



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Rita Ferreira Pinto

**PROPOSTA DE PROCESSO PARA A
SISTEMATIZAÇÃO DA ANÁLISE E SELEÇÃO DA
CARGA DE RETORNO NUMA ROTA ENTRE
ALEMANHA E PORTUGAL**

**Dissertação no âmbito Mestrado em Engenharia e Gestão industrial orientada
pelo Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira e apresentada
ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra**

Fevereiro de 2021



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Proposal of a process for the systematization of the analysis and selection of the backhaul cargo on a route between Germany and Portugal

Autor

Ana Rita Ferreira Pinto

Orientador

Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira

Júri

Presidente	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Adjunto da Universidade de Coimbra Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Adjunto da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz Professor do Instituto Politécnico de Viseu

Colaboração Institucional



KLOG Logistics

Coimbra, fevereiro, 2021

“It always seems impossible until it’s done.”

Nelson Mandela

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à *KLOG* e a todos os meus colegas, que me receberam e integraram durante este período. Agradeço por todas as lições e por tudo o que me ensinaram. Foi um prazer fazer parte da equipa.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Mecânica, obrigada por todo o vosso tempo, paciência, empenho e, por todo o conhecimento, académico e pessoal que me transmitiram nos últimos 5 anos. Um agradecimento em especial ao Professor Luís Ferreira pela ajuda e paciência nesta reta final do meu percurso.

Muito obrigada a todos os meus amigos e colegas de curso que viveram este percurso a meu lado. Foram muitas aventuras e dificuldades que ultrapassamos juntos, que marcaram as nossas trajetórias e nos tornaram as pessoas que somos hoje. Um agradecimento especial à Maria, à Cláudia e à Ana que me levantaram quando os dias eram mais cinzentos.

À minha família, que sem eles não seria ninguém. Muito obrigada aos meus pais por me proporcionarem a oportunidade e condições de ter uma educação. Reconheço todo o vosso esforço e sou muito grata. À minha irmã por toda a paciência e companheirismo.

A Coimbra, não te digo adeus porque te levo sempre comigo. Obrigada.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de um processo que apoia na seleção da carga mais favorável para a empresa de transportes. O processo é aplicável em viagens de retorno no percurso entre a Alemanha e Portugal, onde as empresas de transporte visam ocupar equipamentos disponíveis sem carga atribuída. É assim apresentada uma sugestão de um método para evitar viagens de retorno a vazio, que são sinónimo de prejuízos para a empresa de transportes. Este método propõe-se a otimizar a gestão dos recursos, bem como reduzir desperdícios e prejuízos. É analisado o papel que o mercado internacional da bolsa de cargas tem neste problema, quando devolve várias soluções de cargas que podem preencher o veículo em questão. Isto significa que os operadores logísticos têm que ser capazes de selecionar a carga correta para as diferentes variantes do problema. Assim, a proposta do processo para a seleção da carga é baseada na análise do impacto que o número de cargas disponíveis na bolsa internacional de cargas, os custos do transporte, o cumprimento de janelas temporais e especificações dos equipamentos têm no sucesso da viagem. É ainda estudado o papel que a realização do percurso por transporte intermodal tem para a redução de desperdício. É feita a observação dos resultados de uma pesquisa feita durante o período de 25/11/2020 e 31/12/2020, em plataformas online de cargas e o tratamento desses dados. É possível concluir que o uso deste método é exequível, visto que existem cargas disponíveis, que respeitam as restrições temporais e de especificações do equipamento. O transporte intermodal restringe um certo número de opções, devido ao tempo de trânsito necessário, mas que em contrapartida traz benefícios como o custo reduzido da viagem. Após análise da distribuição do local de carga e descarga das diferentes opções é possível perceber que em território alemão as cargas estão distribuídas por todo o país e em Portugal existe um foco na zona do Porto e Lisboa.

Palavras-chave: Transporte intermodal, Viagens de retorno, Redução de desperdício, Janelas horárias, Cálculo de custos de transporte intermodal

ABSTRACT

This dissertation aims to develop a process that supports the selection of the most suitable cargo for the transport company. The process is applicable on return trips on the route between Germany and Portugal, where transport companies aim to occupy available equipment without an assigned load. It is presented a suggestion of a method to avoid empty return trips, which are synonymous of losses for the transport company. This method proposes to optimize the management of resources, as well as reduce waste and losses. The role that the international freight exchange market plays in this problem is analyzed, when it returns several cargo solutions that can fill the vehicle in question. This means that logistics operators have to be able to select the correct cargo for the different variants of the problem. Thus, the proposal for the cargo selection process is based on the analysis of the impact that the number of cargo available on the international freight exchange market, transport costs, compliance with time windows and equipment specifications have on the success of the trip. It is also studied the role that the journey completed with intermodal transport has for the reduction of waste. It's observed of the results of a assessment carried out during the period of 11/25/2020 and 12/31/2020, on online freight platforms is made and the data obtained. It is possible to conclude that the use of this method is correct, since there are loads available, which respect the time restrictions and equipment specifications. Intermodal transport restricts a number of options, due to its transit time, but which in return brings benefits such as reduced travel costs. After analysing the distribution of the loading and unloading location of the different options, it is possible to conclude that in Germany, the cargo is distributed throughout the country and in Portugal there is a focus on the area of Porto and Lisbon.

Keywords Intermodal transport, Backhaul trips, Waste reduction, Time windows, Calculation of the intermodal transport cost

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Ilustrações	xi
Simbologia e Siglas	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	5
2.1. Transporte Intermodal.....	5
2.1.1. Desempenho nas Emissões Carbónicas	6
2.1.2. Custos	7
2.1.3. Planeamento de Rotas Intermodais.....	9
2.2. <i>Vehicle Routing Problems</i>	9
2.2.1. Viagens a Vazio.....	11
2.3. Mercado Internacional da Bolsa de Cargas	12
2.3.1. Introdução à Bolsa Eletrónica de Cargas.....	13
2.3.2. Transação.....	13
2.3.3. Plataformas	14
2.4. Análise Crítica	14
3. Caso de Estudo	17
3.1. Descrição do Problema	17
3.1.1. Descrição da empresa	18
3.1.2. Departamento intermodal	19
3.2. Análise da Situação	21
3.3. Abordagem ao Problema	22
3.3.1. Uso da Bolsa Eletrónica de Cargas.....	24
3.3.2. Peso.....	26
3.3.3. Restrições Temporais	27
3.3.4. Custos	30
3.3.5. Receita e Seleção	35
3.4. Diagnóstico	36
3.5. Proposta de Processo	37
4. Conclusões.....	41
4.1. Propostas futuras.....	42
Referências Bibliográficas.....	45
APÊNDICE A	49

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Cargas realizadas mensalmente no ano de 2019 pelo departamento intermodal	20
Figura 3-2 Custo em função da distância dos meios de transporte (Rodrigue, 2020) (Adaptado).....	22
Figura 3-3 Mapa da Alemanha com os respetivos códigos postais.....	35
Figura 3-4 Mapa de Portugal com os respetivos códigos postais.....	35
Figura 3-5 Processo de seleção de carga de retorno	39
Figura 0-1 Horários dos navios RO-RO entre Roterdão-Leixões	49

Índice de Ilustrações

Ilustração 3-1 Número de cargas disponíveis na plataforma, por dia	25
Ilustração 3-2 Tipos de veículos requisitados na plataforma	26
Ilustração 3-3 Peso das cargas extraídas.....	26
Ilustração 3-4 Dias requisitados para a viagem das cargas	30
Ilustração 3-5 Distribuição das cargas por código postal	34
Ilustração 3-6 Dias que separam o anúncio da carga na plataforma e a data de carga.....	37
Ilustração 3-8.....	39

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

- C- Custos totais;
 C_c - Custo de transporte;
 C_{cam0} - Custo da utilização de um camião responsável por visitar os pontos i, j e terminal intermodal 0;
 C_{cam1} - Custo da utilização de um camião responsável por visitar os pontos m, n e terminal intermodal 1;
 C_M - Custo de manuseamento;
 C_{Mt0} - Custo de manuseamento dentro do terminal intermodal 0;
 C_{Mt1} - Custo de manuseamento dentro do terminal intermodal 1;
 C_T - Custo do tempo;
 C_{TE} - Custo do tempo de espera no terminal intermodal;
 C_V - Custo da viagem marítima;
 C_{VC} - Custo variável referente à oscilação do preço do combustível do navio;
 b_n - Hora real de começo da carga n ;
 d_{t_1m} - Distância entre o terminal intermodal 1 e o local de descarga m ;
 d_{ij} - Distância entre o local de descarga i e o local de carga j ;
 d_{jt_0} - Distância entre o local de carga j e o terminal intermodal 0;
 d_{mn} - Distância entre o local de descarga m e o local de carga n ;
 d_{t_1m} - Distância entre o terminal intermodal 1 e o local de carga m ;
 E_n - Primeira hora de começo da carga n ;
 Km - Quilómetros;
 L_n - Hora de começo mais tardia da carga n ;
 m - Metros;
 s_j - Tempo de serviço de carga em j ;
 s_m - Tempo de serviço de descarga em m ;
 t_0 - Local correspondente ao terminal intermodal de partida;
 t_{01} - Tempo de viagem desde o terminal intermodal 0 até ao terminal intermodal 1;
 t_1 - Local correspondente ao terminal intermodal de chegada;
 t_{1m} - Tempo de viagem desde o terminal intermodal 1 até ao ponto de descarga m ;
 t_i - instante inicial, momento em que termina a descarga no local i ;
 t_{ij} - Tempo de viagem desde o ponto de descarga i até ao ponto de carga j ;
 t_j - Instante em que o semirreboque chega ao local j ;
 t_{j0} - Tempo de viagem desde o ponto de descarga j até ao terminal intermodal 0;
 t_m - Instante em que o semirreboque chega ao local m ;
 t_{mn} - Tempo de viagem desde o ponto de descarga m até ao ponto de carga n ;
 i - Local de partida: corresponde ao local onde o camião efetua uma descarga no primeiro cliente;
 j - Corresponde ao local onde o camião efetua a sua primeira carga no segundo cliente, após ter efetuado a primeira descarga no local i ;

m- Corresponde ao local onde o camião efetua uma descarga no segundo cliente, após a saída do terminal intermodal 1;

n- Corresponde ao local onde o camião efetua a sua segunda carga, no terceiro cliente, após ter efetuado a primeira descarga no local m.

Siglas

B2B - *Business to Business*;

B2C - *Business to Consumer*;

CO₂ - Dióxido de Carbono;

DEM - Departamento de Engenharia Mecânica;

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra;

GEE - Gases de Efeito de Estufa;

h - Hora;

ISO - *International Standards Organization*;

QAP - *Quality Assurance Policy*;

RO-RO - *Roll-on Roll-off*;

RPA - *Robotic Process Automation*;

Ton - Tonelada;

UE - União Europeia;

VRP - *Vehicle routing problems*;

VW - *Volkswagen*.

1. INTRODUÇÃO

O setor dos transportes de mercadorias é fundamental na economia mundial. A necessidade de movimentação de produtos e bens está diretamente relacionada com o desempenho da economia. No entanto, e apesar da sua importância, os utilizadores do transporte de cargas vêem esta atividade como um desperdício necessário, procurando constantemente formas de a otimizar e reduzir o seu impacto, tanto no negócio, como no ambiente envolvente.

As empresas portuguesas de transporte, localizadas numa zona periférica da Europa, estão distantes do centro europeu, onde se centra a indústria e uma parte significativa da riqueza. Estas devem procurar manter a sua competitividade neste setor de atividade. Perante este cenário de desvantagem é imperativa a análise e inovação para a diminuição de custos.

A intermodalidade aplicada ao transporte de mercadorias tem vindo a apresentar uma solução para os problemas de custos elevados e longos tempos de trânsito. O uso do transporte intermodal representa uma solução para a redução de custos, pela introdução de diferentes meios de transportes. Os meios marítimos e ferroviários, são menos dispendiosos, e possuem uma capacidade de carga significativamente maior, comparando com o meio tradicional, o camião. O tempo de trânsito das viagens intermodais tem vindo a diminuir, devido ao aumento da qualidade dos meios utilizados, o que contribui para aumentar a competitividade do transporte intermodal no setor dos transportes.

A evolução da tecnologia dos veículos usados, bem como a otimização das operações logísticas que se realizam no decurso do transporte, tem impactos positivos na movimentação de carga. No entanto, é necessário realizar uma análise e planeamento cuidadoso para que as vantagens decorrentes da intermodalidade sejam maximizadas e, se torne rentável, quando comparado com o método de transporte de cargas tradicional.

Fluxos inconstantes do mercado de transporte de cargas entre Portugal e o centro da Europa resultam em viagens de retorno a vazio. Esta situação tem impacto tanto nos custos para as empresas transportadoras, bem como para a sociedade, devido à emissão de gases poluentes e ocupação de vias terrestres. Todavia, este problema pode ser minimizado recorrendo à consulta do mercado da bolsa de cargas, com o intuito de identificar quais têm como destino Portugal. É essencial a aplicação de estudos nesta matéria, a fim de reduzir os

quilómetros completados a vazio pelas empresas de transporte. Estima-se que na Europa, 10 a 20% dos quilómetros completados por camião serão feitos a vazio, mas atualmente não existem estudos que confirmem essas percentagens (Ambel, 2017).

Quando um veículo viaja vazio, consome combustível e emite substâncias poluentes como qualquer outro meio de transporte em circulação. Isto resulta em custos indesejados que as transportadoras procuram reduzir, combinando viagens de retorno ou a partilha de frota (Ongtang e Sirivunnabood, 2014).

O mercado online para o transporte de cargas é uma ferramenta usada na logística que advém da evolução tecnológica. Caplice (2007) e Fuks et al. (2015), admitem que estas plataformas são utilizadas por empresas de transporte para encontrarem cargas benéficas para transportar. Caplice (2007), sugere tomar partido das vantagens das plataformas informáticas para alocar camiões às viagens anunciadas. Assim, ambiciona-se extrapolar a ideia do autor para um contexto intermodal, onde se combina uma viagem de retorno com uma carga para transportar.

Neste cenário deparámo-nos com o problema da escolha da carga. As plataformas online de anúncio de cargas têm várias disponíveis, o que origina o problema de qual deve ser a escolhida, ou seja, qual é a carga que se adequa aos requisitos impostos.

O principal objetivo desta dissertação é a sistematização da abordagem ao problema da escolha da carga a transportar. O retorno dos equipamentos vazios é indesejável e pretende-se minimizar o seu impacto financeiro para as empresas de transporte. Procura-se definir um processo uniforme para a escolha de uma carga que ocupe a capacidade disponível do equipamento e que possa ser aplicado no cenário onde um veículo faz a viagem de retorno no sentido Alemanha para Portugal.

Na presente dissertação visa-se formular um modelo que encontre a solução que apresenta o custo mais baixo para a organização dentro do universo de cargas disponíveis nas plataformas do mercado eletrónico, no momento da pesquisa. Pretende-se desenvolver um processo de análise que respeite todas as restrições temporais e de peso, com a finalidade de escolher a melhor opção para preencher o veículo.

Serão analisados quais os fatores que influenciam a decisão e como os definir. O método desenvolvido será aplicado no fluxo entre a Alemanha e Portugal, devido à sua popularidade no universo do transporte de cargas em empresas de transporte portuguesas.

Este documento é composto por 4 capítulos dos quais, o presente, onde o tema é introduzido, bem como os objetivos e motivação do trabalho. O segundo capítulo é composto pela revisão de literatura onde serão clarificadas noções teóricas referentes ao transporte intermodal e ao mercado eletrónico de cargas. Será demonstrado como é feito o cálculo do custo de uma viagem intermodal e como é desenvolvido o planeamento de rotas de viagens intermodais. O conceito de viagem de retorno será esclarecido.

Seguidamente, o terceiro capítulo será apresentado, no qual é aprofundada a apresentação do “Caso de estudo”. Estará presente a descrição do problema, uma breve apresentação da empresa e do departamento intermodal. É também referida a metodologia aplicada ao problema em questão pela empresa atualmente. Segue-se a apresentação da abordagem ao problema com a explicação das decisões a tomar, tanto na escolha da rota, como na escolha da carga. Serão analisados os critérios que influenciam a decisão como o uso ou não do mercado internacional de cargas, restrições relativas ao peso, janelas temporais e custos. Por fim, é abordado o passo final para a escolha da carga correta e apresentar-se-á a o fluxograma que condensa o processo, bem como as opções existentes dentro da tomada de decisão.

O quarto capítulo mostrará as principais conclusões retiradas do estudo, bem como propostas para trabalho futuro.

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O transporte intermodal tem vindo a demonstrar, nos últimos anos, um crescimento no mercado de transportes, pelas vantagens que oferece, quando comparado com meios de transporte convencionais. O Mercado eletrónico de cargas é uma inovação tecnológica na área do transporte e da logística. Visa aumentar o fluxo de informação e negócios entre clientes e prestadores de serviços, que muitas vezes, perderiam oportunidades, se não existisse o auxílio destas plataformas. Neste capítulo serão clarificados aspetos dos tópicos apresentados.

2.1. Transporte Intermodal

O transporte intermodal, ou multimodal, ocorre quando são utilizados dois ou mais meios de transporte durante uma operação, em que um bem se desloca de um ponto inicial para um ponto final. Lowe (2005) argumenta que esta solução pretende tornar essa deslocação mais rápida e eficaz, bem como reduzir os custos e as emissões de CO₂. Esta forma de transporte combina o uso da rodovia, ferrovia, hidrovia e aerovia.

Este tipo de transporte combina as vantagens dos meios de transporte individuais, nomeadamente a capacidade de carga do transporte ferroviário, a flexibilidade do transporte rodoviário e, as vantagens do baixo custo e elevada capacidade carga do transporte marítimo (Ližbetin e Caha, 2016)..

Pretende-se, com a implementação da intermodalidade, reduzir o uso da rodovia, devido a todos os impactos que este meio de transporte representa, como a elevada poluição, congestão rodoviária e acidentes (Lowe, 2005). Assim, propõe-se a integração da ferrovia e/ou hidrovia na viagem, de maneira que estes meios sejam incumbidos da viagem intermédia, que geralmente é o percurso maior.

O transporte intermodal é composto por 5 etapas, segundo Janic (2007). A viagem começa com a recolha nas instalações do expedidor e o transporte até ao terminal intermodal, normalmente realizado por camião. De seguida, o transbordo dentro do terminal intermodal é realizado para que se possa dar a terceira fase da viagem, o troço realizado pela ferrovia, hidrovia ou até aerovia. Após a chegada ao segundo terminal intermodal dá-se de novo o

transbordo, desta vez para um meio rodoviário, para que se dê a última parcela da viagem, até ao ponto de entrega. Este é apenas um exemplo de como se pode planear uma viagem intermodal. Podem ser feitas quaisquer combinações de meios.

Os principais benefícios do transporte intermodal para o cliente são os custos reduzidos em viagens longas e o tempo em trânsito menor. Existe a necessidade de avaliação dos diferentes cenários, tendo em conta os meios escolhidos, o ponto de partida e chegada para a realização do transporte de forma a garantir a sua eficácia.

A introdução de outros meios de transporte de cargas resulta num decréscimo do congestionamento rodoviário, representado pela diminuição dos camiões em circulação e consequentemente, uma redução do desgaste da rodovia, diminuição do consumo de combustíveis fósseis e do correspondente impacte ambiental. A conjugação destes efeitos traduz-se num benefício para a sociedade em geral, visto que reduz o impacto que o transporte de mercadorias tem na população (Lowe, 2005).

O crescimento do setor de transporte intermodal causou uma extrema competição entre os prestadores de serviço internacionais o que originou uma concorrência nos preços cobrados (Nagurney et al., 2015). Assim, as margens de lucro das operações são geralmente baixas. Theys et al., (2008), defendem que os intervenientes da operação devem estar em sintonia e cooperar entre si, minimizando desperdícios, para que haja uma maior otimização e assim, um crescimento da oferta intermodal. Isto levanta questões complexas relativas ao alinhamento de objetivos e partilha de investimentos e ganhos.

2.1.1. Desempenho nas Emissões Carbónicas

Em 2015, um total de 4452 milhões de toneladas de gases de efeito estufa (GEE) antropogénicos equivalentes a CO₂ foram emitidas na União Europeia (UE). Cerca de 20% dessas emissões resultaram do transporte, onde o transporte rodoviário é o modo dominante. Tome-se como exemplo, 75,3% do total das expedições na UE foram transportados por camião, 18,3% por comboio e 6,4% por vias marítimas em 2015 (Eurostat, 2020).

À medida que o transporte intermodal é estudado, é apresentado como a melhor alternativa, com menos emissões e a mais eficiente em termos de consumo energético. A escolha de uma operação intermodal é benéfica, tanto na capacidade de carga como no desempenho nas emissões carbónicas (Mayer et al., 2012).

Existem vários estudos que comprovam a eficácia energética e a redução de emissões de GEE do transporte intermodal comparativamente ao transporte rodoviário, o mais utilizado na atualidade. Tome-se como exemplo o trabalho de Liao et Al (2009), que prova a eficácia do modo intermodal, relativamente à emissão de CO₂, comparando com o desempenho do transporte unicamente rodoviário. Assim, é notório que o uso desta forma de transporte é favorável relativamente a benefícios ambientais.

2.1.2. Custos

Vários autores abordam o tema do cálculo dos custos de uma viagem intermodal. Hanssen et Al (2012) falam dos custos gerais do transporte intermodal e apresentam um modelo para o cálculo do custo genérico, do custo em função da distância e do tempo. Comparam ainda esses custos com os custos de um transporte unimodal. Janic (2007), desenvolveu um modelo para calcular os custos totais de uma viagem de transporte intermodal que, juntamente com o artigo escrito por Hanssen et al., (2012), serão referências posteriormente no cálculo dos custos. Janic (2007) considera custos internos, que consistem nos custos operacionais suportados pelos responsáveis pelo transporte e, custos externos, custos dos impactos das redes na sociedade e no meio ambiente. Os custos internos, são o conjunto dos custos de transporte, custos de manuseamento e custos de tempo. O autor interpreta os custos de manuseamento como os custos que o transbordo das cargas representa e, os custos com o tempo, como o custo das mercadorias em trânsito.

Custos internos

Os custos com a recolha, distribuição, transbordo e entrega de mercadoria constituem os custos internos de uma viagem intermodal. O custo abrange o custo de propriedade, seguros, manuseamento, mão-de-obra, energia, impostos e taxas relativas ao uso da rede. Os custos com investimentos adicionais não são tomados em conta, pois as infraestruturas acolhem um determinado volume de procura, correspondente à eficiência do sistema, e cobram taxas de uso. Parte desses fundos serão investidos na melhoria e crescimento das instalações.

Custos de transporte

O custo de transporte é a maior fatia do bolo que representa os custos de transportes de mercadoria. Todos os custos referentes à deslocação desde o ponto de origem até ao destino, com a utilização de meios de transporte, retratam os custos de transporte. Estes custos são usualmente obtidos com o produto entre a distância e o preço por quilómetro, que pode diferir entre regiões.

Custos de Manuseamento

As várias etapas que constituem o percurso de um transporte intermodal requerem troca de meios. As práticas de carregar e descarregar, transbordo de um meio para o seguinte, representam um custo que não deve ser esquecido aquando o cálculo dos custos e o planeamento da viagem. Estes custos englobam a mão-de-obra e aluguer de equipamentos que auxiliam o processo.

Custos de tempo

Os custos relativos ao tempo usado em cargas e descargas são tidos em conta, pois nesses períodos a mão-de-obra representa um custo. Pode ser também considerado o tempo gasto, devido a atrasos e imprevistos, ou quando a carga, ou descarga ultrapassa o período uniformemente definido no setor.

Tempos de espera nos terminais, ou parques especializados para o efeito, entre partidas e chegadas, são considerados custos de tempos de espera. Em períodos que antecedem ou sucedem um troço da viagem, a carga está em espera e deve permanecer guardada em locais para esse efeito, no sentido de garantir a sua segurança.

Custos externos

Cada etapa da operação de entrega, gera responsabilidades para a sociedade. Ao serem intensivos e persistentes, esses encargos devem estar refletidos nos preços e são considerados como custos externos.

Os custos externos são geralmente estimados indiretamente usando métodos numéricos para retribuir os impactos causados. Abrangem os custos de danos derivados, como poluição do ar, local e global, congestionamento nas vias, poluição sonora e acidentes de trânsito. A modelação destes custos passa pelo desenvolvimento, recolha de dados e

aplicação do modelo. O seu desenvolvimento inclui a identificação das variáveis importantes que refletem o tipo e formato dos dados necessários.

2.1.3. **Planeamento de Rotas Intermodais**

O poder de tomada de decisão no planeamento das rotas intermodais está incluído numa hierarquia, com níveis e investimentos díspares. Na base da pirâmide da tomada de decisão encontra-se o planeamento a curto prazo, intitulado de planeamento operacional. É gerido num ambiente altamente dinâmico, onde o fator tempo desempenha um papel importante e a incerteza é um fator intrínseco. O nível seguinte, o planeamento tático, é caracterizado pela alocação eficiente dos recursos existentes, otimizando o processo. É uma gestão feita a médio prazo. No topo da pirâmide, o planeamento estratégico, é elaborado a longo prazo. Conta com os avultados investimentos de capital em redes e infraestruturas (An Caris et al., 2008).

Os problemas de planeamento no transporte intermodal de mercadorias podem estar relacionados com vários fatores com base nas principais etapas do planeamento do transporte intermodal, como a programação de camiões entre terminais e a gestão das operações de transbordo da carga. Esta programação é realizada pelos operadores de terminal, e os operadores de rede, responsáveis pelo planeamento e organização do transporte nos meios ferroviários ou aquáticos. Finalmente, os operadores intermodais que selecionam a rota mais apropriada para a eficácia do percurso na rede intermodal. Os envolventes devem estar em equilíbrio e harmonia de forma a que o resultado final seja viável e rentável para todas as partes envolvidas, em termos de compatibilidade de horários, tempos de trânsito, custos, satisfação do cliente e requisitos legais.

2.2. ***Vehicle Routing Problems***

Segundo Toth e Vigo (2002), os problemas de roteamento de veículos, ou *vehicle routing problems* (VRP), referem-se ao cumprimento das solicitações de um determinado número de clientes, por um conjunto determinado de veículos, com uma dada capacidade,

num certo período de tempo. Estes veículos devem começar e terminar a sua rota no mesmo armazém, ou centro de distribuição. O objetivo na resolução deste problema é o desenho de rotas, ou conjunto de rotas, a percorrer pelo veículo, ou veículos, de forma a respeitar todos os requisitos do cliente, minimizando os custos de transporte. No entanto, procura-se também a minimização do tempo de viagem e do número de veículos e motoristas utilizados, com o intuito de poupar recursos. Nestes problemas assume-se que cada cliente é atendido exatamente uma vez e que a capacidade dos veículos usados não é ultrapassada, quer em termos de volume, quer de peso (Solomon, 1987).

Este tema tem sido altamente estudado ao longo das últimas décadas e diversas variantes foram propostas e investigadas. Do universo de todas as vertentes do problema, tome-se como exemplo, VRP envolvendo retornos, cargas completas e janelas horárias.

Pickup and Delivery

Problemas de *pickup and delivery* são caracterizados por problemas onde um veículo sai de um armazém ou centro de distribuição e segue para o local de carga. De seguida descarrega no cliente e retorna ao armazém. Este caso difere do tradicional, pois o veículo não sai do armazém carregado, e segue para o cliente, sendo que deve fazer uma, ou várias paragens para carregar.

Pode ser classificado em três grupos diferentes. A categoria *many to many*, correspondente ao caso onde o veículo faz a carga em vários locais e descarga, também em mais do que um local. O caso de *one to many to one*, onde se dá a carga num só lugar, mas deve fazer-se várias descargas, ou o inverso. Por fim, o caso *one to one*, onde o veículo faz a carga em um único local, assim como a descarga (Yu e Dong, 2013).

Time Windows

Os problemas de VRP com *time windows*, ou janelas horárias, acontecem quando uma rota tem o instante inicial e final designado para cada cliente, nesse determinado percurso. Estas restrições representam um fator importante na escolha do percurso a seguir. O instante em que o veículo sai do armazém, o tempo de viagem e o tempo de serviço, são fatores a ter em conta neste tipo de problemas, para que não seja comprometida a janela horária do cliente seguinte. O atendimento de cada cliente deve começar dentro da janela definida e o veículo deve chegar ao local atempadamente, de forma a evitar atrasos (Toth e Vigo, 2002).

O objetivo deste problema consiste em encontrar um conjunto de circuitos, minimizando o custo, respeitando as condicionantes temporais e a capacidade do veículo, sabendo que cada cliente só deve ser visitado uma vez (Toth e Vigo, 2002).

Backhaul

Backhaul, ou viagens de retorno, são um caso do VRP onde dois tipos de clientes são atendidos. Em primeiro lugar, os clientes de *linehaul* são atendidos, onde uma determinada carga lhes é entregue, e de seguida, são atendidos os clientes de *backhaul*, onde expedem uma determinada carga, alheia ao cliente de *linehaul*, de volta para o armazém. Nestes problemas é respeitada uma premissa, onde os clientes de *backhaul* só são atendidos após todos os clientes de *linehaul* terem as suas exigências satisfeitas (Wade e Salhi, 2002).

O objetivo a cumprir com a resolução destes problemas é, mais uma vez, encontrar uma ou várias rotas, que minimizem o custo da viagem. Devem ter em conta a capacidade do veículo em questão e respeitar a regra que diz que os clientes de *backhaul* só serão atendidos após os clientes de *linehaul* (Toth e Vigo, 2002).

Full truckload

O problema de *full truckload* é caracterizado pelo transporte de mercadoria com o objetivo de realizar viagens apenas quando o veículo atinge a carga máxima. Este problema passa pela seleção do cliente com a carga que se revele mais rentável. Neste cenário é assumido que uma carga deve ser seguida por uma descarga e não por outra carga, ou seja, só se deve atender um cliente de cada vez (Annouch et al., 2016).

2.2.1. Viagens a Vazio

Viagens a vazio são uma consequência do transporte. Oscilações do mercado e volumes de carga instáveis podem resultar num aglomerar de contentores ou veículos num local e escassez num outro, o que exige o reposicionamento dos equipamentos. As viagens de retorno não contribuem para as margens de lucro, mas representam custos logísticos com relocalização e manuseamento. Uma boa gestão dos equipamentos vazios pode ser um fator decisivo na sobrevivência e competitividade da empresa no mercado (Olivo et al., 2005).

Este problema deve ser abordado nos vários níveis de planeamento do transporte. O planeamento estratégico, deve considera-lo na determinação da capacidade dos terminais e das redes. O planeamento tático, precisa ser capaz de considerar o problema no desenvolvimento de previsões para afetação de equipamentos e, o planeamento operacional, necessita resolver problemas de gestão de rotas para os equipamentos a curto prazo (Olivo et al., 2005).

A gestão dos contentores de uma entidade para que se evite viagens a vazio pode ser abordada de duas maneiras: a rejeição de cargas ou o aluguer dos contentores. Devido à competição do mercado é muito pouco frequente a rejeição de cargas, devido à perda de oportunidade (Shintani et al., 2007).

Edwards et al. (2010), afirmam que 25% dos quilómetros realizados por camião dentro dos países da União Europeia são realizados a vazio. Os autores apresentam os fatores que afetam a utilização da capacidade total de um veículo e dividem as restrições em 5 categorias: de mercado; referentes a regulamentos legais; interfuncionais, impostas por outros departamentos do negócio; infraestruturais, relativas à capacidade de armazenamento e das redes; e, relacionado com o equipamento, referentes à incompatibilidade de veículos e equipamentos de manuseamento.

A falta de conhecimento de oportunidades de carga é uma restrição apontada pelos autores. Estes afirmam que oportunidades de carga são perdidas pela falta de comunicação entre transportadoras e clientes. No passado, a troca de cargas era baseada no conhecimento do mercado e acordos pré-concebidos. Com o crescimento do uso da internet, criou-se uma oportunidade de haver trocas de informação em tempo real aumentando as oportunidades de carga disponíveis (Fuks et al., 2015).

2.3. Mercado Internacional da Bolsa de Cargas

O comércio eletrónico pode ser definido como o comércio de bens e serviços pelo meio da internet. As atividades de comércio eletrónico geralmente são divididas em duas categorias: B2C (empresa para consumidor) e B2B (empresa para empresa) (Hesse, 2012). B2B representa um negócio onde o comprador é uma empresa, enquanto o B2C representa

um negócio onde o cliente é o consumidor final. No presente subcapítulo será abordado o comércio B2B.

2.3.1. Introdução à Bolsa Eletrónica de Cargas

O desenvolvimento da tecnologia contribuiu para a criação de novos serviços. As plataformas eletrónicas de logística, em particular, a bolsa internacional de cargas, são sistemas nos quais são colocadas informações sobre excesso ou falta de carga, por parte de transportadoras ou dos clientes. Isto possibilita que haja uma troca de informação mais rápida, e permite uma otimização dos meios de transporte (Fuks et al., 2015). A criação destas plataformas online teve como objetivo inicial impulsionar a cooperação entre transportadoras, mas, cada vez mais, fabricantes e empresas comerciais tiram partido das mesmas.

As plataformas podem ser usadas de forma regular ou apenas como uma opção em casos onde os parceiros habituais não respondem à procura de transporte (Fuks et al., 2015). De forma a evitar viagens a vazio, diminuir o desperdício e maximizar a utilização dos equipamentos, os transportadores procuram cargas em plataformas da bolsa de cargas. Desta forma evitam-se os custos de retorno do veículo e um maior impacto ambiental (Li e Yu, 2017).

A empresa transportadora deve analisar e decidir se a carga que encontra será rentável, dentro das suas expectativas, ou não. A escolha da carga deve respeitar regulamentos legais que ditam o tipo de carga que determinados veículos podem transportar como tamanho, peso e volume.

2.3.2. Transação

A principal característica da bolsa internacional de cargas é o facto das transações entre anunciante e cliente serem únicas e os preços serem determinados pela procura do serviço no mercado, e é negociado entre ambas as partes (Fuks et al., 2015).

O processo de aquisição de informação envolve a procura de alternativas de possíveis parceiros comerciais. Devem-se procurar alternativas que satisfaçam necessidades

específicas de ambas as partes, comparando alternativas e características do serviço e custo (Nandiraju e Regan, 2008). Depois do contacto entre os interessados e a negociação de condições e valores, executa-se o cumprimento do acordo. Após a carga ser entregue e o pagamento ser efetuado, a transação termina, assim como, possivelmente, a relação entre o anunciante e o cliente.

As operações de uma transportadora desenvolvem-se num ambiente altamente dinâmico, caracterizado pela incerteza, tempos de viagem dúbios, atrasos, tempos de espera nas instalações do cliente e posições dos veículos carregados e vazios. O serviço é personalizado para cada cliente e estes fatores têm um peso no preço estimado a cobrar.

2.3.3. Plataformas

Existem várias empresas dedicadas ao desenvolvimento e gestão de plataformas tecnológicas. Contribuem para a criação de valor, fornecendo aos seus utilizadores rentabilidade, segurança e uma resposta rápida. Li e Yu (2017), apresentam um documento onde apresentam aplicações eletrónicas, bem como as suas funções, e ainda, fazem uma análise das suas vantagens e desvantagens.

Estas plataformas habitualmente asseguram os pagamentos antes do carregamento das cargas, em colaboração com seguradoras especializadas. Por norma, a admissão nas plataformas de empresas que cumpram as normas de qualidade do Quality Assurance Policy (QAP) e aceitem o código ético de cada plataforma. Existem procedimentos de avaliação e aceitação de novos membros, bem como canais de comunicação para que se possa reportar irregularidades cometidas por outros utilizadores (Wtransnet, 2020).

2.4. Análise Crítica

Para finalizar o enquadramento teórico, o transporte intermodal é um método adotado recentemente no setor dos transportes de mercadorias. Investigações relacionadas com otimizações e melhorias dos métodos e processos estão a emergir. Com o aumento do uso desta forma de transportar mercadorias surgem equipamentos avançados, como o semirreboque e os navios *roll on-roll off* (RO-RO). Cabe aos utilizadores fazerem o melhor

uso destas inovações, tanto para as suas organizações, como para o ambiente e sociedade em geral. Estes recursos têm um papel importante no dia-a-dia do planeamento e execução do transporte intermodal. É importante a investigação dos resultados da sua colaboração para que os ganhos sejam amplificados.

Apesar das imensas vantagens, a intermodalidade requer um extenso planeamento para se tornar eficaz e rentável. O planeamento de rotas e os custos associados devem ir de encontro a todas as exigências do cliente para que assim seja vantajoso para ambas as partes. Ongtang e Sirivunnabood (2014) realizaram um trabalho sobre a combinação de viagens a vazio utilizando um modelo de programação linear binário, enquanto que Caris e Janssens (2009) desenvolveram um trabalho sobre recolhas e entregas de contentores intermodais associados a um problema com janelas horárias. Ambos os documentos serão abordados mais à frente na formulação do problema.

O mercado internacional de cargas pode ser visto como uma ferramenta para aumentar receitas. Pretende-se assim, com este documento, contribuir para o estudo do tema, e desenvolver um modelo para a escolha da carga mais rentável, anunciada em bolsas de cargas.

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.

3. CASO DE ESTUDO

Na gestão de qualquer organização, o foco é reduzir despesas e aumentar receitas. Nas empresas de transporte uma das formas de estar mais perto de atingir esses objetivos é diminuir ou eliminar os gastos com as viagens de retorno realizadas em vazio. Neste capítulo será estudado como a análise das cargas disponíveis na bolsa do mercado pode ter um papel importante neste processo.

O planeamento operacional de cargas e descargas é, por norma, organizado no dia anterior à carga ou descarga. Estas plataformas permitem saber quais as cargas disponíveis para serem transportadas por zona geográfica e têm variedade de oferta. O utilizador deve ser capaz de selecionar qual a carga ideal para os diferentes cenários.

Será estudada a escolha da carga que melhor se adequa aos requisitos e respeita uma série de critérios cruciais para o sucesso da viagem. O apuramento da opção apropriada para cada caso, deve basear-se nos custos que representa para a organização, que dependem da distância a percorrer e, na compatibilidade de horários de carga e descarga, denominados de janelas horárias. Deve também ter-se em conta a capacidade e tamanho do veículo.

3.1. Descrição do Problema

A empresa tem que suportar todos os custos que advêm das viagens de retorno dos equipamentos, sem obter retorno, quando não as consegue preencher. As viagens a vazio geram prejuízos e isto leva a gestão a investigar soluções para os reduzir.

Não obstante, de ser um desperdício torna-se necessário, pois não é viável abandonar um equipamento, que é uma mais-valia na empresa, num ponto geográfico que não é favorável estrategicamente, nem mesmo mantê-lo inutilizado. Para além de não ser lucrativo, gera custos relativos a estacionamento, entre outros.

Ambiciona-se rentabilizar ao máximo os equipamentos que a empresa dispõe. Isto passa pela sua circulação, respondendo a pedidos de clientes, minimizando os tempos de paragem, custos e desgaste do equipamento. A melhor forma de reduzir este desperdício

relativo à viagem de regresso, é transportar uma carga no retorno, voltando à zona de partida. Esta operação é conhecida como *roundtrip*.

Frequentemente, este cenário de *roundtrip* não é viável, pois o cliente não tem carga disponível para enviar, destinada à zona de partida, ou simplesmente prefere não o fazer. Deve-se assim encontrar uma forma rentável de levar o equipamento para o próximo destino, onde será utilizado. Quando a empresa tem parceiros próximos da zona de descarga, pode estabelecer contacto e encontrar uma solução com vista à redução de custos da viagem. A incerteza associada a este método é bastante elevada pois, encontram-se à mercê da vontade e oportunidades criadas por esses mesmos parceiros.

Outra forma de ocupar o equipamento é através do mercado internacional de cargas. O uso destas plataformas permite colocar o equipamento à disposição de potenciais clientes. Ao utilizar este método, primeiramente, devemos selecionar qual a plataforma adequada a cada território. Existem plataformas líderes em viagens entre os países ibéricos, outras nos países do norte da Europa, como Alemanha, Polónia e República Checa, ou ainda, plataformas líderes nos países da Europa central, como França e Itália. A seleção é feita baseada na reputação que a plataforma tem no mercado.

Neste capítulo será analisado como se deve proceder para a escolha adequada da carga dentro do universo de cargas disponíveis no mercado. Serão abordados quais os critérios que têm influência, como os dimensionar e respeitar.

3.1.1. Descrição da empresa

A TLOGÍSTICA (nome fictício) é uma empresa Portuguesa que opera no setor da logística e transportes. A empresa promove soluções globais, integradas e personalizadas de transporte e logística, resultado de uma rede que permite oferecer serviços, tais como: grupagem diária; lotes e cargas completas para todos os países da Europa, Magrebe e Turquia, com tempos de trânsito reduzidos; e, soluções de distribuição e de armazenamento personalizadas (KLOG, 2020).

Possui atualmente 158 colaboradores, distribuídos pela sede, no Porto e pelas filiais, em Coimbra e Lisboa. Em 2019 a TLOGÍSTICA Logística faturou 78M€ com os diversos serviços que dispõe aos clientes.

Fundada em julho de 2012, e com um aumento do capital social para 250 000€ em menos de 1 ano, investe em certificações e programas que visam a melhoria do desempenho ambiental do transporte de mercadorias. A junho de 2013, torna-se parceiro do grupo Geodis Wilson, líder mundial em transportes e logística. Em fevereiro de 2015 é aprovada e implementada a certificação do sistema de qualidade ISO 9001 e, em setembro de 2017 distingue-se com as normas ISO 9001:2015, ISO 14001 e OHSAS 18001. Abril de 2019, é distinguida com a medalha de prata do EcoVadis, organização que trabalha com empresas para a inovação em compras sustentáveis.

Possui serviços “Land”, que fornece soluções rodoviárias com base nas fortes redes de transporte a nível europeu e “Air and sea”, onde oferece respostas rápidas e estratégicas ao cliente. A “Intermodal Division” baseia-se em operações eficientes e sustentáveis, combinando diferentes meios de transporte. “Contract Logistics” tem soluções de armazenamento, etiquetagem, embalagem e “Time Critical” que compreende transportes de urgência.

3.1.2. Departamento intermodal

O departamento intermodal é especializado em transporte de cargas por transporte intermodal. Opera a oferecer soluções personalizadas a cada cliente. Os fluxos são abundantes à importação e exportação, ou seja, cargas são recebidas e enviadas de Portugal, para o mundo, tendo foco na Europa, com forte presença na Alemanha, França e Espanha.

Sendo o transporte um setor bastante competitivo, o departamento intermodal aposta na flexibilidade, de forma a entregar ao cliente exatamente o que ele precisa. O departamento desenha uma rota adequada aos requisitos do cliente, como o preço, emissões de GEE, tempo de trânsito, entre outros. A combinação de Camião-Rail-Camião, Camião-Short Sea-Camião ou Camião-RO-RO-Camião é significativamente popular, comparativamente a outras opções, aquando a escolha do cliente. O camião oferece a agilidade e rapidez, e os restantes veículos oferecem um preço reduzido e elevada capacidade de carga.

O departamento intermodal lida com uma variabilidade considerável ao longo do ano, sendo que o número de cargas transportadas sofre vários picos, representados na Figura 3-1 Cargas realizadas mensalmente no ano de 2019 pelo departamento intermodal. É de considerar o período

inicial do ano, onde o nível de cargas é relativamente mais baixo e os dois picos superiores anuais registados. Existe um pico no meio do ano e o outro no fim. O número baixo de cargas transportadas no início do ano deve-se à quebra do consumo no período que sucede o Natal. Como o consumo cai, o mercado do transporte de mercadorias cai conseqüentemente. O primeiro pico, no mês de julho, é causado pelo crescimento do mercado global anual, onde o consumo aumenta, e naturalmente o transporte de mercadorias. Por fim, o pico no mês de novembro, mês que antecede o Natal e o fim do ano, que é também um período onde o consumo aumenta consideravelmente.

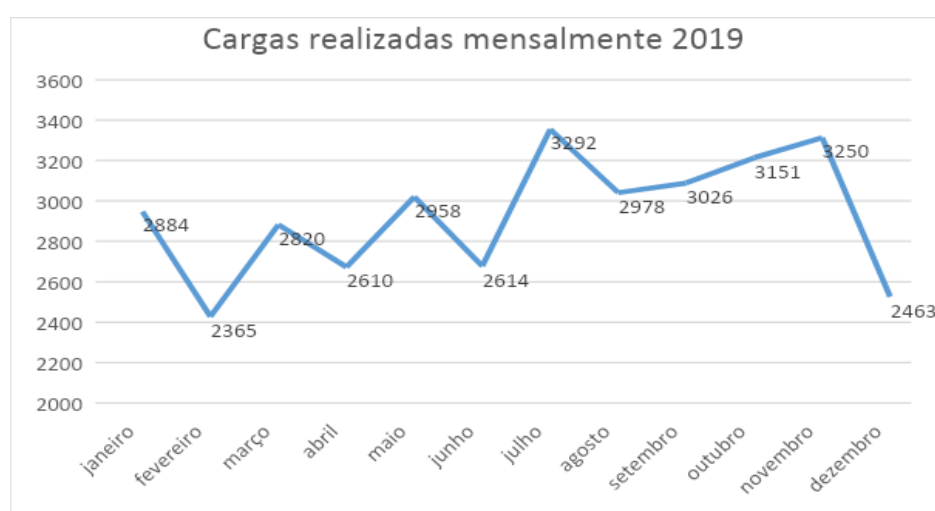


Figura 3-1 Cargas realizadas mensalmente no ano de 2019 pelo departamento intermodal

A oscilação do número de cargas a transportar não permite um planeamento de longo prazo, visto que a maioria dos clientes encomenda as viagens com partida no dia seguinte. Apesar da grande personalização e da variabilidade a que o departamento intermodal é exposto, tem como finalidade garantir qualidade ao cliente, de tal forma que, ao servir grandes clientes como o IKEA, VW Autoeuropa e Continental, tem que cumprir a exigência de um nível de serviço acima dos 95%. Este nível é medido pela chegada atempada aos locais de carga e descarga. Os clientes consideram um atraso quando o veículo se apresenta 15 minutos depois da hora marcada.

Aquando a utilização do método Camião - RO-RO - Camião, a TLOGÍSTICA dá a opção ao cliente de escolher o uso, ou não, de reboques ou semirreboques que sejam sua propriedade. Este método desencadeia, depois de entregue a carga do cliente, que a TLOGÍSTICA seja responsável pela viagem de retorno do equipamento.

3.2. Análise da Situação

Atualmente, a prática de preencher viagens a vazio no departamento intermodal da TLOGÍSTICA cai sobre o contacto de parceiros para encontrar uma opção que se encaixe nos tempos de trânsito desejados e que dê lucro. O mercado internacional de cargas entra em último recurso.

A seleção é feita com base na experiência dos colaboradores. Os critérios de seleção passam por encontrar uma carga que esteja num raio de 150 Km do local de descarga, pois esta distância representa duas horas de viagem pelo meio de rodovia, em média. Isto é importante, porque significa que rapidamente, após a descarga no cliente anterior, consegue apresentar-se no próximo cliente. No setor do transporte de mercadorias duas horas de viagem representa um período significativamente curto já que, por exemplo, existem viagens com um período de duração de 6 dias consecutivos. Esta norma é assim adotada para reduzir o desperdício de tempo.

Critérios como horários e preços são negociados. Ambas as partes procuram satisfazer as suas exigências, o que incute incerteza no método. É prioritário para a TLOGÍSTICA que esta operação não comprometa a seguinte, relativamente aos horários que deve cumprir.

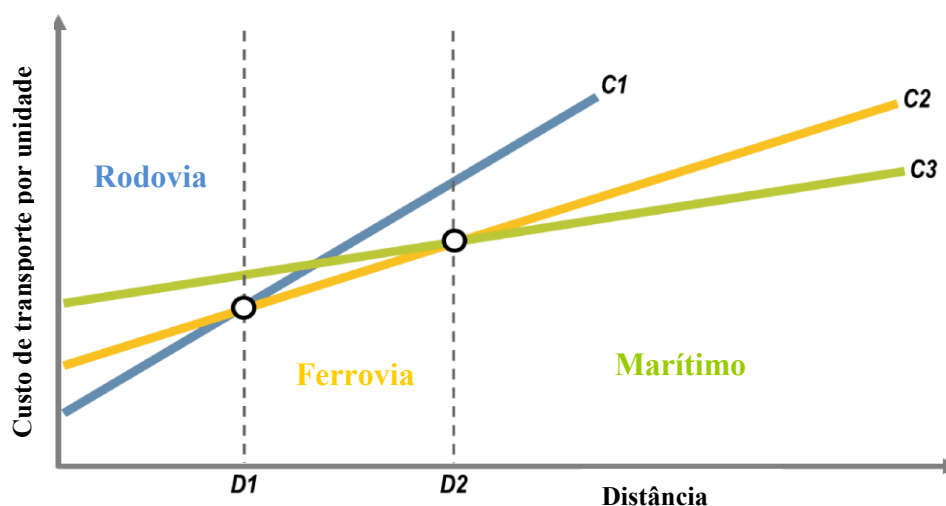
Com a pressão mútua para fechar o negócio, por vezes podem ser tomadas decisões erradas, que põe em causa a rentabilidade da operação. Este método pode ser benéfico, quando as negociações decorrem favoravelmente, mas devido à incerteza associada, nem sempre se verifica.

A empresa tem como objetivo a obtenção de uma margem de lucro entre os 20% e 25% por viagem. Estas metas de percentagens de lucro são flexíveis, pois a oferta e procura no mercado, influência altamente os preços e consequentemente a margem de lucro. Ambas as partes, a TLOGÍSTICA e o cliente, pretendem sair beneficiados, mas durante a negociação podem chegar a aceitar cargas onde a margem de lucro atinja entre 3% a 5% ou até mesmo, ter prejuízo. Por vezes o preço pago por transportar a carga não cobre os custos gastos na movimentação do equipamento para a localização desejada.

3.3. Abordagem ao Problema

Este é considerado um problema de otimização de rotas de retorno com carga completa e janelas horárias fixas. É aplicável em viagens com origem no território alemão e com destino a Portugal. Assume-se que o equipamento que fará a viagem de regresso é um semirreboque com as medidas normais (13,6 m x 2,47 m x 2,77 m) forrado a lona, e que os terminais intermodais estão abertos 24 horas por dia.

Segundo Rodrigue (2020), as viagens que recorrem ao método intermodal devem ter distâncias a percorrer relevantes para serem rentáveis. C1, C2 e C3, representados na figura 3.2, indicam as funções dos custos retratados pelos diferentes meios de transporte em função da distância. C1 representa o transporte rodoviário, C2 o transporte ferroviário e C3 o transporte marítimo. Viagens com distâncias superiores a D1, tornam-se mais rentáveis com o uso do transporte ferroviário do que o transporte rodoviário, enquanto que a partir da distância D2, o transporte marítimo será o mais vantajoso. O ponto D1 está localizado entre



500 e 750 Km do ponto de partida, enquanto o D2 ronda os 1500 Km.

A primeira viagem relevante para o estudo representa o transporte do semirreboque vazio entre a descarga e carga em território alemão. Será realizada por camião devido à necessidade de um transporte ágil e, como se pretende que seja uma viagem de curta

Figura 3-2 Custo em função da distância dos meios de transporte (Rodrigue, 2020) (Adaptado)

distância, não é aconselhável a introdução do método intermodal. De seguida dá-se o transporte do semirreboque, com a carga do cliente, que segue viagem para o terminal intermodal, também pelo meio rodoviário, pelas razões acima referidas.

O semirreboque irá esperar no terminal intermodal até ser colocado no navio e partir com rumo ao terminal intermodal de desembarque. No presente cenário, será utilizado o meio marítimo como o meio adicional ao rodoviário para tornar esta, uma viagem intermodal. A distância entre a Alemanha e Portugal é de 2400 Km, o que, segundo (Rodríguez, 2020), justifica a adoção deste meio como o meio mais rentável. Será escolhido navio RO-RO, pois como se pretende transportar um semirreboque, o este navio permite um manuseamento mais rápido do que um contentor, onde seria necessário o uso de gruas para o efeito.

O navio deverá partir do porto de Roterdão, na Holanda, um dos maiores terminais intermodais europeus, e atracar no porto de Leixões, na cidade do Porto. Foi escolhido o porto de Roterdão, pois é o porto marítimo da Europa central que possui mais rotas de viagem até Portugal, em específico o Porto de Leixões, com duas saídas semanais por navio RO-RO, como se pode consultar no APÊNDICE A. Outra opção viável seria o porto de Hamburgo que apenas possui três saídas mensais de navio RO-RO com destino a Portugal, o que reduz a flexibilidade e rapidez da operação. Assim, foi selecionado o porto de Roterdão como o porto de envio e o porto de receção será o porto de Leixões.

À chegada no terminal intermodal em Portugal e após deixar o equipamento de transporte, o semirreboque será atracado a um novo camião, que segue viagem para o local de descarga. É também realizada pelo meio rodoviário, devido à necessidade da agilidade, que é característica deste meio. Após a descarga, o camião e o semirreboque vazio seguem viagem para o novo carregamento, no terceiro cliente n .

Durante a primeira parte do processo, o camião desloca-se entre três locais fundamentais no seu percurso. Sejam esses locais designados por:

- i – Corresponde ao local onde o camião efetua a sua primeira descarga, no primeiro cliente.
- j – Corresponde ao local onde o camião efetua a sua primeira carga, no segundo cliente, após ter efetuado a primeira descarga no local i .
- t_0 – Lugar correspondente ao terminal intermodal de partida.

Durante a segunda parte do processo, o camião desloca-se entre três locais fundamentais no seu percurso. Sejam esses locais designados por:

- t_1 – Local correspondente ao terminal intermodal de chegada;
- m – Corresponde ao ponto onde o camião efetua uma descarga no segundo cliente, após a saída do terminal intermodal 1;
- n – Corresponde ao local onde o camião efetua a sua segunda carga, no terceiro cliente, após ter efetuado a primeira descarga no local m .

O primeiro ponto da escolha da carga passa pela tentativa de uma viagem de *roundtrip*, ou seja, o contacto com o cliente que vai receber a carga em i , antes de começar o processo de *backhaul*. Este foi considerado o ponto de partida pois, caso se confirme a existência da oportunidade, é favorável a aceitação da mesma. Isto deve-se ao facto de não haver viagem de ligação entre o local de descarga e o local de carga seguinte, que é feita a vazio e representa custos para a empresa de transporte. Neste cenário deve-se negociar o preço de venda do transporte de forma a que o lucro gerado seja máximo e que o período da viagem vá de encontro aos pré-requisitos.

3.3.1. Uso da Bolsa Eletrónica de Cargas

Quando o cenário de *roundtrip* não é viável devemos então recorrer às plataformas da bolsa de cargas. O primeiro passo é filtrar as cargas disponíveis. Pretende-se analisar apenas as cargas que tenham um ponto de partida na Alemanha e destino final em Portugal. É possível também filtrar os resultados pelas cidades onde se pretende carregar e descarregar, mas não é uma prática aconselhável. Tendo em conta que no planeamento da viagem intermodal, a proximidade aos terminais intermodais é também um ponto a ter em consideração, não se deve eliminar potenciais concorrentes apenas porque não estão em cidades próximas a i ou n .

Deve filtrar-se os resultados pelo tipo de reboque pois os equipamentos que serão usados neste cenário são semirreboques. Este tipo de equipamento exclui a possibilidade do transporte de mercadorias que necessitem de um equipamento especial, como os frigoríficos ou “*mega-combi*”, que são os equipamentos utilizados em viagens ferroviárias.

Ao aplicarmos estes filtros obtemos uma lista de cargas. Como as plataformas não são compatíveis com análise de dados devemos transferir a lista para um programa com essas funcionalidades, como o *Microsoft Excel*.

Na Ilustração 3-1 Número de cargas disponíveis na plataforma, por dia é possível observar o número de cargas disponíveis, com origem na Alemanha e destino em Portugal, por dia, entre os dias 25/11/2020 e 31/12/2020. Foram extraídas cargas nos dias úteis deste período. As datas de 16 a 18 de dezembro não estão mencionadas. É possível observar que os dias com menos cargas disponíveis são os dias 3 e 8 de dezembro, com 6 cargas disponíveis em ambos os dias. Os dias 11 e 14 de dezembro foram as datas com um máximo de cargas listadas nesta rota, com 46 e 45 cargas respetivamente. Pode-se também perceber que existe uma variação considerável do número de cargas que estão disponíveis em diferentes dias, mas que em todos os dias foi executada a procura, havia cargas que satisfaziam as restrições impostas.

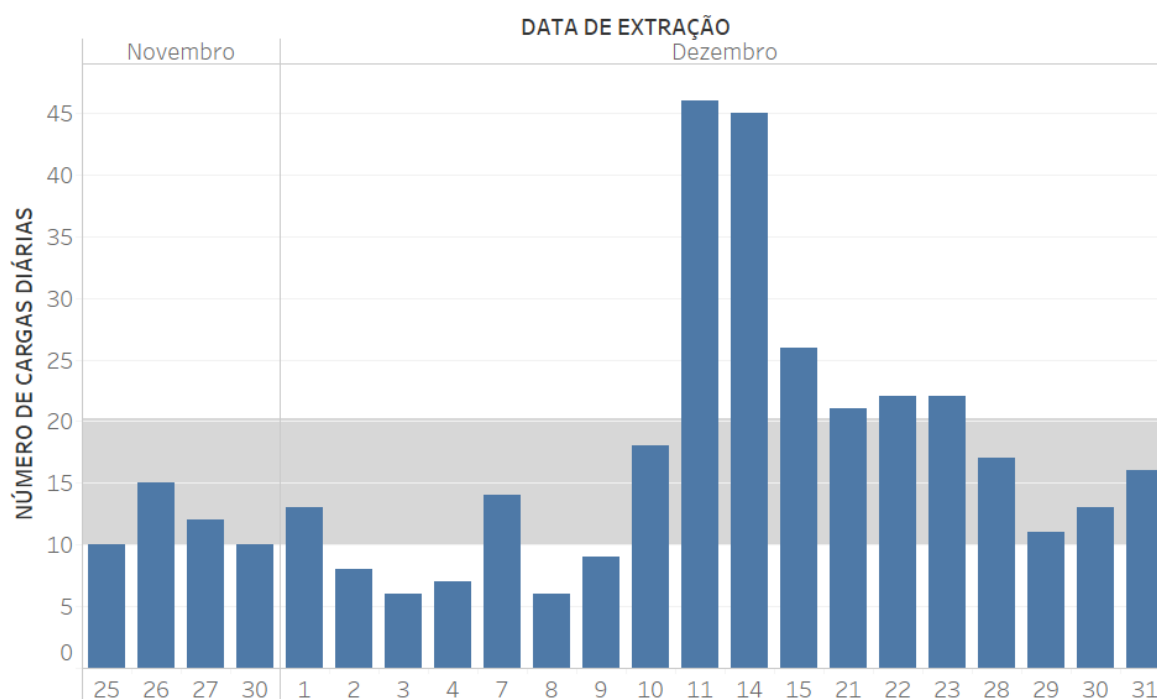


Ilustração 3-1 Número de cargas disponíveis na plataforma, por dia

Dentro das cargas extraídas analisou-se o tipo de veículo requerido para o transporte. O tipo mais popular é o “Trailer”, que não é mais do que um semirreboque. A segunda tipologia mais requisitada é a “Qualquer”, onde os proprietários não têm exigências

específicas e a carga pode ser transportada em qualquer veículo, ilustrado na Ilustração 3-2. Tipos de veículos requisitados na plataforma. Isto permite perceber que este parâmetro não representa um entrave na seleção das cargas disponíveis.

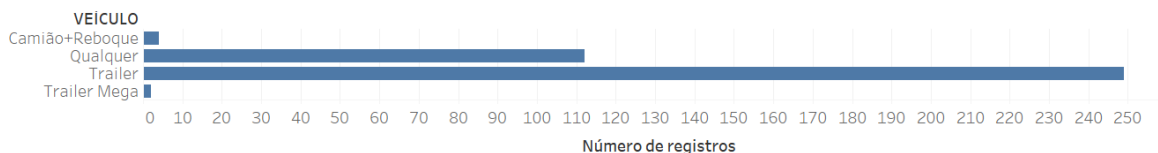


Ilustração 3-2 Tipos de veículos requisitados na plataforma

3.3.2. Peso

Deve definir-se um peso máximo que a carga pode tomar, assegurando que apenas cargas com um peso inferior ou igual a 24 toneladas são aceites. Esta restrição é imposta, pois as companhias marítimas rejeitam qualquer carga com um peso superior a este valor, devido a condições de segurança, tanto em terminais intermodais, como na viagem marítima.

Na Ilustração 3-3 Peso das cargas extraídas é possível observar que apenas uma fração insignificante tem um peso superior ao definido. Isto significa que apesar de esta ser uma restrição importante e necessária, não restringe um número considerável de opções. Neste caso duas cargas num total de 392 têm um peso de 24,7 Ton.

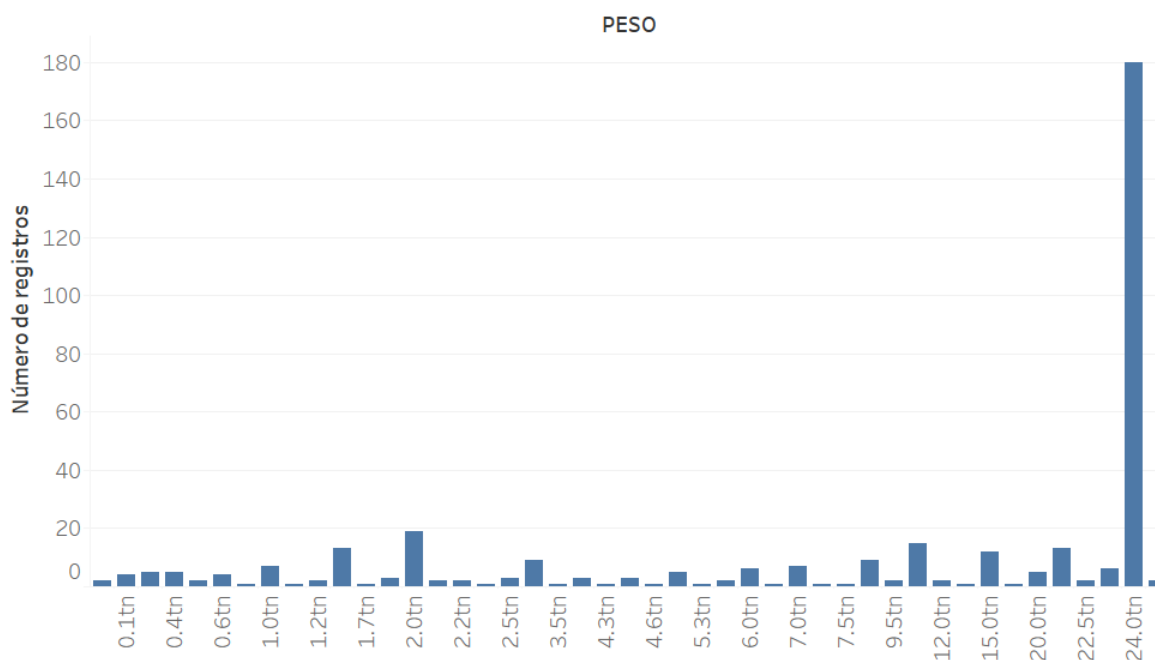


Ilustração 3-3 Peso das cargas extraídas

3.3.3. Restrições Temporais

Caris e Janssens (2010), desenvolveram um trabalho onde abordam o problema de cargas e descargas de um contentor intermodal com janelas horárias fixas. A definição deste ponto será baseada nas restrições apresentadas pelos autores.

Esta viagem segue o fluxo i, j, m, n . Os autores apenas abordaram os pontos i e j , mas considerou-se que para o caso em questão, a primeira parcela não será igual à última, logo deve-se definir ambos cenários. Estas restrições serão aplicadas na listagem de cargas de forma a eliminar aquelas que não são compatíveis com as janelas horárias a que os operadores serão sujeitos.

A equação representada em (1) garante que o horário em que o semirreboque deve estar no local de carga j é superior ao instante que o veículo deixa as instalações do local i , somado com o tempo que leva a viagem entre os dois pontos. Na restrição (2) define-se que t_{ij} pode ser calculado pela divisão entre a distância d_{ij} , em quilómetros, pela velocidade média de um camião de transporte de mercadorias, assumida de 80 Km/h.

$$t_i + t_{ij} \leq t_j \quad (1)$$

$$t_i + \frac{d_{ij}}{80} \leq t_j \quad (2)$$

Caris e Janssens (2010) também definem os tempos de espera entre clientes, onde o camião se encontra parado à espera da hora de carga ou descarga. Neste problema não é abordado esse aspeto, devido ao facto de que, em casos reais a espera é sempre minimizada no planeamento, onde o camião se desloca de um cliente para o seguinte assim que descarrega. Isto é possível devido à colaboração entre o cliente e a empresa de transporte, onde existe flexibilidade de alteração horários de cargas e descargas, desde que o cliente seja informado atempadamente, ou seja, no dia anterior.

A restrição (3) define que o instante de chegada no local de descarga m , deve ser superior, ou igual, ao instante de chegada ao local de carga j , somado com o período que demora o carregamento da carga no semirreboque, a duração das viagens entre o ponto j e o terminal intermodal 0, o terminal intermodal 0 e o terminal intermodal 1 (incluindo tempos

de espera e de carga e descarga no navio) e, o terminal intermodal 1 e o local de descarga m .

Para assegurar que o horário de chegada em n é respeitado, a equação (4) dita que o horário de chegada em m deve ser menor do que o horário de chegada em n , subtraído pelo tempo da descarga do semirreboque em m e a duração da viagem entre os dois pontos.

A restrição (5) assegura que a janela temporal de chegada é fixa em n , pois deve-se ter a certeza que não existem atrasos na chegada ao terceiro cliente. O início do horário real da carga ou descarga, deve estar compreendido entre o horário marcado para o efeito, e o fim da tolerância dada até que seja considerado atraso pelo cliente. A tolerância difere entre clientes, mas usualmente é de 15 minutos.

$$t_m \geq \left[(t_j + s_j) + \frac{d_{j0}}{80} + t_{01} + \frac{d_{1m}}{80} \right] \quad (3)$$

$$t_m \leq (b_n - s_m - t_{mn}) \quad (4)$$

$$E_n \leq b_n \leq L_n \quad (5)$$

Onde:

b_n - Hora real de começo da carga n ;

d_{t1m} - Distância da viagem desde o terminal intermodal 1 até ao ponto de descarga m ;

d_{ij} - Distância da viagem desde o ponto de descarga i até ao ponto de carga j ;

d_{tj0} - Distância da viagem desde o ponto de carga j até ao terminal intermodal 0;

E_n - Primeira hora de começo da carga n ;

L_n - Hora de começo mais tardia da carga n ;

s_j - Tempo de serviço de carga em j ;

s_m - Tempo de serviço de descarga em m ;

t_{01} - Tempo de viagem desde o terminal intermodal 0 até ao terminal intermodal 1;

t_i - Instante inicial, momento em que termina a descarga no local i ;

t_{ij} - Tempo de viagem desde o ponto de descarga i até ao ponto de carga j ;

t_j - Instante em que o semirreboque chega ao local j ;

t_m - Instante em que o semirreboque chega ao local;

t_{mn} - Tempo de viagem desde o ponto de descarga m até ao ponto de carga n .

Das cargas extraídas, apenas 84 das 392 têm anunciada a data em que o cliente requisita a descarga. Este dado permite que seja calculado o tempo de viagem. A rota entre a Alemanha e Portugal exige, no mínimo, quatro dias de viagem pelo modo intermodal.

Assumindo que a data de carga coincide com o dia em que o navio sai do porto de Roterdão, deve ter-se em atenção a duração das viagens entre ij e jt_0 de forma a garantir que a carga chega ao terminal a tempo de embarcar. As operações dentro do terminal com um semirreboque são substanciais e não consomem uma parcela considerável de tempo. A viagem de navio dura 3 dias e a descarga do navio em leixões tem um processo semelhante ao que acontece em Roterdão, que também consome um período de tempo reduzido. De seguida, as viagens t_{jm} e mn ocorrem em território nacional, o que significa que são viagens de curta duração.

Ao observar os resultados, apresentados na Ilustração 3-4 Dias requisitados para a viagem das cargas percebe-se que a segunda opção mais popular é de uma viagem com duração de 3 dias, com 18 registos, o que impossibilita a realização de uma viagem de intermodal. Serão realizadas por camião, de forma a chegar ao cliente atempadamente, mas implicam aumento das despesas com o transporte.

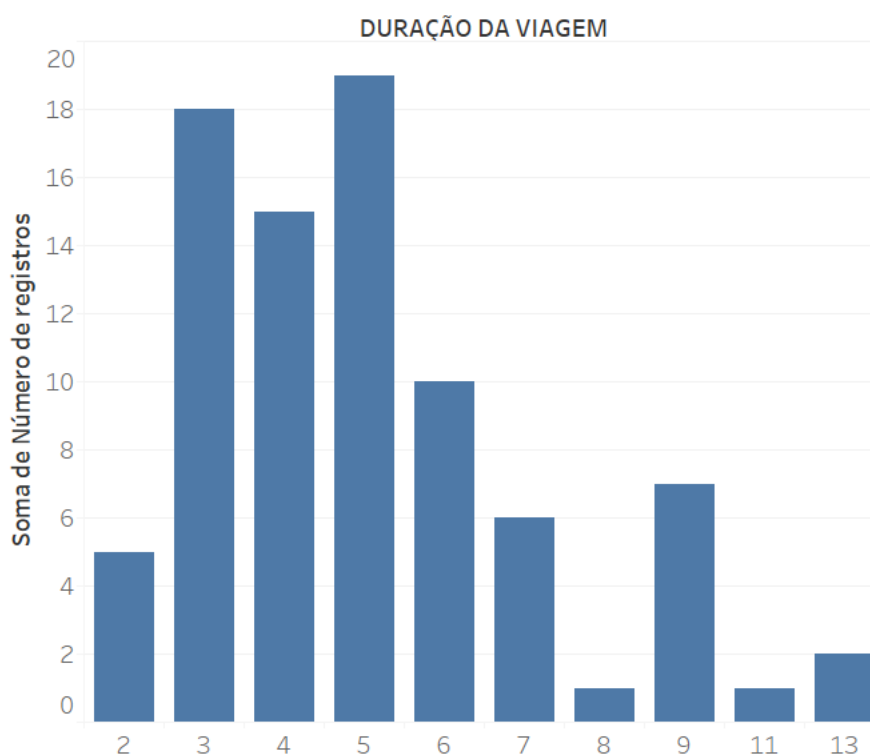


Ilustração 3-4 Dias requisitados para a viagem das cargas

Além do período de 3 dias, a outra opção, com 5 registos, que impossibilita a realização da viagem intermodal é quando o cliente precisa da mercadoria com urgência em Portugal e tem apenas 2 dias para a viagem. Tendo em conta que motoristas na UE podem apenas conduzir 9 horas diárias e que a distância entre a Alemanha e Portugal é de aproximadamente 2400 Km, esta viagem demora aproximadamente 3 dias, feita por camião. Quando o cliente requer que este período seja encurtado terá de pagar a utilização de um segundo motorista para que seja possível a chegada atempada.

Assim, é possível perceber que num universo de 84 cargas que apresentam a data de descarga, 23 não podem ser transportadas de forma intermodal, devido ao tempo de trânsito ser demasiado curto. Isto significa que 27% destas cargas teriam que ser rejeitadas, o que é um valor significativo para a análise.

3.3.4. Custos

A análise dos custos associados à viagem de retorno é um critério chave na decisão da escolha da carga, visto que um dos objetivos da empresa na abordagem deste problema é a redução de custos.

O cálculo dos custos totais C é dependente das distâncias d_{ij} , d_{jt_0} , d_{t_1m} , d_{mn} , que variam entre as diferentes cargas.

$$C = C_C + C_T + C_M \quad (6)$$

O cálculo dos custos totais C é proporcional às distâncias d_{ij} , d_{jt_0} , d_{t_1m} , d_{mn} , onde:

- d_{mn} - Distância entre o local de descarga m e o local de carga n .

$$C_C = C_{cam0} (d_{ij} + d_{jt_0}) + C_{cam1} (d_{t_1m} + d_{mn}) + C_V + C_{VC} \quad (7)$$

$$C_T = C_{TE} \quad (8)$$

$$C_M = C_{Mt0} + C_{Mt1} \quad (9)$$

Onde:

- C - Custos totais;
- C_C - Custos de transporte;
- C_V - Custo da viagem marítima;
- C_{VC} - Custo variável referente à oscilação do preço do combustível do navio;
- C_{cam0} - Custo da utilização de um camião, responsável por visitar os pontos i, j e terminal intermodal 0;
- C_{cam1} - Custo da utilização de um camião, responsável por visitar os pontos m, n e terminal intermodal 1;
- C_{TE} - Custo do tempo de espera no terminal intermodal 0;
- C_T - Custo do tempo;
- C_M - Custo de manuseamento;
- C_{Mt0} - Custo de manuseamento dentro do terminal intermodal 0;
- C_{Mt1} - Custo de manuseamento dentro do terminal intermodal 1.

Janic (2007) modelou o cálculo dos custos totais de transporte intermodal de cargas. Separou os cálculos em 4 tópicos: os custos de transporte, custos de manuseamento, custos de tempo e custos externos. Neste problema serão desconsiderados os custos externos, pois o cenário presente não se refere a percursos persistentes e constantes.

No cálculo dos custos de transporte (7), na recolha e entrega (troços realizados pelo meio rodoviário), Janic (2007) considera parte da equação a quantidade de veículos e a capacidade dos mesmos. No presente caso serão ignorados estes aspetos, visto que apenas está em análise o transporte de um único semirreboque com volume fixo. Obtém-se assim um custo de transporte na recolha e entrega, dependente da distância, que é diretamente proporcional ao custo do camião. É o custo cobrado pela empresa detentora do camião que transporta o semirreboque.

Apesar do autor não abordar este aspeto, considera-se que o custo de transporte do troço intermodal é composto pelo custo de frete que representa o lugar ocupado no navio. O valor do custo de frete é ditado pelas companhias marítimas. Serão consideradas no custo de transporte taxas impostas por ambos os terminais intermodais, bem como um custo variável cobrado pelas empresas marítimas referentes às oscilações do custo do combustível.

Os custos alusivos ao tempo estão descritos em (8). Este cálculo representa os custos relativos ao estacionamento e o tempo de espera nos terminais intermodais. Serão descartados custos de paralisação, custos relativos a atrasos à hora marcada nos locais de carga e descarga pois no planeamento não é possível prever a ocorrência deste parâmetro. Custos de descanso, abordados por Hanssen et al. (2012) não serão considerados, pois se tratam de distâncias de ligação, percorridas a camião, que não serão superiores a um dia, portanto não é justificável. Custos relacionados com perdas de oportunidade pelo tempo em transporte serão também ignorados no estudo. Como a empresa não é detentora dos produtos a serem transportados, não é influenciada por este parâmetro diretamente.

Serão ainda considerados custos de manuseamento (9), relativamente aos terminais intermodais. Os custos de manuseamento em terminais intermodais são abordados como taxas, ou seja, têm um valor fixo e independente de outros critérios. Assim, os custos totais (6) serão o resultado da soma dos custos calculados anteriormente, relacionados com a variável de decisão.

O custo de transporte rodoviário em território alemão e holandês é de 1,25€/Km e o intervalo de tempo disponível para cargas e descargas, sem custos acrescidos, é de 2h. Em território português, o custo da utilização de um camião é de 1€/Km e o intervalo temporal para cargas e descargas é de 2h, também.

Com a aplicação da equação (7) consegue-se calcular os custos de transporte que, neste caso, incluem o custo da viagem rodoviária e marítima. O custo de cada viagem

rodoviária, é o produto da distância, em Km, pelo preço por Km que, como referido acima, difere entre a Alemanha e Portugal. O custo de transporte é a soma do custo de todos os troços.

A TLOGÍSTICA tem um acordo com as transportadoras marítimas onde o custo de um lugar num navio, de rota Roterdão-Leixões, ocupado por um semirreboque, é de 700 €. Neste valor estão incluídos os custos de manuseamento dentro de ambos os terminais intermodais, de Roterdão e de Leixões. Não é necessário o uso de equipamentos extraordinário para a movimentação da carga, um veículo motorizado para a movimentação é suficiente. Ao custo fixo é adicionada uma taxa correspondente à oscilação dos preços de combustível do navio, que varia entre 80 € a 150 €. O valor a pagar é definido na altura da marcação do lugar e depende do preço de combustível no mercado. O custo da viagem marítima será a soma do custo fixo de 700 € com o custo variável.

A equação (8) calcula os custos de tempo. Esta equação abrange os custos de espera. Ambos os terminais intermodais oferecem armazenamento gratuito durante os três dias que antecedem a partida da viagem e os três dias que sucedem à chegada. Assim, considera-se o custo deste parâmetro 0 €.

A equação referente aos custos de manuseamento (9) considera os custos desta prática em ambos os terminais intermodais. Os portos que serão utilizados nesta operação em específico, têm acordos com a TLOGÍSTICA onde os custos de manuseamento vêm incluídos no frete da viagem, pelo estatuto contratualizado de cliente habitual. Se isto não ocorresse seriam cobrados 46,90 € em cada terminal intermodal.

Por fim, com a aplicação da equação (6) obtêm-se os custos totais referentes a cada carga para se realizar a viagem de regresso.

A distância é um fator que influencia o custo da viagem, sendo que quanto menor o percurso feito por camião, menor é o custo da viagem. Com os dados obtidos, apresentados na

Ilustração 3-5 Distribuição das cargas por código postal é possível perceber quais as zonas onde são requisitadas mais cargas. No gráfico abaixo estão representadas as cargas distribuídas pelos diferentes códigos postais de carga e descarga.

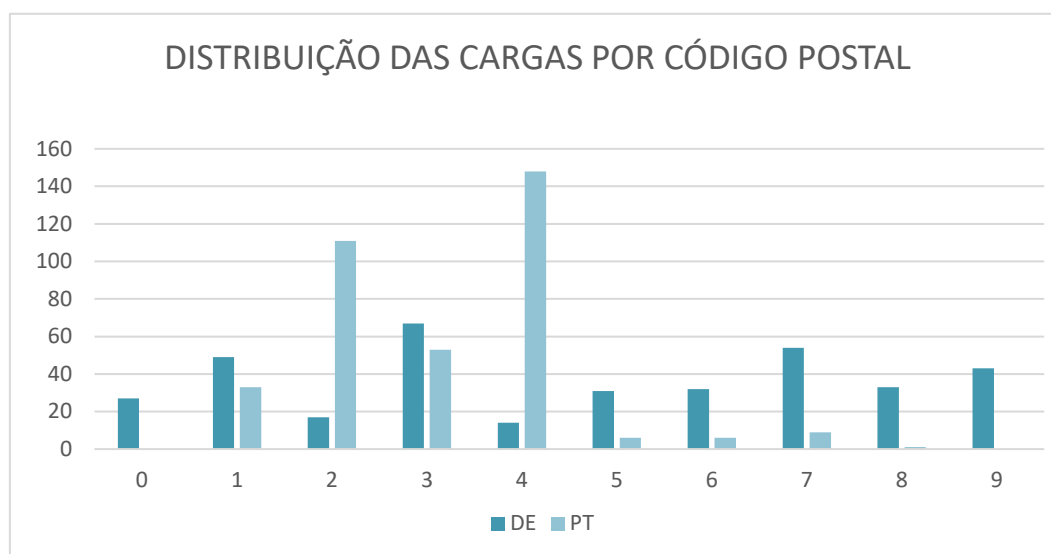


Ilustração 3-5 Distribuição das cargas por código postal

É possível perceber que os locais de carga são solicitados de forma distribuída pelo território, com maior incidência nas zonas com o código 3, seguido do 7, 1 e 9. Na Figura 3-3 Mapa da Alemanha com os respetivos códigos postais é possível perceber que a zona postal 3 está localizada no centro da Alemanha e que está situada numa posição próxima a Roterdão, que é favorável.

Relativamente às descargas em Portugal, observando a Figura 3-4 Mapa de Portugal com os respetivos códigos postais é possível perceber que uma grande maioria tem como destino a zona 4 e 2. A zona 4 é a zona onde se situa o porto de Leixões, o que é benéfico, visto que torna a viagem *t_m* bastante curta. As duas outras zonas mais requisitadas são a zona 2 e 3, que representam uma viagem entre 150 a 300 Km, ou seja, não representam uma viagem longa.

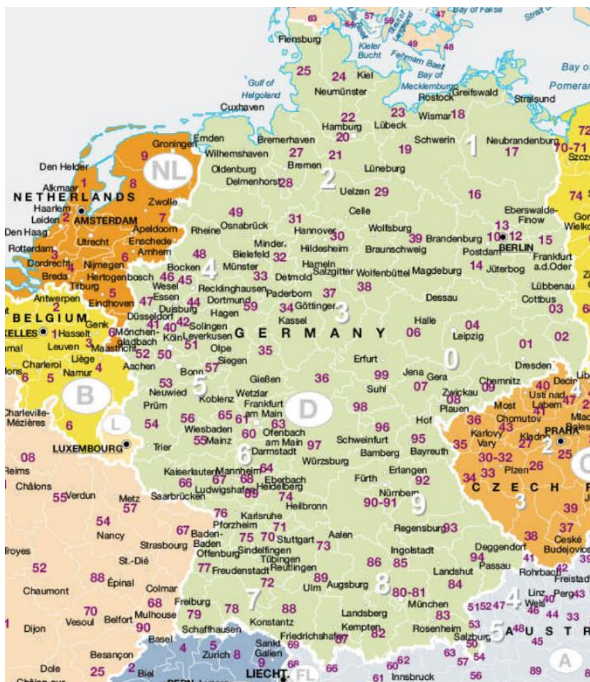


Figura 3-3 Mapa da Alemanha com os respectivos códigos postais



Figura 3-4 Mapa de Portugal com os respectivos códigos postais

3.3.5. Receita e Seleção

O passo que seguinte é a filtrar as cargas que respeitam as restrições temporais e têm os custos mais baixos, comparativamente com as restantes. Deve-se contactar os proprietários de uma fração das cargas elegíveis para a operação, dependendo do número de cargas que respeitam as condições. Como o número de cargas disponíveis varia diariamente não seria correto fixar um número ou uma percentagem. Assim, o operador deve ter o espírito crítico para decidir quais clientes deve contactar para descobrir o valor que estão dispostos a pagar pelo transporte.

Dependendo dos valores oferecidos, deve-se escolher a carga que gera um retorno maior para a empresa de transportes. Neste ponto, caso não haja satisfação com o resultado e com os valores de receitas obtidos, pode-se contactar detentores de cargas que não respeitam as restrições temporais definidas, de forma a descobrir se existe uma possibilidade de alteração das datas de carga e/ou descarga para que satisfaçam os requisitos em causa e assim agilizar uma solução favorável para ambas as partes.

3.4. Diagnóstico

Após esta análise, é possível perceber que a TLOGÍSTICA tinha uma abordagem ao problema sem base científica e era fundamentada em pressupostos injustificados. A empresa não fazia uma análise de capacidade nem um planeamento prévio para as suas operações de retorno, o que resulta numa operação destruturada e longe de atingir o máximo do seu potencial.

Este processo tinha a necessidade de ser estudado pois existe uma grande percentagem de cargas de retorno nesta rota, tanto para a TLOGÍSTICA como para qualquer outra empresa de transportes portuguesa. Em 2019 os valores relativos a importações da Alemanha ultrapassaram os 10,5M€ enquanto que as exportações rondavam os 7,1M€ (COMÉRCIO INTERNACIONAL PORTUGAL - Alemanha Internacional Trade Portugal - Germany Balança Comercial de Bens e Serviços Portugal - Alemanha, 2020). Isto prova que existe opção de escolha para executar o retorno dos equipamentos e lucrar com a operação, mesmo sem recorrer a *roundtrip*. A análise e sistematização do processo permite ter o controlo sobre a operação.

Existe a possibilidade de um planeamento atempado pois, como se pode verificar na Ilustração 3-6 Dias que separam o anúncio da carga na plataforma e a data de carga, abaixo representada, o número de dias que separa a data da extração da informação da plataforma e a data real do carregamento da carga é suficiente para o efeito. Das 392 cargas extraídas, 120 têm data de carga no próprio dia da extração. Um total de 31% das cargas extraídas durante este período não dariam a oportunidade ao operador de fazer um planeamento antecipado e estruturado, mas um total 69% concedia a possibilidade de o fazer.

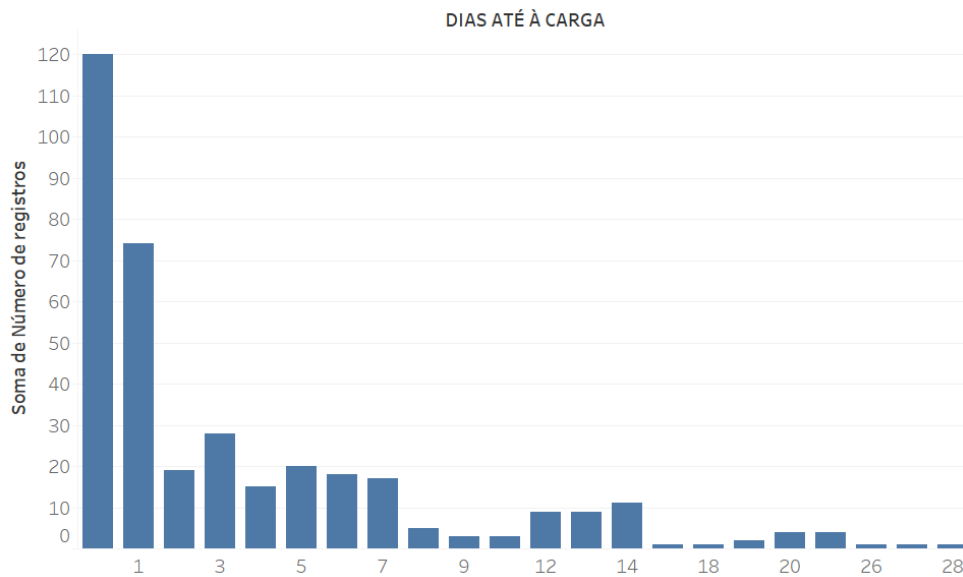


Ilustração 3-6 Dias que separam o anúncio da carga na plataforma e a data de carga

3.5. Proposta de Processo

No presente subcapítulo será apresentado o processo anteriormente explicado de uma forma gráfica para que possa se perceber a sua estrutura visualmente. A Ilustração 3-7 mostra todo o processo para a seleção da carga.

O fluxograma começa pelo contacto de parceiros, de forma a encontrar uma solução de *roundtrip* e tentar evitar recorrer às plataformas. Quando esta ação tem um *feedback* positivo e as negociações são favoráveis consegue-se assim preencher o veículo e termina a operação.

O outro cenário, quando não se encontra uma solução com os parceiros, há a necessidade de recorrer às plataformas. Como existe a possibilidade de não haver cargas que satisfaçam as necessidades do posicionamento da carga, em relação ao país de partida e chegada, deve-se fazer a pesquisa numa plataforma diferente até se encontrar as cargas com as características desejadas. Este ciclo transpõe-se para os passos seguintes, pois deve-se filtrar os resultados obtidos pelas restrições de peso e janelas horárias. Se não forem encontradas cargas que satisfaçam os requisitos, deve-se recorrer a plataformas diferentes até que o resultado corresponda aos requisitos.

Depois de todas as restrições satisfeitas, é necessário calcular os custos destas viagens, com o auxílio das equações apresentadas no subcapítulo 3.3.4 “Custos”. Após obtida esta informação, contacta-se o proprietário de um certo número de cargas, preferencialmente com os custos mais baixos de forma a descobrir o valor que este está disposto a pagar pelo transporte. Caso esta informação já esteja definida no anúncio da plataforma não existe a necessidade da realização deste passo.

Por fim, a escolha da carga deve basear-se na qual gera um maior retorno monetário para a empresa de transportes.

Este fluxograma deve ser aplicado no dia-a-dia das empresas de transporte pois ajuda a um planeamento estruturado e dá a possibilidade de uma análise ampla e em cenários variáveis. Todas as hipóteses disponíveis são tidas em conta, pelo que não se rejeitam cargas sem uma justificação. O método tem relevância ainda, pois é focado na maximização do lucro.

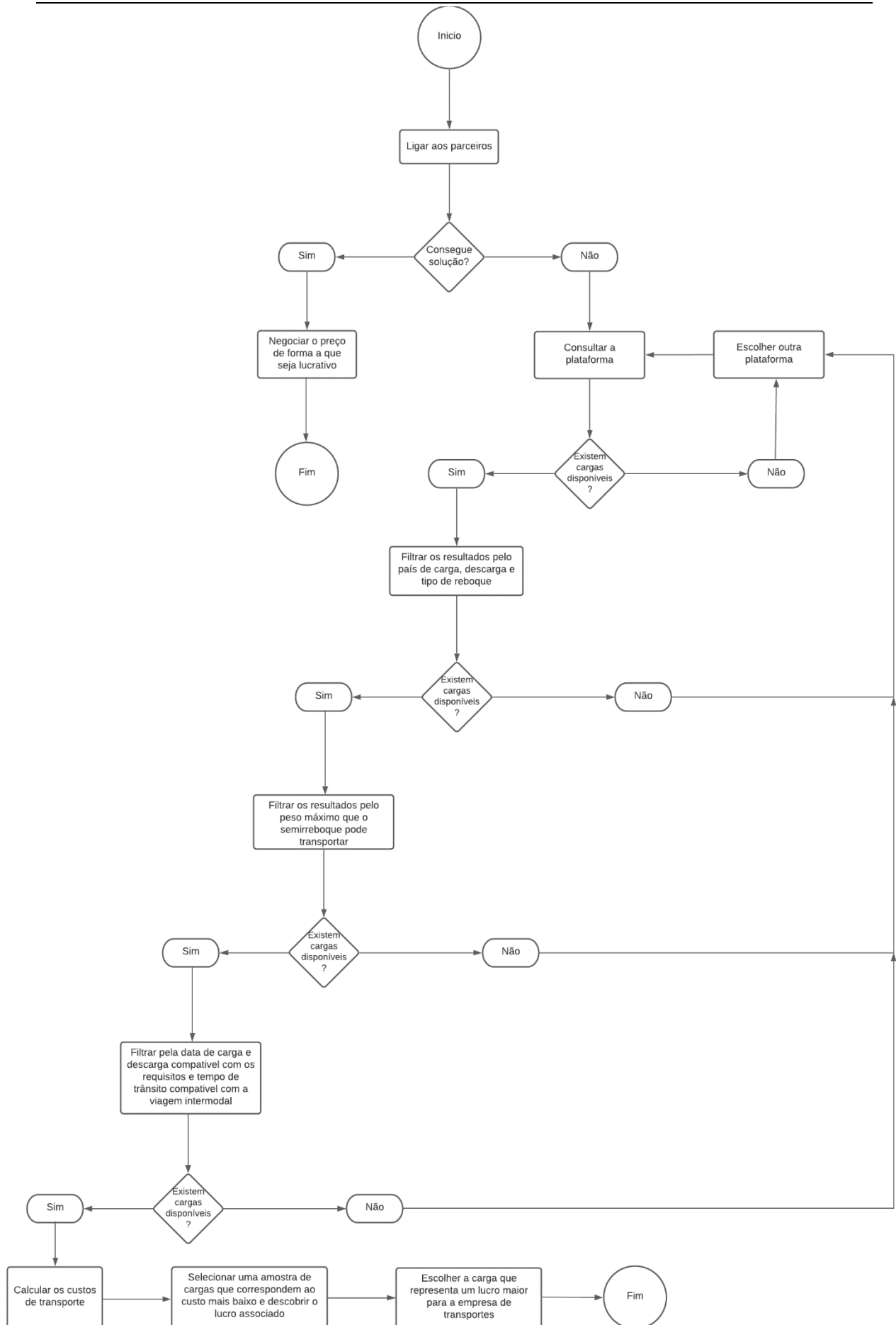


Figura 3-5 Processo de seleção de carga de retorno

A proposta apresenta limitações na medida em que é baseada no facto de que existem sempre cargas disponíveis nas plataformas. Apesar de isto se verificar na atualidade, este facto pode mudar, com alterações no mercado de transporte. O modelo é ainda assente na preposição de que o cliente aceita que a carga seja transportada de modo intermodal, mas isto nem sempre se verifica. Existem certos tipos de mercadorias em que os clientes rejeitam este tipo de transporte, devido a várias razões, uma das quais, danos dos produtos na viagem marítima. Esta pode ser agressiva, dependendo das condições atmosféricas presentes, especialmente em meses de inverno, onde estas são pouco favoráveis. Outros clientes são pouco recetivos a esta forma de transporte e recusam que a sua carga seja transportada nestas condições o que impossibilita a finalização do negócio.

Existem dificuldades associadas à proposta de processo apresentada pois o cálculo dos custos para todas as cargas compatíveis com os requisitos impostos é um processo demoroso, o que coloca um entrave na eficiência e produtividade do uso do processo, mas sem este passo não é possível fazer uma análise correta do problema e consequentemente escolher a carga ideal.

Esta proposta não foi testada em casos reais sendo que não é possível, ainda, comprovar a sua eficácia na resolução do problema.

4. CONCLUSÕES

O transporte de mercadorias é um setor deveras complexo e existem inúmeras possibilidades de melhoria no futuro, pela aplicação de inovações tecnológicas que surgiram nos últimos anos. Uma delas é a utilização do mercado internacional de cargas como ferramenta para a redução do desperdício.

Foi proposto neste documento que seria possível a elaboração de uma proposta de um processo de análise com vista à seleção de carga para reduzir o impacto dos percursos de retorno. A proposta permite identificar qual a opção que representa um maior retorno para a TLOGÍSTICA, dentro das restrições definidas e tendo em conta todos os custos associados.

O desenvolvimento desta proposta de seleção de cargas teve algumas limitações. Existem vários critérios a ter em conta e foi necessária capacidade de síntese de forma a focar nos pontos essenciais, e não a tornar extensa, complicada e desinteressante para o utilizador. O foco foi centrado em critérios temporais e monetários, pois são os mais importantes para qualquer empresa de transportes e logística.

Existem inúmeras restrições que se encontram no mundo real, particularmente num cenário intermodal, onde todos os meios devem estar em sintonia para que a viagem decorra sem atrasos e problemas relacionados com, por exemplo, incompatibilidades de horários.

No desenvolvimento do processo houve reservas devido à situação corrente do mercado. A presença da pandemia vivida na atualidade afetou gravemente o setor dos transportes. A variedade e opções disponíveis de cargas nas plataformas é consideravelmente inferior, e existe uma grande competitividade entre empresas de transporte concorrentes.

Em suma, é possível perceber que o processo obtido representa uma solução para o preenchimento de veículos vazios em viagens de retorno, diminuindo despesas e aumentando os lucros para empresas de transporte. A combinação de várias ferramentas de novas tecnologias do universo da logística, como o semirreboque, o navio RO-RO e o mercado eletrónico de cargas, ajudam a tornar esta proposta eficiente. O processo apresentado, juntamente com os dados extraídos das plataformas permitem mostrar que este

processo terá o efeito desejado, visto que reúnem todas as condições para tal, como a disponibilidade de cargas que respeitam as restrições impostas.

4.1. Propostas futuras

O presente documento está focado em viagens de retorno do território alemão para o português, e assim, foi assumido o pressuposto de que se devia encontrar uma carga com origem na Alemanha. Visto que a rota é feita por um percurso intermodal e o veículo tem de se deslocar até ao porto de Roterdão, na Holanda, para embarcar no navio, seria interessante alargar a procura da carga em países como a Holanda ou até mesmo a Bélgica. A sua proximidade ao terminal intermodal é maior do que certas regiões alemãs e seria favorável analisar quais os impactos na operação do desvio a um destes países para recolher a carga para retorno.

Neste documento foi analisada apenas uma vertente do transporte intermodal, a combinação do transporte terrestre com o marítimo. Propõe-se para análises futuras o estudo do impacto que teria na operação a introdução do meio ferroviário. Propõe-se a investigação do uso da ferrovia como meio intermédio entre o local de carga na Alemanha e o terminal intermodal em Roterdão, ou até mesmo uma viagem da Alemanha até Portugal por comboio. Assim seria possível perceber que consequências teria no processo e até mesmo nas margens de lucro, bem como nos períodos de tempo de viagem e custos.

Uma limitação do processo é a pesquisa e introdução manual de todas as distâncias entre os vários pontos em análise. Uma sugestão para o futuro seria o desenvolvimento um RPA (*Robotic Process Automation*), onde *robots de software* baseados em inteligência artificial, automaticamente devolveriam a distância entre as várias cidades Portuguesas e Alemãs. Seria uma adição valiosa, visto que é um processo demorado e enfadonho para o operador de logística, resultando num aumento de produtividade.

O *World Shipping Council* admite que um navio de carga produz menos 90% de emissões de carbono do que um camião nas mesmas condições. Considera-se que estes valores são impactantes. Propõe-se que no futuro seja feita uma análise no âmbito ambiental e de emissões, de forma a perceber de que forma o mercado internacional de cargas implica

uma redução de emissões de gases poluentes quando aplicado na redução as viagens de retorno a vazio com viagens entre Portugal e Alemanha.

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambel, C. C. (2017). *Running on empty: how to optimise logistics and slash emissions*.

<https://www.transportenvironment.org/newsroom/blog/running-empty-how-optimise-logistics-and-slash-emissions>.

Annouch, A., Bouyahyaoui, K., e Bellabdaoui, A. (2016). A literature review on the full trackload vehicle routing problems. *Proceedings of the 3rd International Conference on Logistics Operations Management*, 3–8.

Caplice, C. (2007). Electronic Markets for Truckload Transportation. In *Production and Operations Management* (Vol. 16, Issue 4).

Caris, A., e Janssens, G. K. (2009). A local search heuristic for the pre- and end-haulage of intermodal container terminals. *Computers and Operations Research*, 36(10), 2763–2772.

Caris, An, e Janssens, G. K. (2010). Pre- And End-Haulage Of Intermodal Container Terminals Modelled As A Full Truckload Pickup And Delivery Problem With Time Windows. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 2014, 554–559.

Caris, An, Macharis, C., e Janssens, G. K. (2008). Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects. *Transportation Planning and Technology*, 31(3), 277–302.

COMÉRCIO INTERNACIONAL PORTUGAL - Alemanha Internacional Trade Portugal - Germany Balança Comercial de Bens e Serviços Portugal - Alemanha. (2020).

Edwards, J. B., McKinnon, A. C., e Cullinane, S. L. (2010). Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing: A “last mile” perspective. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(1–2), 103–123.

- Fuks, K., Kawa, A., e Pierański, B. (2015). Adaptation of Social Network Analysis to Electronic Freight Exchange. In *Studies in Computational Intelligence*.
- Hanssen, T.-E. S., Mathisen, T. A., e Jørgensen, F. (2012). Generalized Transport Costs in Intermodal Freight Transport. *15th Meeting of the Euro Working Group on Transportation Generalized*, 54, 189–200.
- Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. In *Transportation Research Part D - Transport and Environment* (pp. 33–44).
- KLOG. (2020). *Sobre*. <https://www.klog.pt/logistics/pt/about.php>.
- Li, Y., e Yu, Y. (2017). The use of freight apps in road freight transport for CO2 reduction. *European Transport Research Review*, 9(3), 9–36.
- Liao, C. H., Tseng, P. H., e Lu, C. S. (2009). Comparing carbon dioxide emissions of trucking and intermodal container transport in Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(7), 493–496.
- Ližbetin, J., e Caha, Z. (2016). Theoretical Criteria for the Evaluation of the Operational Performance of Intermodal Transport Terminals. *Procedia Engineering*, 161, 1197–1203.
- Lowe, D. (2005). What Is Intermodal Freight Transport? In *Intermodal Freight Transport* (pp. 1–14).
- Mayer, R. M., Poulikakos, L. D., Lees, A. R., Heutschi, K., Kalivoda, M. T., e Soltic, P. (2012). Reducing the environmental impact of road and rail vehicles. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1).
- Nagurney, A., Saberi, S., Shukla, S., e Floden, J. (2015). Supply chain network competition in price and quality with multiple manufacturers and freight service providers. In *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (Vol. 77, pp. 248–267).

- Nandiraju, S., e Regan, A. (2008). Freight Transportation Electronic Marketplaces: A Survey of the Industry and Exploration of Important Research Issues. In *84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, and publication in Transportation Research Record*.
- Olivo, A., Zuddas, P., Di Francesco, M., e Manca, A. (2005). An operational model for empty container management. *Maritime Economics and Logistics*, 7(3), 199–222.
- Ongtang, M., e Sirivunnabood, S. (2014). Transportation Backhaul Matching Using Binary Programming Model: A Case Study on Third-Party Logistics Network in Thailand. *Lecture Notes on Software Engineering*, 2(3), 251–255.
- Rodrigue, J.-P. (2020). *Distance, Modal Choice and Transport Cost*. The Geography of Transport Systems.
- Shintani, K., Imai, A., Nishimura, E., e Papadimitriou, S. (2007). The container shipping network design problem with empty container repositioning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(1), 39–59.
- Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems With Time Window Constraints. *Operations Research*, 35(2), 254–265.
- Toth, P., e Vigo, D. (2002). An Overview of Vehicle Routing Problems. *The Vehicle Routing Problem*, 1, 1–26.
- Wade, A. C., e Salhi, S. (2002). An investigation into a new class of vehicle routing problem with backhauls. *Omega*, 30(6), 479–487.
- Wtransnet. (2020). Obtido de <https://www.wtransnet.com/pt/empresa/>.
- Yu, J., e Dong, Y. (2013). Maximizing profit for vehicle routing under time and weight constraints. *International Journal of Production Economics*, 145(2), 573–583.

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.

APÊNDICE A



ROTTERDAM - LEIXOES SAILING SCHEDULE

Departure Rotterdam		Arrival Leixoes		Departure Leixoes		Arrival Rotterdam	
Wednesday	19:00	Saturday	08:00	Wednesday	23:00	Sunday	08:00
Sunday	16:00	Wednesday	08:00	Saturday	23:00	Wednesday	09:00
<p>All times are local Please be advised that this provisional sailing schedule is subject to changes. At the end of every week the final schedule for the coming week will be sent out by the CLdN booking offices.</p> <p>To ensure that we are able to offer all our customers an efficient and reliable service, may we respectfully draw your attention to the following points:</p> <ul style="list-style-type: none"> All units (both laden and empty) arriving at our terminals are required to be pre-booked via our freight desk. Goods are accepted and shipped according to the CLdN Terms and Conditions of Carriage Ro-Ro Ferry Services, based on amongst other on the Hague-Visby Rules. <p style="text-align: center;">Shipping Line = CLdN ro-ro SA</p>							

BOOKING INFORMATION

CLdN ro-ro SA
Phone: +352 26 44 66 233
Fax: +352 26 44 66 299
e-mail: freight.port@cldn.com

TERMINAL ADDRESSES

Figura 0-1 Horários dos navios RO-RO entre Roterdão-Leixões

Proposta de processo para a sistematização da análise e seleção da carga de retorno numa rota entre Alemanha e Portugal.
