciação e acesso a contratos. O enquadramento ESG constitui, portanto, uma base conceptual essencial para compreender a evolução das estratégias logísticas e das políticas de eficiência no transporte rodoviário.

Capítulo 2 – Metodologia

Neste capítulo, é apresentada a metodologia adotada para a realização deste projeto, começando pela descrição das principais características do estudo de caso único (2.1), que constitui a base metodológica da investigação. Em seguida no ponto (2.2), apresentam-se o âmbito e as delimitações do estudo, descrevendo-se as características do serviço de transporte dedicado em análise, o contexto específico da relação entre transportador e retalhista, os limites geográficos e temporais da operação, bem como as condições em que a otimização do transporte é implementada. Posteriormente no ponto (2.3), é explicado a forma como os dados foram recolhidos e organizados, assim como os principais indicadores utilizados para avaliar o impacto da otimização do transporte em vazio (2.4). Por fim no ponto (2.5), é descrito o procedimento de análise comparativa entre os dois períodos em estudo (antes e depois da otimização), bem como a justificação da abordagem metodológica utilizada.

2.1 – Tipo de Estudo de Caso Único

A escolha do estudo de caso único como metodologia de investigação é fundamentada pela natureza exploratória e aprofundada do problema em análise. Segundo Yin (2018), este tipo de abordagem é apropriado quando se pretende examinar um fenómeno contemporâneo no seu contexto real, sobretudo em situações onde os limites entre fenómeno e contexto não estão claramente definidos. Esta estratégia permite uma compreensão detalhada e holística das dinâmicas, processos e interações envolvidas.

“O desenho de estudo de caso único é análogo a uma experiência única, e muitas das condições que justificam a realização de uma experiência também justificam a condução de um estudo de caso único” (Yin, 2018, pp. 50).

Adicionalmente, Eisenhardt (1989) salienta que o estudo de caso único é particularmente útil quando se procura gerar *insights* aprofundados, explorar relações complexas e desenvolver novas perspetivas teóricas a partir de dados empíricos. No presente trabalho, esta abordagem possibilita uma análise pormenorizada das práticas logísticas e do potencial de otimização do transporte em vazio, tendo como base dados reais recolhidos no âmbito de uma relação operacional específica entre transportador e retalhista.

2.2 – Âmbito e Delimitações ao Estudo

O presente estudo centra-se na análise de um único operador de transporte rodoviário de mercadorias (FSP), que atua em regime de serviço dedicado para um retalhista nacional em Portugal. Neste modelo, o transportador é remunerado diretamente pelo retalhista por toda a

operação logística de abastecimento diário às lojas, bem como pela viagem de retorno ao centro de distribuição, abrangendo igualmente os quilómetros em vazio percorridos nesse percurso. O problema central reside nas viagens de retorno frequentemente realizadas em vazio, as quais representam uma ineficiência económica e operacional significativa, resultante da subutilização dos recursos disponíveis. Esta ineficiência traduz-se num desperdício de capacidade que, quando aproveitada, pode converter-se em receita marginal adicional para o transportador, o retalhista e os fornecedores, beneficiando ainda, de forma potencial, os restantes intervenientes da cadeia logística, ao mesmo tempo que contribui para a redução das emissões de CO₂ e para a promoção de práticas ambientalmente mais sustentáveis.

O objetivo da investigação é avaliar e demonstrar os benefícios logísticos e económicos da otimização dessas viagens de retorno, tendo como base a inserção de operações adicionais de *backhauling*, que consistem em recolhas de mercadorias junto de fornecedores do retalhista situados no trajeto de regresso, destinadas ao centro de distribuição do retalhista.

Esta solução não compromete o serviço principal e tem como objetivo gerar receita adicional e aumentar a eficiência operacional, com particular incidência sobre o transportador, entidade central deste estudo. A operação analisada assenta em viagens diárias em regime de carga completa FTL, nas quais cada camião efetua, numa primeira fase, o transporte em *linehaul*, do centro de distribuição para uma loja, e, subseqüentemente, em *backhaul*, com a recolha junto de um único fornecedor com destino ao mesmo centro. As cargas movimentadas situam-se, em média, entre 20 e 24 toneladas ou correspondem a uma volumetria igual ou superior a 80% da capacidade total de carga do semirreboque, cumprindo os limites legais aplicáveis ao transporte rodoviário pesado em Portugal. Geograficamente, o estudo abrange cinco regiões operacionais de Portugal Continental: Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo (Alto e Baixo), e Algarve. Temporalmente, a análise cobre o período de janeiro de 2024 a junho de 2025, sendo que os dados são analisados com base num horizonte temporal mensal, para garantir maior granularidade e fiabilidade na comparação dos resultados. Diariamente em 2024, os cinco veículos incluídos na análise tinham rotas atribuídas aleatoriamente entre as várias regiões. A partir de janeiro de 2025, foi implementado um novo modelo de otimização operacional, onde cada camião passou a realizar uma rota fixa diária para uma loja da cada região, permitindo estabilizar a operação e facilitar a avaliação dos impactos da otimização do transporte em vazio. Importa referir que não são incluídos neste estudo outros tipos de retorno em *backhauling*, como operações com mais do que um fornecedor ou cargas parciais. Também não são analisados os efeitos indiretos sobre o desempenho do retalhista ou a satisfação do cliente final. O foco está na de redução de quilómetros em vazio, na melhoria da produtividade e potenciais ganhos marginais para as entidades envolvidas, associados às operações de *backhauling*. O presente estudo, por se tratar de um caso único, não permite

a generalização estatística dos resultados obtidos. No entanto, a profundidade da análise, o carácter aplicado da investigação e o acesso a dados operacionais reais possibilitam gerar conclusões teóricas relevantes, suscetíveis de serem replicadas em outros contextos logísticos que apresentem características semelhantes.

2.3 – Recolha de Dados

A recolha de dados operacionais para esta investigação foi realizada com base em informação disponibilizada pela FSP Transportes, no âmbito do serviço dedicado prestado a um retalhista nacional. Os dados considerados abrangem um horizonte temporal mensal correspondente ao ano de 2024, que representa o cenário anterior à otimização, e ao primeiro semestre de 2025, que corresponde ao cenário posterior com a implementação da otimização. As variáveis recolhidas incluem o número de viagens realizadas por cinco camiões, a quilometragem total, a quilometragem em vazio, o volume de faturação e emissões de CO₂. A estrutura de organização e exposição dos dados foi concebida de acordo com os princípios metodológicos de estudos de caso, conforme defendido por Yin (2018), possibilitando uma leitura clara, fundamentada e comparativa entre os dois cenários.

2.4 – Procedimento de Análise

Os dados recolhidos serão analisados com base num modelo comparativo entre dois períodos distintos de operação: o ano de 2024 (período anterior à otimização) e o primeiro semestre de 2025 (período com a implementação da otimização). Através da organização mensal dos dados, pretende-se avaliar o impacto da introdução de operações de *backhauling* na redução dos quilómetros em vazio e no desempenho económico do transportador e da operação.

As etapas do procedimento analítico envolvem a aplicação de fórmulas específicas destinadas ao cálculo de indicadores operacionais de referência, conforme descrito a seguir:

Percentagem de Quilómetros em vazio

$$\%Km \text{ em Vazio} = \left(\frac{km \text{ vazio}}{km \text{ totais}} \right) \times 100 \quad (7)$$

Objetivo: avaliar o nível de eficiência na utilização dos camiões

Rentabilidade por Quilómetro

$$Rentabilidade \text{ por km} = \frac{faturação \text{ total}}{km \text{ totais}} \quad (8)$$

Objetivo: medir o retorno económico obtido por cada km percorrido

Faturação Média por Volta

$$Faturação Média por Volta = \frac{faturação\ total}{n^{\circ}\ de\ voltas} \quad (9)$$

Objetivo: medir a produtividade média obtida por cada volta

Quilómetros Médios por Volta

$$Km\ Médio\ por\ Volta = \frac{km\ totais}{n^{\circ}\ de\ voltas} \quad (10)$$

Objetivo: medir a extensão média por volta

2.5 – Justificação da Metodologia

A escolha da metodologia de estudo de caso único justifica-se por se tratar de uma operação real e específica, com acesso direto a dados operacionais recolhidos de forma contínua ao longo de um ano e meio, bem como pela possibilidade de acompanhar a implementação prática de medidas de otimização. Esta abordagem metodológica permite analisar em profundidade a situação concreta, identificando os efeitos práticos da estratégia aplicada, nomeadamente ao nível da redução dos quilómetros em vazio e da melhoria da rentabilidade do serviço de transporte.

Adicionalmente, o estudo incide sobre uma operação que sofreu uma mudança planeada na sua estrutura, com a introdução de rotas fixas e a integração de operações de *backhauling*. Esta alteração operacional cria condições ideais para a realização de uma comparação objetiva e mensurável entre os resultados obtidos antes e depois da otimização.

A análise é realizada a partir da perspetiva do transportador, o que permite avaliar de forma objetiva os benefícios diretos da estratégia de otimização no contexto real da operação, com recurso a indicadores relevantes de eficiência do transporte.

Capítulo 3 – Estudo de Caso

Este capítulo tem como finalidade caracterizar a atividade da empresa FSP Transportes, descrevendo a operação logística em curso e identificando potenciais pontos de melhoria, culminando na proposta de uma situação de otimização. No ponto (3.1) é estabelecida a articulação teórica com o estudo de caso, enquanto o ponto (3.2) apresenta a história da empresa, os serviços logísticos prestados e a sua estrutura de custos no âmbito da atividade de transporte. No ponto (3.3) é analisada a situação inicial, com o objetivo de identificar o problema central em estudo, ao passo que o ponto (3.4) expõe um projeto de otimização das viagens de retorno como hipótese de solução para o problema identificado. Por fim, o ponto (3.5) apresenta a comparação dos resultados antes e depois da otimização.

3.1 – Articulação Teórica com o Estudo de Caso

Os conceitos do enquadramento teórico sustentam a solução proposta para a ineficiência no transporte, um modelo de colaboração entre as partes interessadas, assente em confiança, compromisso e comunicação robusta para garantir uma coordenação eficaz. Atendendo à posição das entidades na rede, adotou-se a colaboração vertical, visando partilha de benefícios. No contexto de serviço dedicado, a análise incide na relação transportador–retalhista e demonstra ganhos marginais, para ambas as partes, pela otimização do retorno em vazio. Os critérios do VRPB, serviram de referência para o desenho do modelo com voltas fixas. Não se aplicou a formulação matemática completa devido ao número reduzido, regular e constante de voltas, mas reconhece-se, contudo, a sua relevância em contextos mais complexos (mais viagens, rotas diversas, maior volume de dados).

Por fim, este capítulo apresenta e quantifica os valores em análise com cálculos simples e diretos, demonstrando os impactos reais da estratégia em curso no caso de estudo.

3.2 – FSP Transportes

Apresentação da Empresa

Designação: FSP Transportes, Unipessoal Lda.

Ano de Constituição: 2018

Objeto Social: Transportes Rodoviário de Mercadorias

Nº Identificação Fiscal: 514 547 839

Nº de CAE: 49410

Capital Social: 180.000€

Alvará nº: 668297

Localização: Rua do Zinco Lote 17 – Zona Industrial Vale do Alecrim – 2950-Palmela

Telefone: 212 164 125

Fax: 212 141 158

Correio Eletrónico: geral@fsp.pt

Website: www.fsp.pt

A FSP Transportes é uma empresa recente, especializada em Transporte Rodoviário de Mercadorias, cuja origem remonta à experiência acumulada durante 25 anos de atividade da antiga HM Transportes. Esta transição permitiu consolidar um valioso *know-how* operacional, sustentado por um investimento contínuo em equipamentos modernos e na qualificação dos seus recursos humanos, garantindo uma oferta de serviços personalizados, de elevada qualidade e ajustados às necessidades específicas de cada cliente.

A empresa desenvolve a sua atividade em todo o território nacional, com especial enfoque no transporte de produtos alimentares, abrangendo mercadorias em temperatura ambiente, refrigeradas e congeladas. Para apoiar as operações de entrega e recolha de mercadorias, especialmente nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, a FSP Transportes dispõe de duas bases operacionais estratégicas: a sede em Palmela e uma base em Laúndos, Póvoa de Varzim, que asseguram a consolidação de cargas e gestão de frotas. A sua frota moderna composta por 40 camiões frigoríficos, com idade média inferior a cinco anos, está equipada com tecnologia de ponta, assegurando elevados padrões de segurança, eficiência e rastreabilidade ao longo de toda a cadeia logística.

3.2.1 – Tipologia de Serviços Prestados

A FSP Transportes oferece três tipos de serviços diferenciados:

- Serviço de Carga Geral – Transporte nacional de produtos alimentares perecíveis e não perecíveis, assegurando temperatura controlada de acordo com os requisitos específicos das mercadorias.
- Serviço de Logística – Operações integradas de armazenagem, grupagem e distribuição, orientadas para a otimização dos fluxos logísticos e de cargas fracionadas.
- Serviço Dedicado – Transporte exclusivo de produtos alimentares do setor do retalho, com recolhas em centros de distribuição e entregas nos pontos de venda, assegurando requisitos de horários, condições de transporte e disponibilidade.

3.2.2 – Estrutura de Custos da FSP Transportes

A estrutura de custos da FSP Transportes traduz a forte dependência de capital e de meios operacionais que caracteriza o setor, composta de custos fixos e variáveis, refletindo a intensidade das atividades necessárias à execução do serviço de transporte rodoviário de mercadorias.

Os custos fixos referem-se a despesas relacionadas com infraestruturas, equipamentos, apólices de seguro e pessoal, sendo insensíveis à variação do nível de atividade. A sua natureza permanente obriga à sua cobertura financeira, mesmo na ausência de serviços prestados.

Custos Fixos

Incluem despesas que se mantêm relativamente constantes independentemente do volume de atividade, como:

- Amortizações e depreciações da frota e equipamentos;
- Seguros obrigatórios e complementares;
- Salários e encargos sociais das equipas operacionais e administrativas;
- Verificações regulamentares;
- Licenças, impostos e despesas de estrutura (aluguer de instalações, manutenção de sistemas de informação, etc.).

Os custos variáveis dizem respeito a gastos que acompanham diretamente a prestação de serviços, como o consumo de combustível, a manutenção técnica da frota, os materiais operacionais e custos laborais específicos associados à execução das operações. Estes encargos apenas se verificam quando há efetiva atividade, sendo nulos em situações de inatividade.

Custos Variáveis

Dependem diretamente do volume de serviços prestados e da quilometragem percorrida, destacando-se:

- Combustível (principal componente variável);
- Pneus;
- Manutenção corretiva e preventiva da frota;
- Portagens e taxas de circulação;
- Despesas com lavagens, acessórios e material de acondicionamento;
- Subcontratação pontual de serviços complementares de transporte ou logística.

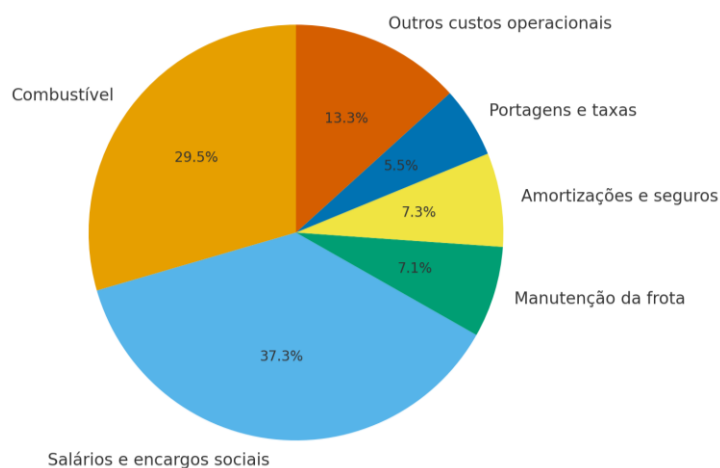
Com base na estrutura de custos e na tipologia de serviços prestados pela FSP Transportes, conclui-se que os serviços de transporte dedicado exercem um impacto significativo na

componente de custos fixos, uma vez que requerem a disponibilidade permanente de viaturas e motoristas, independentemente da taxa de ocupação. No entanto, a capacidade de consolidação de cargas no âmbito do serviço de carga geral representa uma oportunidade estratégica para a diluição dos custos fixos, contribuindo para uma maior produtividade económica da operação.

3.2.3 – Estrutura de Custos do Serviço de Transporte Dedicado

A compreensão da estrutura de custos é essencial para avaliar a rentabilidade e identificar oportunidades de otimização no serviço de transporte dedicado. Este tipo de operação envolve um conjunto diversificado de custos, fixos e variáveis, que influenciam diretamente o desempenho económico da atividade. A Figura 4, apresenta a distribuição percentual dos principais componentes de custo associados à operação da FSP no âmbito do serviço dedicado.

Figura 4 – Estrutura de Custos Operacionais – 2024



Fonte: FSP Transportes

3.2.4 – Recolha de Dados

A fase inicial da investigação consistiu na recolha de dados reais de transporte da empresa FSP Transportes, com o objetivo de identificar e caracterizar as suas operações, reunindo a informação necessária para a aplicação posterior da metodologia de otimização.

Para efeitos deste estudo, foram considerados exclusivamente os dados do serviço de transporte dedicado, distinguindo-se as operações com retorno em vazio (ano de 2024) das operações com retorno otimizado (primeiro semestre de 2025). A apresentação dos resultados nas Tabelas 3 e 4, respetivamente, permite acompanhar de forma sequencial a evolução da eficiência do transporte ao longo do período analisado, evidenciando em particular o impacto do transporte em vazio.

Tabela 3 – Indicadores Operacionais – 2024

2024	Nº Voltas	Km Totais	Km Vazio	Faturação
Janeiro	137	61825	30713	77 591 €
Fevereiro	133	64877	32374	76 539 €
Março	140	65680	32742	78 324 €
Abril	137	65046	32313	77 204 €
Maiο	143	69164	34444	81 347 €
Junho	140	66895	33248	78 405 €
Julho	155	72340	36026	85 908 €
Agosto	148	69783	34822	83 866 €
Setembro	135	62851	31316	75 652 €
Outubro	141	63328	31538	77 787 €
Novembro	138	61983	30868	76 901 €
Dezembro	134	56877	28283	72 702 €
TOTAL	1681	780649	388687	942 226 €

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

Tabela 4 – Indicadores Operacionais – 2025

2025	Nº Voltas	Km Totais	Km Vazio	Faturação
Janeiro	180	58678	13746	89 750 €
Fevereiro	168	54667	12896	83 381 €
Março	186	60555	15042	91 123 €
Abril	174	56556	12414	86 230 €
Maiο	186	60635	14337	91 336 €
Junho	180	58591	14443	88 521 €
TOTAL	1074	349682	82878	530 341 €

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

A escolha deste intervalo temporal justifica-se pelo facto de 2024 corresponder ao último período com registos completos de viagens de retorno em vazio, enquanto os dados de 2025 dizem respeito às mesmas viaturas, nas mesmas regiões, já operando sob os novos cenários com otimização. Esta correspondência entre os dois grupos de dados garante a comparabilidade e permite avaliar os efeitos diretos da estratégia implementada.

A recolha foi realizada de forma direta e sistemática, com o apoio da equipa de planeamento operacional da empresa, abrangendo dados operacionais mensais organizados por região e por viatura, nomeadamente:

- Número de voltas realizadas;
- Quilómetros totais percorridos;
- Quilómetros em vazio;
- Localização de cargas e descargas;

- Tempo médio de operação diária no cenário inicial, apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Duração Média por Volta – 2024

Mês	Média/Hora	Mês	Média/Hora
Janeiro	<i>09h36m</i>	Julho	<i>09h05m</i>
Fevereiro	<i>09h34m</i>	Agosto	<i>09h18m</i>
Março	<i>09h18m</i>	Setembro	<i>09h26m</i>
Abril	<i>09h15m</i>	Outubro	<i>09h07m</i>
Maiο	<i>09h27m</i>	Novembro	<i>09h14m</i>
Junho	<i>09h12m</i>	Dezembro	<i>09h05m</i>

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

Esta informação foi utilizada como métrica temporal por volta, permitindo avaliar a exequibilidade da otimização, considerando uma limitação máxima de 12 horas diárias³, correspondente à jornada de trabalho de um motorista.

Foram igualmente recolhidos dados financeiros, com o apoio da gerência, referentes aos serviços em análise, nomeadamente:

- Informação financeira associada à atividade de transporte;
- Custos variáveis (combustível, manutenção, portagens, etc.);
- Custos com mão de obra associada ao serviço;
- Tarifários internos e registos de faturação.

A recolha de dados foi realizada de forma contínua ao longo da operação regular da FSP Transportes, com recurso a registos internos e a sistemas de monitorização da frota (Optifleet e Cartrack), o que garante a autenticidade e a atualidade da informação obtida. Estes dados constituem a base da análise subsequente e da aplicação da metodologia de otimização das viagens de retorno.

3.3 – Análise da Situação Inicial

A presente análise parte da identificação de uma ineficiência operacional relevante no serviço de transporte rodoviário prestado pela FSP, concretamente, a elevada incidência de retornos

³ De acordo com o estabelecido no Regulamento (CE) n.º 561/2006, a soma do tempo de condução e das demais atividades de trabalho deve ser ≤ 10 horas diárias, num total máximo de 13 horas de implicação diária. Em circunstâncias excecionais, este limite pode ser alargado até 15 horas, em não mais do que três dias por semana, sem prejuízo do cumprimento do período máximo de trabalho ativo e dos respetivos tempos de repouso.

em vazio após a realização das entregas no âmbito da distribuição retalhista contratada por um cliente nacional.

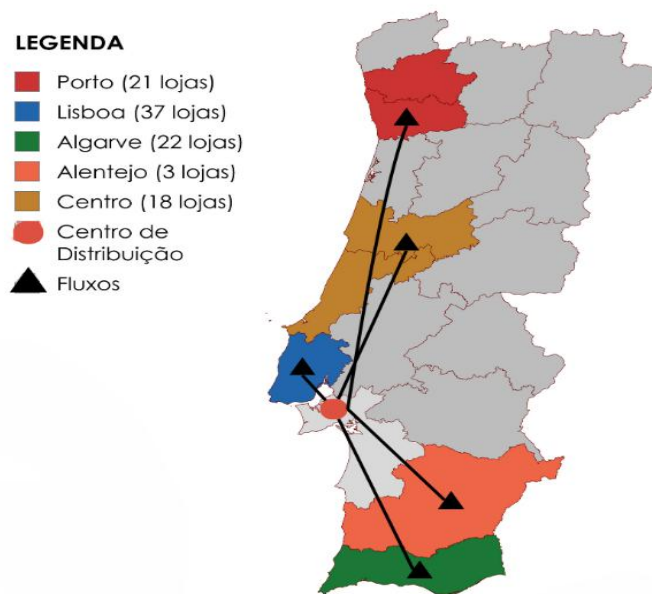
Durante o ano de 2024, os cinco veículos analisados operaram em regime de serviço dedicado, realizando rotas definidas exclusivamente pelo cliente, (Anexo I), com características operacionais predominantemente aleatórias e pouco otimizadas. Estas rotas abrangeram uma vasta cobertura geográfica, com entregas em lojas distribuídas pelas regiões do Norte, Centro, Alentejo, Algarve e Lisboa.

Conforme os registos operacionais disponíveis, após a conclusão das entregas, os veículos regressavam com frequência significativa ao centro de distribuição sem qualquer carga transportada, o que evidencia uma clara subutilização do recurso logístico. Este padrão traduz-se numa elevada percentagem de quilómetros percorridos em vazio, com impactos diretos ao nível económico, ambiental e operacional.

Esta situação configura, assim, um problema de ineficiência estrutural, em que a ausência de planeamento para o aproveitamento dos fluxos de retorno compromete o desempenho global da operação, tanto do ponto de vista da rentabilidade do transportador, como da sustentabilidade da cadeia de abastecimento.

A Figura 5 representa os fluxos de transporte entre o centro de distribuição e as regiões das lojas a abastecer:

Figura 5 – Mapa do Centro de Distribuição e Lojas



Fonte: Autor

3.3.1 – Transporte de Retorno em Vazio

O retorno em vazio é também designado na literatura pelo termo *deadheading*, referindo-se à deslocação de veículos sem carga útil entre dois pontos da rede logística, geralmente após a entrega da carga principal.

Um dos objetivos centrais da gestão de transportes é maximizar a utilização da capacidade dos veículos ao longo de toda a operação, reduzindo os custos unitários e rentabilizando o investimento na frota.

No retalho, a prevalência de *empty running* decorre da própria arquitetura da cadeia com múltiplos pontos de entrega, volumes fracionados e exigências de serviço elevadas. Estes fatores reduzem a coincidência espacial e temporal necessária para viabilizar recolhas no regresso (Rodríguez, 2020).

Além disso, o *deadheading* constitui uma ineficiência produtiva, pois o camião gera custos sem produzir nenhum resultado económico positivo (Button, 2022). Em 2024, registaram-se as voltas totais de distribuição de cinco camiões, permitindo quantificar os quilómetros, nomeadamente os quilómetros em vazio. Com base nesses registos, calcularam-se métricas e percentagens que refletem a realidade operacional da FSP no serviço de transporte dedicado.

A Tabela 6 apresenta os dados relativos aos quilómetros percorridos em vazio:

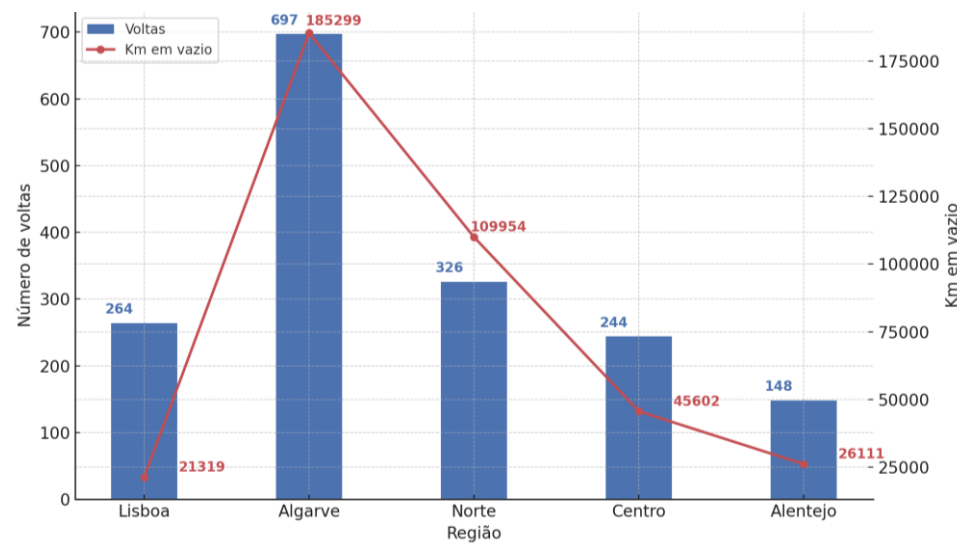
Tabela 6 – Análise Mensal do Transporte em Vazio – 2024

2024 Mês	Nº de voltas	Km totais	Km em vazio	% Km em vazio	Km em vazio por volta
Janeiro	137	61825	30713	49,68%	224
Fevereiro	133	64877	32374	49,90%	243
Março	140	65680	32742	49,85%	234
Abril	137	65046	32313	49,68%	236
Mai	143	69164	34444	49,80%	241
Junho	140	66895	33248	49,70%	237
Julho	155	72340	36026	49,80%	232
Agosto	148	69783	34822	49,90%	235
Setembro	135	62851	31316	49,83%	232
Outubro	141	63328	31538	49,80%	224
Novembro	138	61983	30868	49,80%	224
Dezembro	134	56877	28283	49,73%	211
TOTAIS	1681	780649	388687	49,79%/média	231/média

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

Em análise à Tabela 6 referente ao ano de 2024 indica que, o transporte rodoviário de distribuição registou um total de 1681 voltas, correspondendo a 780.649 quilómetros percorridos, dos quais 388.687 quilómetros foram realizados em vazio. Esta realidade traduz-se numa percentagem média de 49,8% de quilómetros em vazio, com uma média de 231 quilómetros em vazio por volta. A elevada estabilidade destes valores ao longo de todo o ano evidencia uma ineficiência estrutural persistente nas viagens de retorno, sem qualquer aproveitamento de carga, o que reforça a necessidade de estratégias de otimização. Como resultado global da operação em 2024, a Figura 6 apresenta a relação entre os quilómetros percorridos em vazio e o número de voltas realizadas por região.

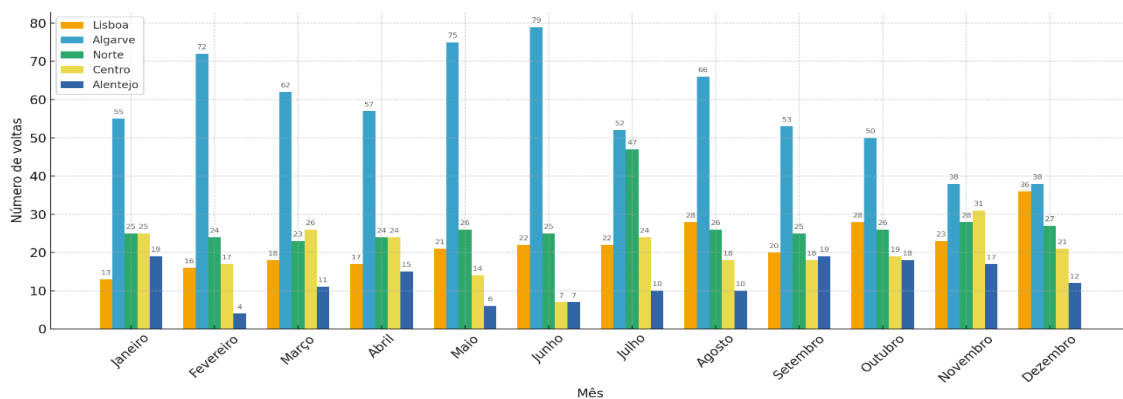
Figura 6 – Totais de Voltas Realizadas e Quilómetros em Vazio por Região – 2024



Fonte: Autor

As figuras seguintes (7 e 8) apresentam a distribuição mensal de voltas por região: valores absolutos e percentagens, respetivamente.

Figura 7 – Distribuição Mensal do Número de Voltas por Região – 2024

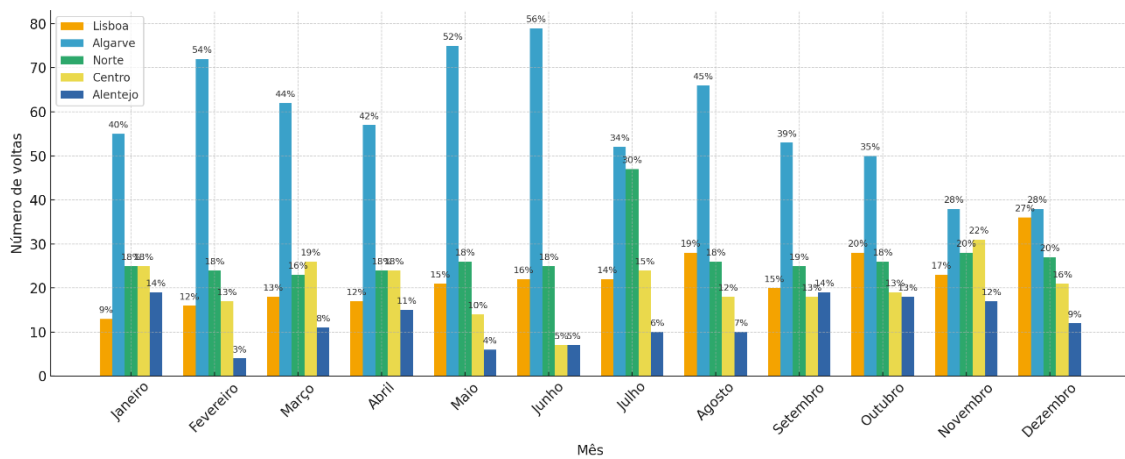


Fonte: Autor

O gráfico da Figura 7 representa o número de voltas mensais, em 2024, nas cinco regiões operacionais de Algarve, Lisboa, Norte, Centro e Alentejo.

O Algarve destaca-se durante grande parte do ano, sobretudo entre janeiro e agosto, com vários meses acima de 70 serviços e o pico em junho (79 voltas). A partir de setembro, observa-se uma quebra acentuada no Algarve e um aumento gradual em Lisboa, Centro e Norte. Em dezembro, verifica-se equilíbrio entre Algarve e Lisboa (ambas com 38 voltas). Embora a variação mensal sugira algum tipo de sazonalidade, esta não deve ser tomada como fator determinante. A alocação de serviços à FSP era reativa às necessidades do cliente, sem qualquer planeamento fixo.

Figura 8 – Percentagem Mensal de Voltas por Região – 2024



Fonte: Autor

O gráfico da Figura 8 ilustra a percentagem de voltas por região, possibilitando analisar a evolução da representatividade de cada região no conjunto das operações realizadas ao longo do ano. A região do Algarve destaca-se como a mais representativa, com percentagens mensais que oscilam entre os 35% e os 56%, sobretudo durante o primeiro semestre. Esta predominância está diretamente associada à quantidade de lojas da região (22 lojas) e à frequência de 1 a 2 voltas diárias, o que justifica a maior carga logística nesta região durante a maior parte do ano. A partir de setembro, verifica-se uma diminuição progressiva da percentagem de voltas no Algarve, enquanto Lisboa, Centro e Norte ganham maior peso relativo. A região de Lisboa, com o maior número de lojas (37 lojas), apresenta um crescimento acentuado no final do ano, atingindo 27% da representatividade em dezembro, valor praticamente igual ao do Algarve (28%). A região Norte, apesar de contar com 21 lojas, mantém uma representatividade percentual mais baixa ao longo do ano. Esta realidade está relacionada com a distância significativa ao centro de distribuição, o que condiciona a

operação a um máximo de uma volta por dia. No caso da região Centro, com 18 lojas, observa-se um comportamento estável, com valores entre os 14% e os 22%, subindo ligeiramente nos últimos meses do ano. Por outro lado, a região do Alentejo apresenta as percentagens mais baixas ao longo de todo o ano, geralmente inferiores a 13%. Este comportamento é justificado pelo número reduzido de lojas atribuídas (apenas 3), o que naturalmente implica uma menor necessidade de voltas e menor expressão no total da operação. Em síntese, os dados percentuais refletem uma realidade operacional fortemente condicionada pela distribuição geográfica das lojas e pela frequência de serviço atribuída a cada região.

3.3.2 – Avaliação Económica da Operação de Transporte

Em termos económicos, a Tabela 7 apresenta o valor médio por volta efetuada e a rentabilidade por quilómetro percorrido. Este último constitui o indicador-chave de comparação com o cenário de otimização, em que, valores mais elevados correspondem a maior rentabilidade, enquanto valores inferiores evidenciam uma redução do desempenho económico.

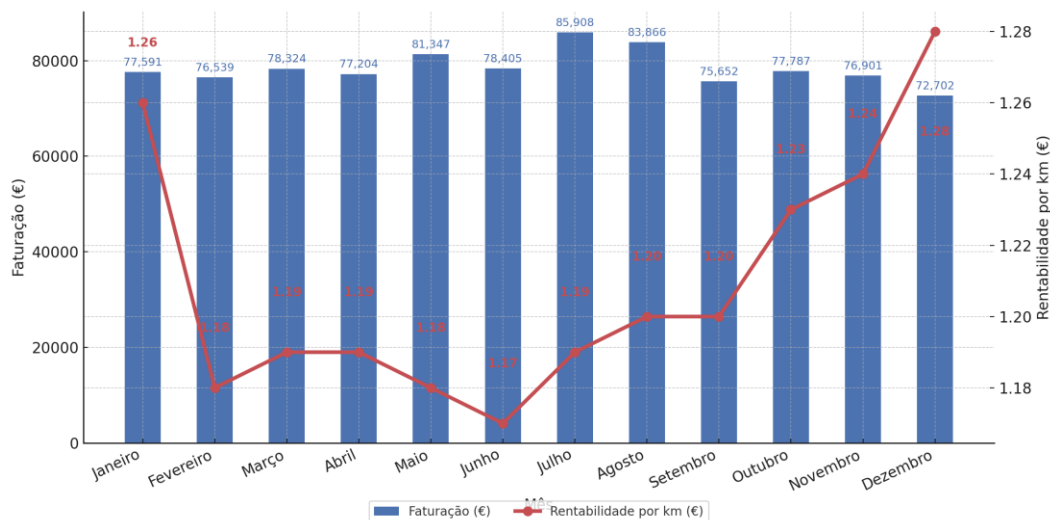
Tabela 7 – Indicadores Económicos da Operação de Transporte – 2024

2024	Voltas	Km Totais	Faturação	Rentabilidade Por km	Valor Médio Por volta
Janeiro	137	61825	77591€	1,26€	566€
Fevereiro	133	64877	76539€	1,18€	575€
Março	140	65680	78324€	1,19€	559€
Abril	137	65046	77204€	1,19€	564€
Maió	143	69164	81347€	1,18€	569€
Junho	140	66895	78405€	1,17€	560€
Julho	155	72340	85908€	1,19€	554€
Agosto	148	69783	83866€	1,20€	567€
Setembro	135	62851	75652€	1,20€	560€
Outubro	141	63328	77787€	1,23€	552€
Novembro	138	61983	76901€	1,24€	557€
Dezembro	134	56877	72702€	1,28€	543€
TOTAIS	1681	780649	942226€	1,21€/média	561€/média

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

Em termos globais, observa-se uma rentabilidade média de 1,21€/km, valor que constitui o principal indicador de referência para comparação com o cenário de otimização. Ao longo do ano, os meses de janeiro e dezembro destacam-se pelos valores mais elevados de rentabilidade por quilómetro (1,26€/km e 1,28€/km, respetivamente), refletindo maior eficiência económica. Em contrapartida, os meses de maio e junho registam os valores mais baixos (1,18€/km e 1,17€/km), sinalizando períodos de menor desempenho económico, como ilustrado na Figura 8. Quanto ao valor médio por volta, o indicador manteve-se relativamente estável ao longo do ano, com uma média anual de 561€ por volta. Este valor revela a capacidade da operação para gerar receita em função do número de viagens realizadas, sendo também influenciado pela variação nas distâncias percorridas. Este valor reflete o rendimento médio obtido por cada viagem, sendo influenciado não só pelo número de voltas realizadas, mas também pela distância percorrida em cada volta.

Figura 9 – Faturação e Rentabilidade por km – 2024



Fonte: Autor

A análise do gráfico da Figura 9, evidencia o impacto económico dos retornos em vazio. Em 2024, janeiro, outubro, novembro e dezembro registaram uma rentabilidade superior 1,20 €/km, por ter existido mais voltas em Lisboa e Centro (em detrimento do Algarve e Norte), ao mesmo tempo a maior proximidade do CD, fez com que, se percorreram-se menos km em vazio elevando a rentabilidade média por km face aos restantes meses.

3.3.3 – Reflexão Crítica Sobre o Modelo Inicial

O retalhista recorre a serviço dedicado para garantir capacidade diária CD-lojas e fiabilidade. Este modelo é eficaz no *forward*, mas pouco ajustado ao *backhaul*, gerando quilómetros em

vazio. No planeamento, cada camião completa o circuito e regressa ao CD dentro do limite legal de 10h00 por dia (condução + outras atividades), assegurando disponibilidade no dia seguinte. Em 2024, todos os meses se mantiveram abaixo do limite máximo diário regulamentar de 10h00 diárias, sendo a média diária de 9h10, evidenciando margem temporal para otimização (sem essa folga, o presente projeto não teria viabilidade). Note-se que a maioria das voltas (2024) integra múltiplas entregas, o que eleva o tempo total em função da distância percorrida e das operações de carga/descarga.

Perante a oportunidade de reduzir retornos em vazio, o autor, Gestor de Transportes na FSP, apresentou a proposta de otimização ao retalhista, que a acolheu favoravelmente.

Partilhou-se ainda a experiência do retalhista noutros países, onde, dada a dimensão das frotas em serviço dedicado, as transportadoras assumem planeamento *end-to-end*, incluindo recolhas a fornecedores, maximizando a utilização da frota.

Daí surgiu um modelo experimental assente em dois pilares: (i) rotas fixas por veículo em FTL para o *linehaul*; (ii) recolha em FTL para o *backhaul*, junto de um único fornecedor por viagem, localizado no percurso de regresso ou proximidades. O modelo estabelece colaboração em que a FSP gera receita adicional sem comprometer o tempo de trabalho nem o nível de serviço contratado.

3.4 – Projeto de Otimização das Viagens de Retorno

A análise do ponto 3.3 confirmou o retorno em vazio como principal ineficiência da distribuição retalhista, com impacto na rentabilidade e no desempenho ambiental. Impõe-se, por isso, um projeto estruturado para otimizar as viagens de regresso através do aproveitamento sistemático de *backhauling*.

Aplicado em contexto real, o projeto é avaliado com dados operacionais da FSP do 1.º semestre de 2025. Pretende transformar uma prática residual numa componente planeada e integrada, gerando ganhos de eficiência, redução de custos e menor pegada carbónica. Para tal, define cenários operacionais de referência, mecanismos de colaboração transportador–retalhista e critérios de decisão que suportam a implementação progressiva de retornos com carga, incluindo regras para reposicionamento ao fornecedor em vazio.

Mais do que resposta operacional, o projeto estabelece um referencial estratégico, no qual traça a evolução do nível de maturidade em *backhauling*, assente em indicadores mensuráveis e alinhado com sustentabilidade e criação de valor partilhado.

3.4.1 – Enquadramento do Projeto de Otimização

Este projeto enfrenta o problema estrutural do retorno em vazio em operações de serviço dedicado, propondo colaboração vertical (transportador–retalhista–fornecedores) como alavanca para ganhos operacionais, económicos e ambientais. Alinha-se com os objetivos propostos: (i) propor um modelo colaborativo com regras claras de implementação e partilha de benefícios; (ii) comparar cenários com e sem colaboração através de KPI's nas dimensões operacional (km em vazio), económica (rentabilidade por km otimizado) e ambiental (CO₂); (iii) analisar criticamente resultados e limitações; (iv) recomendar práticas e linhas de investigação futuras para cadeias retalhistas. Em síntese, estabelece um referencial prático e replicável para reduzir vazio e otimizar o desempenho em serviço dedicado.

Como elemento diferenciador, a investigação operacionaliza o Modelo de Maturidade de *Backhauling*, que guia a evolução desde a inexistência de aproveitamento do retorno até à integração sistemática de fluxos de fornecedores no regresso. O modelo atua como guia estratégico e instrumento de diagnóstico para classificar o nível atual, priorizar investimentos em processos e tecnologia (planeamento, integração de dados, EDI/API, visibilidade), definir governança e critérios (janelas horárias, SLA, partilha de ganhos), estabelecer KPI's de progresso (km em vazio, custos recuperados, emissões evitadas) e mitigar riscos (conflitos de janelas, capacidade, *compliance*). Oferece, assim, uma trajetória de implementação com marcos mensuráveis e escala controlada.

A consciencialização das partes sobre os quilómetros em vazio assentou em evidências claras e convergentes, através da análise de telemetria, ordens de transporte, observação em rota e feedback do Gestor de Transportes. Os dados foram inequívocos, cerca de metade dos quilómetros de retorno eram feitos em vazio, com impacto relevante em custos e emissões. A partilha destes resultados em sessões de trabalho dedicadas (operações da FSP, logística do retalhista e planeamento) elevou o tema a prioridade estratégica. Seguiu-se o patrocínio da direção, a criação de uma *task force* e a definição de KPI's comuns, o que gerou sentido de urgência e foco na oportunidade, o *backhauling* deixou de ser uma opção e passou a pilar da agenda de eficiência e ESG. Este alinhamento viabilizou o projeto e a adoção do Modelo de Maturidade como referência de evolução, com monitorização mensal e decisão suportada por dados.

3.4.2 – Metodologia de Otimização

A metodologia de otimização assenta em três dimensões, operacional, económica e ambiental, refletidas em KPI's que avaliam objetivamente os cenários. A dimensão operacional mede-se pela redução dos quilómetros em vazio, a económica, pelo incremento

da rentabilidade por quilómetro otimizado e a ambiental pela redução das emissões de CO₂, em linha com as políticas europeias de descarbonização.

A abordagem compara um cenário base (operação atual em serviço dedicado, com elevados retornos em vazio) com cenários alternativos de otimização que incorporam diferentes níveis de colaboração vertical entre transportador e retalhista. Cada cenário é avaliado pelos KPI's definidos, permitindo quantificar os impactos da otimização nas três dimensões.

3.4.3 – Modelo de Maturidade de *Backhauling*

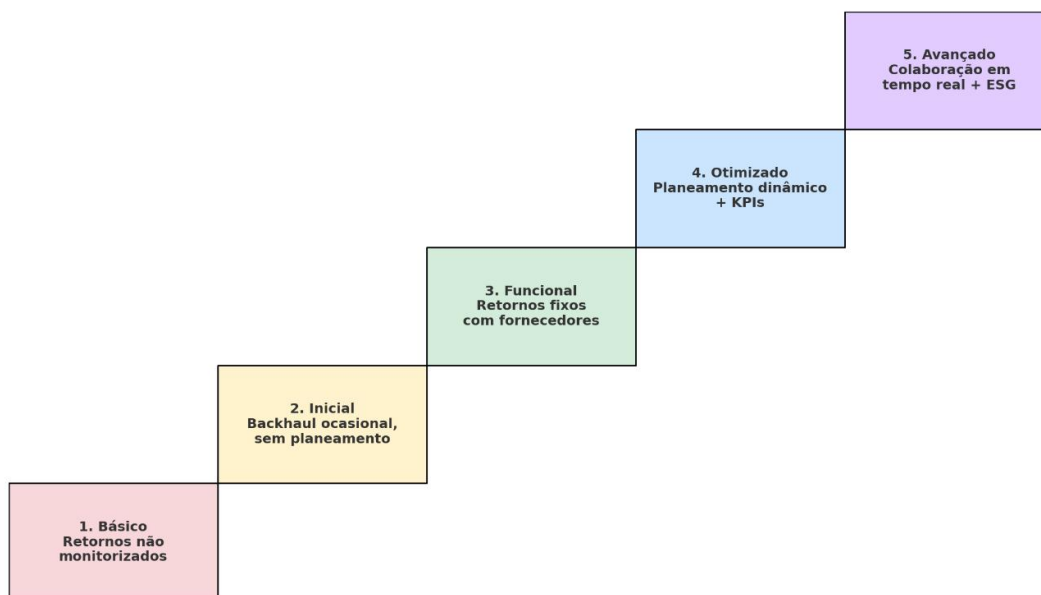
O Modelo de Maturidade de *Backhauling* é uma ferramenta conceptual-prática que orienta a evolução das empresas no posicionamento quanto a fluxos de retorno. Baseia-se num quadro de diagnóstico que classifica o grau de evolução, integrando critérios multidimensionais, como: cooperação com fornecedores, digitalização e sistemas de informação, monitorização de indicadores, alinhamento com objetivos de sustentabilidade e flexibilidade operacional. Estes critérios ligam a gestão diária do transporte a uma visão estratégica de melhoria contínua.

Estruturado em cinco níveis de maturidade, o modelo permite identificar de forma simples o estágio atual e os passos para evoluir, servindo de referencial para decisões de investimento, prioridades de inovação e iniciativas de colaboração. Assim, responde às necessidades de otimização operacional e suporta a construção de operações mais resilientes, competitivas e sustentáveis no longo prazo.

3.4.3.1 – Objetivos do Modelo

1. Avaliar a maturidade organizacional na capacidade de implementar práticas de *backhauling*, identificando pontos fortes e fragilidades.
2. Disponibilizar um referencial evolutivo, estruturado em níveis de desenvolvimento, que permita às empresas situarem-se e definirem trajetórias de melhoria.
3. Apoiar a decisão estratégica e operacional, orientando investimentos, práticas colaborativas e iniciativas de digitalização.
4. Contribuir para a eficiência económica e ambiental das operações, reduzindo quilómetros em vazio, melhorando a rentabilidade e assegurando o alinhamento com objetivos de sustentabilidade (ESG).

Figura 10 – Modelo de Maturidade em Backhauling – Escada Evolutiva



Fonte: Autor

3.4.3.2 – Níveis de Maturidade em *Backhauling*

Nível 1 — Básico: o transporte em vazio não é identificado nem quantificado, é tratado como custo inevitável.

Nível 2 — Inicial: existem cargas de retorno ocasionais, sem planeamento estruturado nem critérios de decisão claros.

Nível 3 — Funcional: há fluxos de retorno fixos com alguns fornecedores, assegurando alguma sistematização (situação observada na FSP em 2025).

Nível 4 — Otimizado: o retorno é integrado no planeamento de forma dinâmica, suportado por ferramentas digitais e monitorização contínua de indicadores de desempenho.

Nível 5 — Avançado: ecossistema colaborativo alargado, com partilha de informação em tempo real e forte compromisso ambiental, alinhado com metas de redução de CO₂ e políticas ESG.

3.4.3.3 – Dimensões do Modelo de Maturidade em *Backhauling*

A tabela seguinte constitui o quadro central do Modelo de Maturidade em *Backhauling*, permitindo avaliar dimensões críticas da gestão do retorno.

Tabela 8 – Matriz de Maturidade de Backhauling

Critério	Nível	1. Básico	2. Inicial	3. Funcional	4. Otimizado	5. Avançado
Integração com fornecedores / parceiros	Nenhuma integração	Contatos pontuais não sistemáticos	Acordos regulares com alguns fornecedores	Parcerias formais com planeamento conjunto	Rede colaborativa multilateral com contratos flexíveis e mecanismos de partilha de benefícios	
Digitalização e sistemas de informação	Inexistente	Registos manuais e informáticos	Sistemas internos simples de gestão de transporte	Plataformas integradas para planeamento e execução	Integração em tempo real com parceiros externos e plataformas colaborativas	
Monitorização de KPI's	Não monitoriza	Monitorização ocasional não sistemática	Indicadores básicos (km em vazio, custos diretos)	KPI's regulares e partilhados com parceiros	<i>Benchmarking</i> contínuo e <i>dashboards</i> ESG em tempo real	
Alinhamento ESG / sustentabilidade	Não considera	Discussões pontuais sem métricas	Medição básica de emissões de CO ₂	Estratégia formal de redução de CO ₂ alinhada a objetivos corporativos	Alinhamento total com ESG, certificações ambientais e relatórios públicos	
Flexibilidade operacional	Operação rígida e fixa	Ajustes ocasionais reativos	Planeamento semanal com pouca adaptação	Planeamento dinâmico diário com reconfiguração de rotas	Reconfiguração em tempo real suportada por IA e análises preditivas	

Fonte: Autor

Cada critério representa um aspeto essencial do grau de evolução no aproveitamento do transporte em vazio. Assim, a maturidade não se mede apenas pela existência de fluxos de *backhaul*, mas por uma perspetiva integrada assente em cinco dimensões fundamentais:

1. Integração com fornecedores/parceiros — mede o grau de cooperação entre transportador e restantes atores da cadeia de abastecimento (acordos, janelas horárias, partilha de ganhos, SLA).
2. Digitalização e sistemas de informação — avalia o uso de ferramentas de planeamento e execução (TMS, EDI/API, visibilidade em tempo real, integração de dados).
3. Monitorização de KPI's — traduz a capacidade de medir e acompanhar indicadores do retorno (km em vazio, custos recuperados, taxa de aproveitamento do retorno, emissões de CO₂ evitadas).

4. Alinhamento ESG / Sustentabilidade — reflete o compromisso com objetivos ambientais e sociais (metas de redução de emissões, conformidade regulatória e políticas internas).

5. Flexibilidade operacional — avalia a capacidade de reconfigurar rotas e planos face a variações da procura ou oportunidades de cargas no regresso (capacidade, janelas, recursos).

A leitura conjunta destes critérios permite classificar a operação nos diferentes níveis de maturidade, desde contextos sem monitorização do vazio (Nível 1 — Básico) até ecossistemas colaborativos com digitalização elevada e alinhamento ESG (Nível 5 — Avançado).

Aplicação ao Caso FSP – Em 2024, a operação da FSP enquadrava-se no Nível 1 — Básico: o transporte em vazio não era identificado nem quantificado de forma sistemática, sendo tratado como custo inevitável.

No 1.º semestre de 2025, com a implementação do projeto, a operação passou a enquadrar-se maioritariamente no Nível 3 — Funcional: existem fluxos regulares de retorno com fornecedores específicos, assegurando alguma sistematização, ainda sem planeamento digital dinâmico e sem monitorização contínua de indicadores.

Perspetivando o curto/médio prazo, com a otimização aqui proposta e integração tecnológica adicional, a FSP poderá evoluir para o Nível 4 — Otimizado, caracterizado pela utilização de sistemas de informação no planeamento do *backhaul* e pela definição e acompanhamento sistemático de KPI's.

3.4.4 – Construção e Avaliação dos Cenários de Otimização

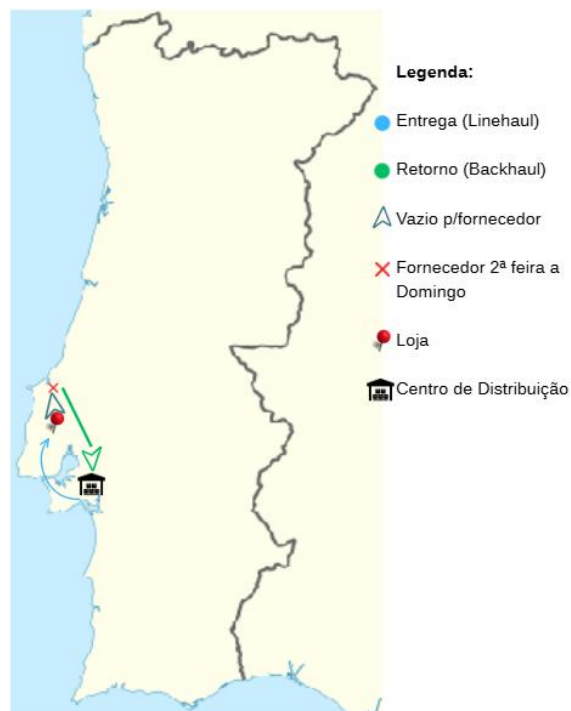
Desenvolveram-se cinco cenários de otimização para avaliar o potencial de melhoria associado ao aproveitamento do retorno, cada um correspondente a uma rota diária em regiões distintas. Em cada cenário definiu-se uma loja de destino fixa, representativa da operação nessa zona, e simulou-se no regresso ao CD o carregamento sistemático junto de fornecedores ao longo da mesma rota. A construção baseou-se em dados reais de 2024 e operacionaliza a colaboração vertical entre retalhista, transportador e fornecedores. Em todos os casos assumem-se fluxos estabelecidos e janelas horárias acordadas com os fornecedores selecionados, condição necessária à integração das cargas no retorno. Para cada cenário apresenta-se o mapeamento geográfico do *linehaul* (CD→loja) e do *backhaul* (fornecedor→CD), as distâncias percorridas em ambos os regimes, as distâncias de reposicionamento (loja→fornecedor) e a estrutura semanal do cenário. Para detalhe técnico e esquemas horários, ver o anexo de cada cenário. As definições, parâmetros e fórmulas comuns usadas nas cinco tabelas “Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização”

encontram-se no Apêndice A – Nota Metodológica, salvo indicação em contrário, todos os cenários seguem estes critérios.

3.4.4.1 – Cenário LISBOA

O cenário representado na Figura 11 em análise consiste numa viagem diária de *linehaul* do CD para a loja de Torres Vedras. No retorno, a rota é otimizada com carga no fornecedor de A-dos-Cunhados, localizado a cerca de 11 km da loja. Este percurso corresponde a reposicionamento em vazio até ao fornecedor, embora nas imediações do eixo principal de regresso. A taxa de aproveitamento do retorno é de 100%, dado existir disponibilidade diária de carga (7/7) do fornecedor com destino ao CD, (Anexo II).

Figura 11 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – LISBOA



Fonte: Autor

Tabela 9 – Distâncias Percorridas na Semana – LISBOA

Dia	CD (origem)	Loja (destino)	Fornecedor (local)	Km vazio → fornecedor	Km backhaul	Km retorno vazio
2.ª feira	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
3.ª feira	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
4.ª feira	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
5.ª feira	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
6.ª feira	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
Sábado	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
Domingo	Moita	Torres Vedras	A dos Cunhados	11	82	0
<i>Linehaul = 73 km/dia e 511 km/semana</i>				Totais	77	574

Fonte: Autor

Na Tabela 9, verifica-se regularidade total (7/7 dias) nas cargas de retorno. Para reposicionamento ao fornecedor, fora do eixo direto de regresso, realizam-se 11 km em vazio por dia (77 km/semana). Os 82 km de retorno são integralmente carregados, o que resulta numa eficiência do retorno de 88,2% ($82 \div (82+11)$) e deixa 11,8% associados apenas ao reposicionamento. Assim, este cenário elimina o retorno vazio nesta rota, substituindo-o por *backhaul* praticamente integral, à custa de um desvio de reposicionamento.

Tabela 10 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – LISBOA

Período de: 01/Jan a 30/Jun de 2025 (26 semanas)

Desempenho do Cenário	Voltas	Voltas otimizadas	Voltas otimizadas (%)	Linehaul (km)	Backhaul (km)	Vazio (km)	Vazio (%)	Redução de emissões de CO ₂ (ton)
		179	179	100.00%	13067	14453	3519	12.78%

Impacto no Transportador (FSP)	Quilómetros totais (km)	Vazio (km)	Backhaul (km)	Backhaul (%)	Faturação total (€)	Valor médio por volta (€)	Rentabilidade por km (€)	Ganhos marginais* (€)
		31039	3519	14453	80.42%	81,469.14 €	455.14 €	2.62 €

Impacto no Retalhista	Voltas otimizadas	Valor frete FTL Torres Vedras - Moita (€)	Receita voltas otimizadas (€)	Custos de backhauling* (€)	Resultados marginais (€)
		179	200.00 €	35,800.00 €	14,497.57 €

* Ganhos marginais (+) (transportador) = Custos de backhauling (-) (retalhista)

Fonte: Autor

Análise dos principais indicadores da Tabela 10:

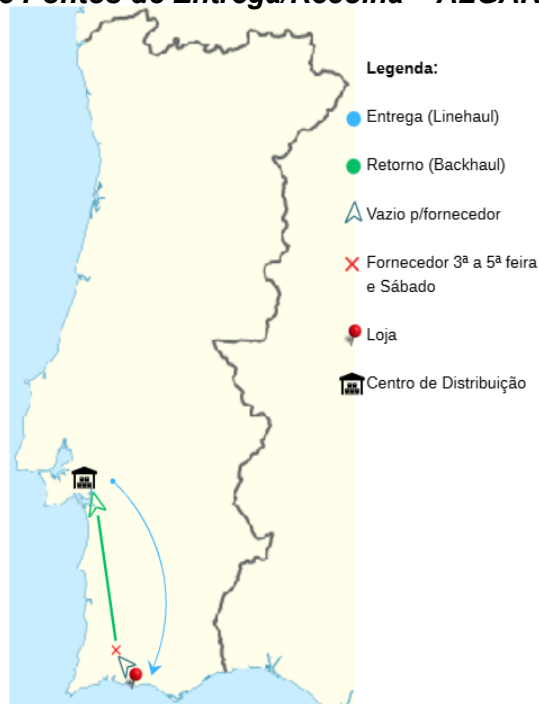
- Desempenho do Cenário – Verifica-se otimização plena (100%), com todas as viagens de retorno aproveitadas. Existem quilómetros em vazio residuais, apenas de reposicionamento até ao fornecedor. Para 14 453 km otimizados, estima-se uma redução de CO₂ superior a 11 ton.
- Impacto no Transportador (FSP) - O cenário evidencia 49,47% do percurso total em *backhauling*, gerando uma rentabilidade média de 2,47 €/km na operação. Embora a extensão média por volta seja relativamente baixa (155 km/volta), o aproveitamento quase total do retorno e o vazio reduzido suportam a rentabilidade observada. Os ganhos marginais da operação totalizaram 14 497,57 € no período analisado, o que corresponde a valores > 2 400 €/mês.
- Impacto no Retalhista – Observam-se 179/179 voltas otimizadas. Considerando um preço de referência FTL de 200 € por volta (Torres Vedras–Moita), a execução do *backhauling* gerou 35 800,00 € de receita bruta. Deduzidos os 14 497,57 € de custos

totais de otimização, resultou um benefício líquido de 21 302,43 €. O *backhaul* proporciona ganhos marginais consistentes para o retalhista, com custo de implementação controlado e alinhado com o valor de referência do frete.

3.4.4.2 – Cenário ALGARVE

O cenário da Figura 12 em análise consiste numa viagem diária de *linehaul* do CD para a loja de Albufeira. No retorno, a rota é otimizada com carga no fornecedor de Algoz, situado a cerca de 14 km da loja, sem desvio face ao eixo principal de regresso. A taxa de aproveitamento do retorno é de 57%, correspondendo a 4 em 7 dias com disponibilidade de carga para o CD, (Anexo III).

Figura 12 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – ALGARVE



Fonte: Autor

Tabela 11 – Distâncias Percorridas na Semana – ALGARVE

Dia	CD (origem)	Loja (destino)	Fornecedor (local)	Km vazio → fornecedor	Km backhaul	Km retorno vazio
2.ª feira	Moita	Albufeira	—	0	0	238
3.ª feira	Moita	Albufeira	Algoz	14	229	0
4.ª feira	Moita	Albufeira	Algoz	14	229	0
5.ª feira	Moita	Albufeira	Algoz	14	229	0
6.ª feira	Moita	Albufeira	—	0	0	238
Sábado	Moita	Albufeira	Algoz	14	229	0
Domingo	Moita	Albufeira	—	0	0	238
<i>Linehaul = 238 km/dia e 1666 km/semana</i>			Totais	56	916	714

Fonte: Autor

Na Tabela 11, existem 4/7 dias com *backhaul* (3.ª, 4.ª, 5.ª e sábado, sempre em Algoz), totalizando 916 km de retorno carregado e apenas 56 km de reposicionamento em vazio até ao fornecedor. Nos restantes dias (2.ª, 6.ª e domingo) verifica-se retorno vazio de 238 km/dia (714km/semana).

Eficiência do retorno é de 94,2% (229/(229+14)), ficando 14 km (5,8%) associados ao reposicionamento. O fornecedor situa-se no eixo de regresso e a curta distância da loja, o que reduz os custos de otimização.

Tabela 12 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – ALGARVE

Período de: 01/Jan a 30/Jun de 2025 (26 semanas)

Desempenho do Cenário	Voltas	Voltas otimizadas	Voltas otimizadas (%)	Linehaul (km)	Backhaul (km)	Vazio (km)	Vazio (%)	Redução de emissões de CO ₂ (ton)
		179	102	56,98%	42602	23358	19574	29,94%

Impacto no Transportador (FSP)	Quilómetros totais (km)	Vazio (km)	Backhaul (km)	Backhaul (%)	Faturação total (€)	Valor médio por volta (€)	Rentabilidade por km (€)	Ganhos marginais* (€)
		85714	19754	23358	54,18%	117,006.80 €	653.67 €	1.37 €

Impacto no Retalhista	Voltas otimizadas	Valor frete FTL Algoz - Moita (€)	Receita voltas otimizadas (€)	Custos de backhauling* (€)	Resultados marginais (€)
		102	420.00 €	42,840.00 €	19,088.69 €

* Ganhos marginais (+)
(transportador) = Custos de backhauling (-) (retalhista)

Fonte: Autor

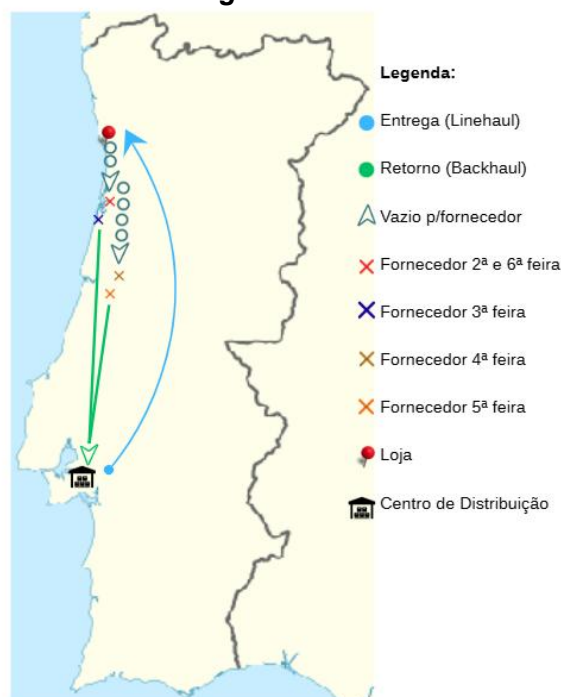
Análise dos principais indicadores da Tabela 12:

- Desempenho do Cenário – Realizaram-se 179 voltas, das quais 102 foram otimizadas (56,98%). Apesar de persistirem 19 754 km em vazio, observa-se uma redução de emissões de CO₂ de 18,33 t, associada aos 23 358 km em *backhaul*, evidenciando ganhos ambientais significativos.
- Impacto no Transportador (FSP) – O cenário apresenta 54,18% do percurso de retorno em *backhauling*. A rentabilidade média situou-se em 1,21 €/km, confirmando que o aproveitamento parcial do retorno tem impacto económico relevante na atividade da FSP. Os ganhos marginais totalizaram 19 088,69 €, equivalentes em média a 3 100 €/mês no período analisado.
- Impacto no Retalhista – Das 102 voltas otimizadas, assumindo preço de referência FTL de 420 € por volta (Algoz–Moita), resultaria num rendimento bruto de 42 840 €. Deduzidos os 19 088,69 € de custos de *backhauling*, obtém-se benefício líquido de 23 751,31 €. Para além da poupança económica, o retalhista beneficia de maior eficiência logística e redução de emissões na sua cadeia de abastecimento.

3.4.4.3 – Cenário NORTE

O cenário da Figura 13 em análise consiste numa viagem diária de *linehaul* do CD para a loja de Vila Nova de Gaia. No retorno, a rota é otimizada com cargas em quatro fornecedores, dois na zona de Aveiro e dois na zona de Coimbra, localizados ao longo do eixo principal de regresso, a distâncias entre 49 km e 124 km da loja, sem desvio relevante. A taxa de aproveitamento do retorno é de 71%, correspondendo a 5 em 7 dias com disponibilidade de carga para o CD, (Anexo IV).

Figura 13 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – NORTE



Fonte: Autor

Tabela 13 – Distâncias Percorridas na Semana – NORTE

Dia	CD (origem)	Loja (destino)	Fornecedor (local)	Km vazio → fornecedor	Km backhaul	Km retorno vazio
2.ª feira	Moita	Vila Nova de Gaia	Gafanha da Nazaré	73	284	0
3.ª feira	Moita	Vila Nova de Gaia	Murtosa	49	298	0
4.ª feira	Moita	Vila Nova de Gaia	Condeixa	124	216	0
5.ª feira	Moita	Vila Nova de Gaia	Eiras	110	229	0
6.ª feira	Moita	Vila Nova de Gaia	Gafanha da Nazaré	73	284	0
Sábado	Moita	Vila Nova de Gaia	—	0	0	330
Domingo	Moita	Vila Nova de Gaia	—	0	0	330
<i>Linehaul = 330 km/dia e 2310 km/semana</i>			Totais	429	1311	660

Fonte: Autor

Na Tabela 13, tem-se a semana composta por 7 voltas, com *backhaul* em 5/7 dias e uma eficiência média do retorno de 75,34%. Registaram-se 429 km de reposicionamento em vazio até aos fornecedores, sem aproveitamento, embora sem desvio significativo face ao eixo principal de regresso. No período, 66,5% dos quilómetros de retorno foram carregados, o retorno em vazio concentrou-se no fim de semana, com 330 km no sábado e 330 km no domingo, totalizando 660 km de vazio “puro”.

Tabela 14 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – NORTE

Período de: 01/Jan a 30/Jun de 2025 (26 semanas)

Desempenho do Cenário	Voltas	Voltas otimizadas	Voltas otimizadas (%)	Linehaul (km)	Backhaul (km)	Vazio (km)	Vazio (%)	Redução de emissões de CO ₂ (ton)
		179	128	71.51%	59070	33372	27801	30.07%

Impacto no Transportador (FSP)	Quilómetros totais (km)	Vazio (km)	Backhaul (km)	Backhaul (%)	Faturação total (€)	Valor médio por volta (€)	Rentabilidade por km (€)	Ganhos marginais* (€)
		120243	27801	33372	54.55%	144,322.93 €	806.27 €	1.20 €

Impacto no Retalhista	Voltas otimizadas (AVEIRO)	Valor frete FTL Aveiro - Moita (€)	Voltas otimizadas (COIMBRA)	Valor frete FTL Coimbra - Moita (€)	Receita voltas otimizadas (€)	Custos de backhauling* (€)	Resultados marginais (€)
		77	490.00 €	51	400.00 €	58,130.00 €	26,861.39 €

* Ganhos marginais (+) (transportador)
= Custos de backhauling (-) (retalhista)

Fonte: Autor

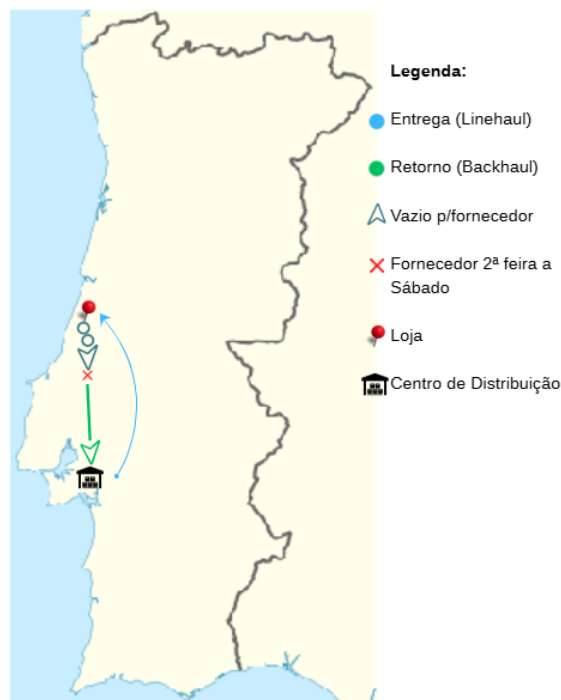
Análise dos principais indicadores da Tabela 14:

- Desempenho do Cenário – Realizaram-se 179 voltas, das quais 128 foram otimizadas (71,51%). O percurso totalizou 120 243 km, sendo 59 070 km em *linehaul* e 33 372 km em *backhaul*. Apesar de ainda existirem 27 801 km em vazio, obteve-se uma redução de emissões de CO₂ de 26,19 ton associada aos 33 372 km realizados em *backhaul*, reforçando o impacto ambiental positivo do cenário.
- Impacto no Transportador (FSP) – Cerca de 54,55% dos quilómetros de retorno foram realizados em *backhaul*, totalizando 33 372 km com carga. A rentabilidade média foi de 1,04 €/km, condicionada por 30% de quilómetros em vazio, especialmente penalizadores em viagens de longa distância. Os ganhos marginais atingiram 26 861,39 €, equivalentes a valores > 4 400 €/mês no período analisado.
- Impacto no Retalhista – Foram otimizadas 77 voltas com origem em Aveiro e 51 com origem em Coimbra, considerando fretes de referência no valor de 490 € e 400 €, respetivamente. A receita bruta das voltas otimizadas atingiu 58 130 €, face a 26 861,39 € de custos de *backhauling*, resultando em benefício líquido de 31 268,61 €. Para além da poupança direta, o cenário contribui para maior eficiência logística e redução de emissões na cadeia de abastecimento.

3.4.4.4 – Cenário CENTRO

O cenário da Figura 14 em análise consiste numa viagem diária de *linehaul* do CD para a loja de Leiria. No retorno, a rota é otimizada com carga no fornecedor de Rio Maior, situado a cerca de 61 km da loja, ao longo do eixo principal de regresso, sem desvio relevante. A taxa de aproveitamento do retorno é de 86%, correspondendo a 6 em 7 dias com disponibilidade de carga para o CD, (Anexo V).

Figura 14 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – CENTRO



Fonte: Autor

Tabela 15 – Distâncias Percorridas na Semana – CENTRO

Dia	CD (origem)	Loja (destino)	Fornecedor (local)	Km vazio → fornecedor	Km backhaul	Km retorno vazio	
2.ª feira	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
3.ª feira	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
4.ª feira	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
5.ª feira	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
6.ª feira	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
Sábado	Moita	Leiria	Rio Maior	61	98	0	
Domingo	Moita	Leiria	—	0	0	153	
<i>Linehaul = 153 km/dia e 1071 km/semana</i>				Totais	366	588	153

Fonte: Autor

Na Tabela 15, verifica-se que na semana realizaram-se 7 voltas, com *backhaul* em 6/7 dias via fornecedor em Rio Maior, o que corresponde a eficiência de retorno de 85,7%. No total, registaram-se 366 km de reposicionamento (sem desvio relevante ao eixo de regresso), 588 km em *backhaul* e 153 km de retorno vazio. Considerando apenas o percurso de regresso, 79,4% dos quilómetros foram carregados, o único vazio no retorno ocorreu ao domingo (153

km). Observa-se um padrão estável nos dias úteis e sábado (61 km de reposicionamento e 98 km de *backhaul* por dia), traduzindo-se numa elevada taxa de aproveitamento semanal.

Tabela 16 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – CENTRO

Período de: 01/Jan a 30/Jun de 2025 (26 semanas)

Desempenho do Cenário	Voltas	Voltas otimizadas	Voltas otimizadas (%)	Linehaul (km)	Backhaul (km)	Vazio (km)	Vazio (%)	Redução de emissões de CO ₂ (ton)
		179	154	86,03%	27387	15092	13219	31,11%

Impacto no Transportador (FSP)	Quilómetros totais (km)	Vazio (km)	Backhaul (km)	Backhaul (%)	Faturação total (€)	Valor médio por volta (€)	Rentabilidade por km (€)	Ganhos marginais* (€)
		55698	13219	15092	53,30%	95,304.66 €	532.43 €	1.71 €

Impacto no Retalhista	Voltas otimizadas	Valor frete FTL Rio Maior - Moita (€)	Receita voltas otimizadas (€)	Custos de backhauling* (€)	Resultados marginais (€)
		154	260.00 €	40,040.00 €	14,375.59 €

* Ganhos marginais (+) (transportador) = Custos de backhauling (-) (retalhista)

Fonte: Autor

Análise dos principais indicadores da Tabela 16:

- Desempenho do Cenário – Realizaram-se 179 voltas, das quais 154 foram otimizadas (86,03%). O cenário registou 27 387 km em *linehaul*, 15 092 km em *backhaul* e 13 219 km em vazio, cerca de 31,11% do percurso total sem carga. Em termos ambientais, a otimização permitiu evitar 11,85 t de CO₂.
- Impacto no Transportador (FSP) – A operação totalizou 55 698 km. Considerando apenas o retorno, 53,30% dos quilómetros foram realizados em *backhaul*. A rentabilidade média foi de 1,56 €/km, traduzindo-se em ganhos marginais de 14 375,59 €, o que corresponde aproximadamente a 2 300 €/mês no período analisado. Neste cenário, o elevado nível de otimização e as rotas relativamente curtas contribuem para a maior rentabilidade por km.
- Impacto no Retalhista – As 154 voltas otimizadas, com frete FTL (Rio Maior–Moita) de 260 € por volta, perfizeram 40 040 € de receita. Deduzidos os custos de *backhauling* (14 375,59 €), obteve-se resultado marginal de 25 664,41 €.

3.4.4.5 – Cenário ALENTEJO

O cenário da Figura 15 em análise consiste numa viagem diária de *linehaul* do CD para a loja de Beja. No retorno, a rota é otimizada com cargas em dois fornecedores, ambos situados a cerca de 26 km da loja, ao longo do eixo principal de regresso, sem desvio relevante. A taxa de aproveitamento do retorno é de 43%, correspondendo a 3 em 7 dias com disponibilidade de carga para o CD, (Anexo VI).

Figura 15 – Representação dos Percursos e Pontos de Entrega/Recolha – ALENTEJO



Fonte: Autor

Tabela 17 – Distâncias Percorridas na Semana – ALENTEJO

Dia	CD (origem)	Loja (destino)	Fornecedor (local)	Km vazio → fornecedor	Km backhaul	Km retorno vazio
2.ª feira	Moita	Beja	—	0	0	163
3.ª feira	Moita	Beja	Ferreira do Alentejo	26	137	0
4.ª feira	Moita	Beja	Vidigueira	26	146	0
5.ª feira	Moita	Beja	—	0	0	163
6.ª feira	Moita	Beja	Vidigueira	26	146	0
Sábado	Moita	Beja	—	0	0	163
Domingo	Moita	Beja	—	0	0	163
Linehaul = 163 km/dia e 1141 km/semana				Totais	78	429
					652	

Fonte: Autor

A Tabela 17 indica a realização 7 voltas na semana, com *backhaul* em 3/7 dias, correspondente a 42,9% de eficiência de retorno por dias. No total, somaram-se 78 km de reposicionamento com os fornecedores localizados nas duas possíveis com distâncias idênticas, 429 km de *backhaul* e 652 km de retorno vazio. Considerando o regresso, o aproveitamento foi de 39,7%, sendo o vazio concentrado em 4 dias sem carga, na 2.ª, 5.ª, sábado e domingo, cada um com 163 km de retorno vazio (total 652 km). Nos dias com *backhaul*, o perfil é estável (26 km de reposicionamento e 137–146 km carregados).

Tabela 18 – Resultados da Aplicação do Cenário de Otimização – ALENTEJO

Período de: 01/Jan a 30/Jun de 2025 (26 semanas)

Desempenho do Cenário	Voltas	Voltas otimizadas	Voltas otimizadas (%)	Linehaul (km)	Backhaul (km)	Vazio (km)	Vazio (%)	Redução de emissões de CO ₂ (ton)
		179	76	42.46%	29177	10871	18765	46.86%

Impacto no Transportador (FSP)	Quilómetros totais (km)	Vazio (km)	Backhaul (km)	Backhaul (%)	Faturação total (€)	Valor médio por volta (€)	Rentabilidade por km (€)	Ganhos marginais* (€)
		58813	18765	10871	36.68%	92,237.48 €	515.29 €	1.57 €

Impacto no Retalhista	Voltas otimizadas (VIDIGUEIRA)	Valor frete FTL Vidigueira - Moita (€)	Voltas otimizadas (FERREIRA DO ALENTEJO)	Valor frete FTL Ferreira do Alentejo - Moita (€)	Receita voltas otimizadas (€)	Custos de backhauling* (€)	Resultados marginais (€)
		53	340.00 €	23	310.00 €	25,150.00 €	9,545.32 €

* Ganhos marginais (+) (transportador)
= Custos de backhauling (-) (retalhista)

Fonte: Autor

Análise dos principais indicadores da Tabela 18:

- Desempenho do Cenário – Realizaram-se 179 voltas, das quais 76 foram otimizadas correspondente a 42,46% eficiência de retorno na semana. O percurso totalizou 58 813 km, dos quais 29 177 km em *linehaul*, 10 871 km em *backhaul* e 18 765 km em vazio. Em termos ambientais, a otimização permitiu evitar 8,53 t de CO₂.
- Impacto no Transportador (FSP) – O *backhaul* correspondeu a 36,68% dos quilómetros de retorno (10 871 km de 29 636 km) na semana. A rentabilidade média é de 1,46 €/km, refletindo o subaproveitamento das viagens de regresso. Ainda assim, os ganhos marginais totalizaram 9 545,32 €, equivalentes ao valor aproximado de 1 600 €/mês no período analisado.
- Impacto no Retalhista – As otimizações incidiram em 53 voltas com origem em Vidigueira (frete 340 €) e 23 com origem em Ferreira do Alentejo (frete 310 €), gerando receita bruta de 25 150 €. Deduzidos os custos de *backhauling* (9 545,32 €), obteve-se resultado marginal de 15 604,68 €, traduzindo benefício económico ainda assim relevante, com ganhos de eficiência logística e redução de emissões associados.

A construção dos cinco cenários testou o *backhauling* em condições controladas, assegurando a exequibilidade do piloto. Adotaram-se critérios restritivos, rotas fixas, viaturas FTL, distinção entre *linehaul* e *backhaul*, e uma única recolha por viagem, para criar um quadro simples e consistente que suportasse a avaliação do modelo e a estabilização de procedimentos. O exercício gerou aprendizagem organizacional, clarificando dependências

(dados, planeamento conjunto, janelas horárias), reforçando a governação e os KPI's, e mostrando que otimizar o retorno é menos um problema de cálculo e mais um processo colaborativo e evolutivo. Com critérios definidos e alinhamento entre transportador, retalhista e fornecedor, o *backhauling* afirma-se como solução realista para ganhos operacionais e reduções ambientais.

3.5 – Evolução dos Indicadores – 1.º semestre de 2024 vs 1.º semestre de 2025

A fase final do projeto consolidou os resultados dos cinco cenários de otimização, comparando-os com a situação inicial. Para garantir coerência temporal, a análise incide exclusivamente sobre o 1.º semestre de 2024 (situação inicial) face ao 1.º semestre de 2025 (cenários otimizados).

A comparação permite avaliar a evolução dos principais indicadores operacionais, económicos e ambientais, bem como a consistência dos efeitos associados à implementação sistematizada do *backhauling*.

A comparação entre semestres expressa na Tabela 19, confirma a viragem operacional da FSP. O aumento do número de voltas e a integração de 639 viagens otimizadas demonstram maturidade crescente, em que, quase seis em cada dez retornos geram valor. A expressiva redução dos quilómetros em vazio e o volume robusto de *backhaul* evidenciam planeamento rigoroso, disciplina de execução e coordenação eficaz entre *linehaul* e retorno, sinais de que o modelo deixou de ser piloto para se tornar prática consolidada.

Economicamente, observa-se um duplo indicador de qualidade, o crescimento da faturação e aumento da rentabilidade por quilómetro, traduzindo verdadeira eficiência. A ligeira descida do valor médio por volta reflete maior densidade e melhor utilização da capacidade, reforçando a economia de escala. Somados os ganhos marginais, confirma-se que otimizar não é apenas eliminar desperdício, mas gerar uma margem adicional.

No plano ambiental, as emissões de CO₂ evitadas atingem níveis muito expressivos, alinhando a operação com objetivos ESG sem comprometer o desempenho económico. Em síntese, a transformação assenta em menos vazio, mais produtividade, melhor margem e menor pegada de uma logística inteligente, colaborativa e sustentável.

A análise consolidada dos cinco cenários revela ainda impacto positivo para o retalhista, com ganho marginal acumulado de 117 591,34 €, refletindo a criação de valor mútuo através da colaboração e do planeamento conjunto.

A tabela seguinte sintetiza os resultados, evidenciando variações nos quilómetros (*linehaul*, *backhaul*, vazio e reposicionamento), nos ganhos marginais e nas emissões de CO₂.

Tabela 19 – Evolução dos Indicadores Operacionais, Económicos e Ambientais entre o 1º Semestre de 2024 e o 1º Semestre de 2025

INDICADOR	UNIDADE	1º SEMESTRE 2024 (Situação inicial)	1º SEMESTRE 2025 (Cenário otimização)	VARIAÇÃO
Indicadores Operacionais				
Nº voltas realizadas	un	830	1 074	+244
Nº voltas otimizadas	un	—	639	+639
Eficiência voltas otimizadas	%	—	59,49	+59,49
Km totais	km	393 487	349 682	-43 805
Km vazio	km	169 834	82 878	-86 956
Km <i>backhaul</i>	km	—	97 146	+97 146
Eficiência km em <i>backhaul</i>	%	—	53,96	+53,96
Indicadores Económicos				
Faturação	€	469 410,29	530 341,01	+60 930,72
Valor médio por volta	€	565,55	493,80	-71,75
Rentabilidade Média por km	€	1,19	1,52	+0,33
Ganhos marginais	€	—	90 427,92	+90 427,92
Indicadores Ambientais				
Emissões de CO ₂ evitadas	ton	(133,30) ⁴	69,42	-69,42

Fonte: Autor, com base em dados operacionais da FSP

Aplicaram-se critérios consistentes de comparação e normalização, assegurando homogeneidade das métricas e a fiabilidade da leitura global.

⁴ O valor das emissões CO₂ refere-se ao total das emissões dos km percorridos em vazio (169 834) no período.

Capítulo 4 – Conclusões

Este capítulo reúne as conclusões do estudo, que adota uma abordagem inovadora de comparação baseada em dados reais, combinando indicadores operacionais, económicos e ambientais. A construção e avaliação de cenários de otimização, aplicados de forma coerente entre o 1.º semestre de 2024 e o 1.º semestre de 2025, revelou-se eficaz para quantificar ganhos e testar a aplicabilidade prática das medidas propostas. Este método aproxima a investigação da realidade empresarial, traduzindo conceitos teóricos em métricas objetivas e observáveis. No ponto (4.1) apresentam-se as limitações do estudo, no ponto (4.2), as propostas para investigações futuras.

Confirma-se, em primeiro lugar, que a otimização deixou de ser um piloto para se afirmar como prática consolidada. Em termos operacionais, foram otimizadas 639 voltas, equivalentes a menos 639 camiões em viagens improdutivas, com uma redução de 82 878 km em vazio no período analisado. Do ponto de vista ambiental, evitaram-se 69,42 t de CO₂, evidenciando a convergência entre eficiência e sustentabilidade. No plano económico, os benefícios são partilhados e mensuráveis, onde são registados 90 427,92 € de ganhos marginais para a transportadora (FSP) e 117 591,34 € para o retalhista, sem necessidade de investimento adicional e sem recurso a ferramentas digitais dedicadas de otimização. Estes resultados decorreram de planeamento colaborativo, disciplina operacional e alinhamento de objetivos entre as partes, demonstrando que cooperação e partilha de informação são determinantes para a obtenção de resultados conjuntos. O projeto comprova que a eficiência no transporte pode ser alcançada de forma pragmática, colaborativa e sustentável quando existe compromisso genuíno entre os intervenientes.

A construção dos cinco cenários fixos de otimização foi determinante para o sucesso do projeto, ao permitir testar o modelo em contextos operacionais e geográficos distintos e garantir conclusões consistentes e representativas da eficácia do processo. Cada cenário funcionou como um laboratório prático, onde se ajustaram e validaram critérios, observando-se os efeitos do *backhauling* em condições reais de operação. A aplicação de um método uniforme em rotas diferentes reforçou a robustez analítica e a credibilidade operacional, viabilizando a comparação direta de resultados e a consolidação de evidência empírica. Adicionalmente, a existência de cinco cenários promoveu o alinhamento entre as equipas operacionais dos intervenientes, criando um espaço comum de experimentação e aprendizagem.

Do ponto de vista da aprendizagem organizacional, emergiram evidências empíricas favoráveis ao retalhista que não estavam previamente identificadas. O estudo demonstra que

a eficiência do transporte depende diretamente da capacidade de planejar rotas com janelas horárias compatíveis, SLA's claramente definidos e mecanismos para antecipar a disponibilidade de carga de retorno. A implementação destes elementos antecipou a chegada das mercadorias ao CD, agilizou o *picking* interno e reduziu os tempos de ciclo. Em paralelo, diminuiu a taxa de entregas fora da janela horária e cessaram as ruturas de produto anteriormente associadas ao incumprimento dos prazos de entrega. Com a participação ativa no planeamento dos fluxos fornecedor→CD, o retalhista passou a exercer controlo efetivo sobre uma operação que antes não controlava.

A conceção do Modelo de Maturidade de *Backhauling* teve impacto decisivo no projeto, ao introduzir uma lógica simples e inovadora para avaliar, orientar e monitorizar a evolução do *backhauling*. Intuitivo e de fácil aplicação, o modelo não implicou custos de conceção e afirmou-se rapidamente como guia operativo, no qual, clarificou o ponto de partida, explicitou lacunas e definiu os passos seguintes. Ao estruturar a evolução por níveis, viabilizou uma progressão gradual, alinhada com o estágio atual da FSP, e incentivou a preparação concreta para o nível subsequente (processos, dados, *governance* e KPI's). Na prática, o modelo funcionou como roteiro de execução, padronizou a linguagem entre equipas, alinou expectativas com o retalhista, estabeleceu critérios objetivos de decisão e criou um mecanismo transparente de acompanhamento de resultados. Esta combinação de simplicidade, custo nulo e aplicabilidade imediata reforçou a disciplina operacional e acelerou a consolidação do *backhauling* como prática estruturada e sustentável no projeto.

Pela otimização das viagens de retorno, revelou-se efeitos que transcendem o domínio económico. A redução de 639 camiões em circulação nas estradas portuguesas durante o primeiro semestre de 2025 traduz-se também num impacto social positivo, contribuindo para a diminuição do tráfego pesado e para a melhoria da segurança rodoviária. Por sua vez, os ganhos marginais obtidos pelo retalhista, no valor de 117 591,34 €, podem refletir-se em reduções dos custos de operação, com efeitos indiretos no preço final ao consumidor, ampliando o alcance social dos resultados obtidos.

Do ponto de vista ambiental e de sustentabilidade, o estudo confirma que a otimização das viagens de retorno não é apenas uma medida de eficiência económica, mas também um instrumento efetivo de descarbonização, alinhado com os compromissos ESG. O cumprimento ambiental alcançado pela redução das emissões de CO₂ é transversal a todos os intervenientes, refletindo o contributo conjunto de transportador, retalhista e fornecedores no cumprimento das metas de sustentabilidade nas dimensões em que atuam.

4.1 – Limitações do Estudo

Embora os resultados obtidos confirmem o sucesso e a aplicabilidade do modelo de otimização proposto, importa reconhecer um conjunto de limitações que enquadram a sua interpretação e que poderão ser superadas em desenvolvimentos futuros.

Em primeiro lugar, a abrangência temporal do estudo foi deliberadamente restringida ao 1.º semestre de 2024 e ao 1.º semestre de 2025, de modo a garantir comparabilidade direta entre períodos equivalentes. Esta opção assegurou coerência analítica, mas reduziu a possibilidade de avaliar variações sazonais que poderiam influenciar o volume de voltas, a disponibilidade de fornecedores ou os custos operacionais.

Em segundo lugar, a natureza do estudo de caso único limita a generalização dos resultados a outros contextos empresariais. Apesar disso, a profundidade analítica e a utilização de dados reais conferem validade interna ao trabalho, tornando-o representativo de uma realidade operacional concreta e útil como referência para casos semelhantes no setor.

Em terceiro lugar, outra limitação decorre das simplificações metodológicas introduzidas para assegurar a exequibilidade do projeto-piloto. Entre estas, destacam-se a utilização de rotas fixas, o recurso a viaturas FTL dedicadas e a consideração de apenas um fornecedor por viagem de regresso. Estas restrições foram necessárias para garantir controlo e consistência na fase inicial de implementação, mas reduzem a complexidade face às dinâmicas reais do transporte.

Por fim, reconhece-se que algumas assunções operacionais e ambientais, designadamente os fatores de emissão de CO₂ e a estrutura de custos, foram definidas com base em fontes padronizadas e poderão variar em cenários alternativos. Ainda assim, estas opções metodológicas foram adotadas de forma consistente e transparentemente documentada, em conformidade com as fontes dos dados recolhidos, o que sustenta a robustez e a fiabilidade dos resultados.

As limitações identificadas não comprometem as conclusões do estudo, pelo contrário, reforçam a necessidade de aprofundar a investigação futura e alargar a aplicação do modelo a outros contextos operacionais e horizontes temporais, possibilitando uma validação mais abrangente da sua eficácia.

4.2 – Propostas para Investigações Futuras

Os resultados deste estudo abrem vias de investigação capazes de aprofundar e expandir o conhecimento sobre a otimização do retorno e a gestão colaborativa do transporte.

1. Generalização e robustez do modelo
 - Alargar a aplicação do modelo a diferentes contextos empresariais (dimensão, geografia, perfil de serviço), testando adaptabilidade e robustez.
 - Replicar o estudo em múltiplos operadores para avaliar a maturidade setorial, comparar práticas e consolidar um referencial comum de eficiência logística.
2. Complexidade operacional, introduzir multifornecedor e LTL
 - Evoluir do piloto (fornecedor único por regresso) para cenários multifornecedor.
 - Analisar efeitos da carga fracionada (LTL) e da partilha de capacidade na rentabilidade e emissões, bem como os desafios de coordenação e sincronização horária.
3. Mecanismos de partilha de valor e contratos
 - Testar modelos de partilha de ganhos entre transportador e retalhista, com diferentes estruturas contratuais e métricas de desempenho que equilibrem incentivos e riscos.
 - Incorporar simulações económicas e análises de sensibilidade para compreender a elasticidade financeira do *backhauling* em distintos contextos de mercado.
4. Validação por peritos e validade do Modelo de Maturidade de *Backhauling*
 - Realizar *expert panel reviews* com gestores de transporte, planeadores e decisores, para avaliar clareza, aplicabilidade e relevância do Modelo de Maturidade de *Backhauling*.
 - Reforçar a validade de conteúdo e a consistência prática, ajustando os critérios de acordo com o *feedback*.

Este estudo constitui um ponto de partida sólido para a investigação em colaboração vertical e otimização do transporte em vazio, mostrando que a integração entre dados, tecnologia e governança gera resultados operacionais, económicos e ambientais. As pistas apresentadas evidenciam o potencial de continuidade e inovação aplicada no domínio da logística sustentável.

Bibliografia

- Abou Mjahed, M., Ben Abdelaziz, F., & Tarhini, H. (2025). A multiobjective coalition formation in facility and fleet sharing for resilient horizontal supply chain collaboration. *Annals of Operations Research*, 346(2), 1471–1496. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05750-3>
- Accorsi, R., Cholette, S., Manzini, R., Pini, C., & Penazzi, S. (2016). The land-network problem: ecosystem carbon balance in planning sustainable agro-food supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 112, 158–171. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.082>
- APA. (2022). *Associação Portuguesa do Ambiente - Relatório do Inventário Nacional de Emissões*.
- Brandão, J. (2006). A new tabu search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 173(2), 540–555. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.042>
- Button, Kenneth. (2022). *Transport economics*. Edward Elgar Publishing.
- Cao, M., & Zhang, Q. (2011). Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(3), 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.12.008>
- Carvalho, J. (2004). *Logística (3ª)*. Sílabo.
- Carvalho, J. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento ((coord), Ed.; 1ª)*. Sílabo.
- Chen, G., Govindan, K., & Golias, M. M. (2013). Reducing truck emissions at container terminals in a low carbon economy: Proposal of a queueing-based bi-objective model for optimizing truck arrival pattern. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 55, 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.03.008>
- Christopher, Martin. (2016). *Logistics & supply chain management (5ª)*. Pearson Education.
- Crujssen, F., Cools, M., & Dullaert, W. (2007). Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(2), 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2005.09.007>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80–91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>

- EEA. (2023). *European Environment Agency - Greenhouse Gas Emissions from Transport in Europe*.
- Eisenhardt, K. (1989). *Building Theories from Case Study Research* (4; 14).
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*.
- Eurostat. (2021). *Road Transport Performed by Empty Vehicles by Type Operation - 2020*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20211210-1?utm>
- Fernie, John., & Sparks, Leigh. (2014). *Logistics and retail management : emerging issues and new challenges in the retail supply chain*. Kogan Page.
- Gonzalez-Feliu, J., & Morana, J. (2010). Collaborative Transportation Sharing. In *Technologies for Supporting Reasoning Communities and Collaborative Decision Making* (pp. 252–271). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-091-4.ch014>
- Inbound Logistics. (2025, June 10). *What is Linehaul? Definition, how it works, and importance*. Inbound Logistics. <https://www.inboundlogistics.com/articles/what-is-linehaul-definition-how-it-works-and-importance/>
- INE. (2024). *Estatísticas dos Transportes e Comunicações - 2023*. INE. https://www.ine.pt/xportal/xmain?PUBLICACOESmodo=2&PUBLICACOESpub_bo ui=697607292&xpgid=ine_publicacoes&xpid=INE
- IPCC. (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Karam, A., Reinau, K. H., & Østergaard, C. R. (2021). Horizontal collaboration in the freight transport sector: barrier and decision-making frameworks. *European Transport Research Review*, 13(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00512-3>
- Koç, Ç., & Laporte, G. (2018). Vehicle routing with backhauls: Review and research perspectives. *Computers & Operations Research*, 91, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.11.003>
- Matuszak-Flejszman, A., Preisner, A., & Banach, J. K. (2024). Transport-Related Emissions and Transition Strategies for Sustainability—A Case Study of the Fast Fashion Industry. *Sustainability*, 16(17), 7749. <https://doi.org/10.3390/su16177749>
- McKinnon, A. C. . (2010). *Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page.

- Mersky, A. & L. T. (2021). *Achieving Freight Transport GHG Emissions Reductions Through Emerging Technologies*. www.aceee.org/white-paper/2021/11/achieving-freight-transport-ghg-emissions-reductions-through-emerging
- Moura, B. (2006). *Logística: Conceitos e Tendências* (1ª). Centro Atlântico.
- Mrabti, N., Hamani, N., & Delahoche, L. (2022). A Comprehensive Literature Review on Sustainable Horizontal Collaboration. *Sustainability*, 14(18), 11644. <https://doi.org/10.3390/su141811644>
- Panahifar, F., Byrne, P. J., Salam, M. A., & Heavey, C. (2018). Supply chain collaboration and firm's performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(3), 358–379. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2017-0114>
- Qaiser, F. H., Ahmed, K., Sykora, M., Choudhary, A., & Simpson, M. (2017). Decision support systems for sustainable logistics: a review and bibliometric analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 117(7), 1376–1388. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0410>
- Rajapakshe, T., Dawande, M., Gavirneni, S., Sriskandarajah, C., & Panchalavarapu, P. R. (2014). Dedicated Transportation Subnetworks: Design, Analysis, and Insights. *Production and Operations Management*, 23(1), 138–159. <https://doi.org/10.1111/poms.12029>
- Rodrigue, J.-Paul. (2020). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Santos, M. J., Curcio, E., Amorim, P., Carvalho, M., & Marques, A. (2021). A bilevel approach for the collaborative transportation planning problem. *International Journal of Production Economics*, 233, 108004. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.108004>
- Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2005). The collaboration index: a measure for supply chain collaboration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(1), 44–62. <https://doi.org/10.1108/09600030510577421>
- Simões, J. (2021). *Gestão Técnica de Frotas Rodoviárias - A Formação do Preço no Transporte de Mercadorias* (Ordem Engenheiros). Seleprinter.
- Toth, P. V. D. (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (P. Toth & D. Vigo, Eds.; 2ª). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594>
- Vargas, A., Patel, S., & Patel, D. (2018). Towards a Business Model Framework to Increase Collaboration in the Freight Industry. *Logistics*, 2(4), 22. <https://doi.org/10.3390/logistics2040022>

- Wang, J., & Ran, B. (2018). Sustainable Collaborative Governance in Supply Chain. *Sustainability*, 10(1), 171. <https://doi.org/10.3390/su10010171>
- Wang, X., & Kopfer, H. (2015). Rolling horizon planning for a dynamic collaborative routing problem with full-truckload pickup and delivery requests. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 27(4), 509–533. <https://doi.org/10.1007/s10696-015-9212-8>
- Yin, R. (2018). *Case study research and applications : design and methods*. SAGE Publications, Inc.

Apêndice A — Nota Metodológica

O presente anexo consolida as definições, fórmulas aplicadas e parâmetros de forma comum aos cinco cenários de otimização. O fator temporal é ignorado nesta secção. Salvo menção em contrário, todas as métricas reportadas nos cenários seguem estes critérios.

1. Definições e fórmulas aplicadas

- Percentagem de voltas otimizadas = Voltas otimizadas ÷ Voltas
- Percentagem de vazio = km vazio ÷ (km *linehaul* + km *backhaul*)
- Redução de emissões de CO₂ = km *backhaul* × Consumo médio × Fator CO₂
- Percentagem de *backhaul* = km *backhaul* ÷ (km *backhaul* + km vazio)
- Faturação total = (CF × N° de voltas) + (Quilómetros totais × Preço km dedicado) + (km *backhaul* × Preço km *backhaul*) + (2 Horas cargas e descargas × N° de voltas otimizadas)
- Valor médio por volta = Faturação total ÷ N° de voltas
- Rentabilidade por km = Faturação total ÷ Quilómetros totais
- Ganhos marginais = (km *backhaul* × Preço km *backhaul*) + (2 horas cargas e descargas × N° de voltas otimizadas)
- Receita volta otimizadas = N° voltas otimizadas × Valor frete FTL
- Custos de *backhauling* = Ganhos marginais
- Resultados marginais = Receitas volta otimizadas – Custos de *backhauling*

2. Parâmetros

Parâmetro	Valor	Observações/Fonte
Consumo médio	[0,2973] Lt's/km	Consumo médio de referência. (FSP)
Fator CO ₂	[2,72] kg CO ₂ /Lt	Fator de emissão associado ao combustível Diesel. (IPCC)
CF – Custos fixos	[276] €/volta	Custo fixo por volta diária. (FSP)
Preço km dedicado	[0,566] €/km	Preço km sem otimização. (FSP)
Preço km <i>backhaul</i>	[0,716] €/km	Preço km com otimização. (FSP)
Preço hora carga/descarga	[11,59] €/hora	Valor hora de trabalho em otimização. (FSP)
Valor frete FTL – Torres Vedras	[200] €/volta otimizada	Percurso Torres Vedras → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Algoz	[420] €/volta otimizada	Percurso Algoz → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Aveiro	[490] €/volta otimizada	Percurso Aveiro (Gafanha da Nazaré e Murtosa) → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Coimbra	[400] €/volta otimizada	Percurso Coimbra (Condeixa e Eiras) → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Rio Maior	[260] €/volta otimizada	Percurso Rio Maior → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Vidigueira	[340] €/volta otimizada	Percurso Vidigueira → Moita. (FSP)
Valor frete FTL – Ferreira do Alentejo	[310] €/volta otimizada	Percurso Ferreira do Alentejo → Moita. (FSP)

3. Unidades e arredondamentos

- Unidades base: km; €; CO₂ em kg (converter para ton quando reportado ×1000).
- Arredondamentos (casas decimais): percentagens com 2 casas, km sem casas, € valores monetários com 2 casas e kg (convertido em ton) com 2 casas.
- Números com separador de milhar (ex.: 13,067).

4. Convenções

- Hora de carga e descarga, por volta otimizada são contabilizadas 2 horas.
- Exceções aos parâmetros comuns são explicitadas no respetivo cenário.

Apêndice B — Declaração de Originalidade

Declaração de Originalidade

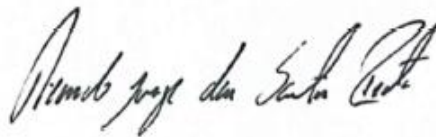
Eu, Ricardo Jorge dos Santos Prata, estudante do Mestrado em Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento na Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal, declaro, sob compromisso de honra, que o presente projeto de investigação intitulado "Otimização do Transporte em Vazio Proveniente da Distribuição de um Retalhista em Portugal", é um trabalho original, elaborado exclusivamente por mim.

Todas as fontes utilizadas estão devidamente citadas e referenciadas, de acordo com as normas académicas em vigor.

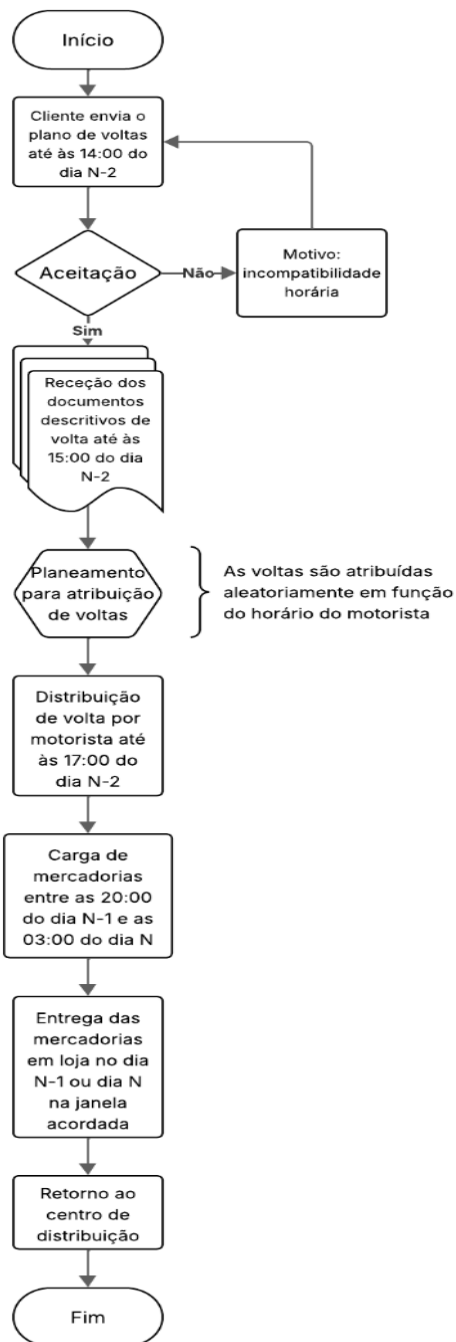
O estudo distingue-se pela adaptação e aplicação do conceito de colaboração vertical ao contexto específico da FSP, pela metodologia de análise baseada em dados operacionais reais e pela criação do Modelo de Maturidade de *Backhauling*, concebido no âmbito desta investigação.

Adicionalmente, trata-se de um estudo de caso único, cujas especificidades contextuais, operacionais e de gestão não têm registo identificado em trabalhos anteriores comparáveis no contexto nacional, de acordo com a revisão efetuada.

Setúbal, 13 de Outubro de 2025



Anexo I – Fluxograma do Processo de Planejamento de Serviço Dedicado



Fonte: Autor

Anexo II – Planeamento Operacional do Cenário – LISBOA

TAMANHO: **TRAILER**
 CARACTERISTICA: **MULTITEMPERATURA**
 Nº MOTORISTAS: **1,2** Partida a partir de MOITA - POR

GERENTE
XXXX
DIAS DE TRABALHO
2ª FEIRA A DOMINGO

CAMIÃO	Nº LOJA	LOCALIDADE	CARNE	VERDU	PESC	CHARC.	PICKING	COMPLTA	CONGE.	H CHEGADA
FSP	20	TORRES VEDRAS	X	X	X	X		X		04:30
										H SAIDA
										05:30
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	02:00								
	H.SAIDA	03:00								
PREENFRIA: DE 01:40 A 02:00 DESCANÇO: DE 05:30 A 06:15 RETIRA RETORNO: NÃO										DE 2ª FEIRA A DOMINGO
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX	A-DOS-CUNHADOS	X	TORRES VEDRAS REFRIGERADO +8°						09:30
										MOITA
										H SAIDA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:00								10:10
	H.SAIDA	07:40								MOITA
PREENFRIA: A CAMINHO										2ª FEIRA A SÁBADO
MOTORISTA (2ª FEIRA A SÁBADO)			Inicio	03:00:00	Fim	10:10:00	HORAS	07:10:00		
MOTORISTA (DOMINGO)			Inicio	03:00:00	Fim	07:40:00	HORAS	04:40:00		
TOTAL										47:40:00

Fonte: FSP Transportes

Anexo III – Planeamento Operacional do Cenário – ALGARVE

TAMANHO: **TRAILER**
 CARACTERISTICA: **MULTITEMPERATURA**
 Nº MOTORISTAS: **1,9** **Partida a partir de MOITA - POR**

GERENTE
XXXX
DIAS DE TRABALHO
2ª FEIRA A DOMINGO

CAMIÃO	Nº LOJA	LOCALIDADE	CARNE	VERDU	PESC	CHARC.	PICKING	COMPLTA	CONGE.		H CHEGADA
FSP	41	ALBUFEIRA I	X	X	X	X		X			04:30
											H SAIDA
											05:30
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	00:20									
	H.SAIDA	01:20									
PREENFRIA: DE 00:00 A 00:20 DESCANÇO: DE 05:30 A 06:15 RETIRA RETORNO: NÃO										DE 2ª FEIRA A DOMINGO	
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES		H CHEGADA					
FSP	XXXXXXXXXX	ALGOZ	X	SILVES REFRIGERADO +8°		12:00					
						MOITA					
						H SAIDA					
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:30				12:40					
	H.SAIDA	08:10				MOITA					
PREENFRIA: A CAMINHO DESCANÇO: DE 08:10 A 08:55										3ª A 5ª FEIRA E SÁBADO	
MOTORISTA (2ª, 6ª E DOMINGO)			Inicio	01:20:00	Fim	09:30:00	HORAS	08:10:00			
MOTORISTA (3ª A 5ª FEIRA E SÁBADO)			Inicio	01:20:00	Fim	12:40:00	HORAS	12:30:00			
										TOTAL	74:30:00

Fonte: FSP Transportes

Anexo IV – Planeamento Operacional do Cenário – NORTE

TAMANHO: **TRAILER**
 CARACTERÍSTICA: **MULTITEMPERATURA**
 Nº MOTORISTAS: **2,1** **Partida a partir de MOITA - POR**

GERENTE
XXXX
DIAS DE TRABALHO
2ª FEIRA A DOMINGO

CAMIÃO	Nº LOJA	LOCALIDADE	CARNE	VERDU	PESC	CHARC.	PICKING	COMPLTA	CONGE.	H CHEGADA
FSP	65	VILA NOVA DE GAIA	X	X	X	X		X		04:30
										H SAIDA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	23:20								05:30
	H.SAIDA	00:20								
PREENFRIA: DE 23:00 A 23:20 DESCANÇO: DE 05:30 A 06:15 RETIRA RETORNO: NÃO										DE 2ª FEIRA A DOMINGO
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX	GAFA. NAZARÉ	X	AVEIRO REFRIGERADO +3° CONGELADO -25°						12:10
										H SAIDA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:40								12:50
	H.SAIDA	08:20		MOITA						
PREENFRIA: A CAMINHO DESCANÇO: DE 08:20 A 09:05										2ª FEIRA E 6ª FEIRA
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX	MONTE/MURTOSA	X	AVEIRO CONGELADO -25°						12:00
										MOITA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:10								12:40
	H.SAIDA	07:50		MOITA						
PREENFRIA: A CAMINHO DESCANÇO: DE 07:50 A 08:35										3ª FEIRA
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX	CONDEIXA A NOV.	X	COIMBRA SECO N/ALIMENTAR TEMP. AMBIENTE						12:10
										MOITA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	08:10								H SAIDA
	H.SAIDA	08:50		12:50						
PREENFRIA: NÃO DESCANÇO: DE 08:50 A 09:35										4ª FEIRA
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX	EIRAS	X	COIMBRA SECO ALIMENTAR TEMP. AMBIENTE						12:00
										MOITA
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	08:00								H SAIDA
	H.SAIDA	08:40		12:40						
PREENFRIA: NÃO DESCANÇO: DE 08:40 A 09:25										5ª FEIRA
MOTORISTA (SÁBADO E DOMINGO)			Início	00:20:00	Fim	10:30:00	HORAS	10:10:00		
MOTORISTA (2ª, 4ª E 6ª FEIRA)			Início	00:20:00	Fim	12:40:00	HORAS	12:20:00		
MOTORISTA (3ª E 5ª FEIRA)			Início	00:20:00	Fim	12:50:00	HORAS	12:30:00		
TOTAL										82:20:00

Fonte: FSP Transportes

Anexo V – Planeamento Operacional do Cenário – CENTRO

TAMANHO: **TRAILER**
 CARACTERÍSTICA: **MULTITEMPERATURA**
 Nº MOTORISTAS: **1,5** Partida a partir de MOITA - POR

GERENTE
XXXX
DIAS DE TRABALHO
2ª FEIRA A DOMINGO

CAMIÃO	Nº LOJA	LOCALIDADE	CARNE	VERDU	PESC	CHARC.	PICKING	COMPLTA	CONGE.		H CHEGADA
FSP	53	LEIRIA	X	X	X	X		X			04:30
											H SAIDA
											05:30
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	00:10									
	H.SAIDA	02:10									
PREENFRIA: DE 23:50 A 00:10 DESCANÇO: DE 05:30 A 06:15 RETIRA RETORNO: NÃO										DE 2ª FEIRA A DOMINGO	
CAMIÃO	FORNECEDOR	LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES						H CHEGADA	
FSP	XXXXXXXXXX	RIO MAIOR	X	SANTARÉM CONGELADO -25°						10:30	
										MOITA	
										H SAIDA	
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:30								11:10	
	H.SAIDA	08:10								MOITA	
PREENFRIA: A CAMINHO										DE 2ª FEIRA A SÁBADO	
MOTORISTA (2ª FEIRA A SÁBADO))			Inicio	02:10:00	Fim	11:10:00	HORAS	09:00:00			
MOTORISTA (DOMINGO)			Inicio	02:10:00	Fim	08:40:00	HORAS	06:30:00			
										TOTAL	60:30:00

Fonte: FSP Transportes

Anexo VI – Planeamento Operacional do Cenário – ALENTEJO

TAMANHO: **TRAILER**
 CARACTERISTICA: **MULTITEMPERATURA**
 Nº MOTORISTAS: **1,5** **Partida a partir de MOITA - POR**

GERENTE
XXXX
DIAS DE TRABALHO
2ª FEIRA A DOMINGO

CAMIÃO	Nº LOJA	LOCALIDADE	CARNE	VERDU	PESC	CHARC.	PICKING	COMPLTA	CONGE.	H CHEGADA
FSP	125	BEJA	X	X	X	X		X		04:30
										H SAIDA
										05:30
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	00:30								
	H.SAIDA	01:30								
PREENFRIA: DE 00:10 A 00:30 DESCANÇO: DE 05:30 A 06:15 RETIRA RETORNO: NÃO										DE 2ª FEIRA A DOMINGO
CAMIÃO	FORNECEDOR		LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES					H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX		FERREIRA ALENTEJO	X	BEJA SECO ALIMENTAR TEMP. AMBIENTE					10:50
										H SAIDA
										11:30
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:30								
	H.SAIDA	08:10								MOITA
PREENFRIA: NÃO										3ª FEIRA
CAMIÃO	FORNECEDOR		LOCALIDADE	PALETS	OBSERVAÇÕES					H CHEGADA
FSP	XXXXXXXXXX		VIDIGUEIRA	X	BEJA SECO ALIMENTAR TEMP. AMBIENTE					10:30
										H SAIDA
										11:10
MATRICULA XXXXXX	H.CARGA	07:00								
	H.SAIDA	07:40								MOITA
PREENFRIA: NÃO										4ª E 6ª FEIRA
MOTORISTA (2ª, 5ª FEIRA, SÁBADO E DOMINGO)			Início	01:30:00	Fim	09:10:00	HORAS	07:40:00		
MOTORISTA (3ª FEIRA)			Início	01:30:00	Fim	11:30:00	HORAS	10:00:00		
MOTORISTA (3ª E 5ª FEIRA)			Início	01:30:00	Fim	11:10:00	HORAS	09:40:00		
TOTAL										60:00:00

Fonte: FSP Transportes