

Mestrado

Gestão e Estratégia Industrial

Trabalho Final de Mestrado

Dissertação

Modelo de suporte à tomada de decisões sustentáveis,
aplicadas à indústria automóvel

Filipa Alexandra Baptista Bacalhau

Outubro – 2022

Mestrado

Gestão e Estratégia Industrial

Trabalho Final de Mestrado

Dissertação

Modelo de suporte à tomada de decisões sustentáveis,
aplicadas à indústria automóvel

Filipa Alexandra Baptista Bacalhau

Orientação: Professor Doutor José Miguel Aragão

Celestino Soares

Coorientação: Professor Doutor Ricardo Simões Santos

Outubro – 2022

RESUMO

Este estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de suporte à tomada de decisão, considerando a escolha racional do modo de transporte a adotar para efeitos de escoamento do produto final. Este modelo será adaptado à realidade de uma empresa da indústria automóvel, sendo incorporado, para esse efeito, um conjunto de critérios de desenvolvimento sustentável que atendam ao objetivo aqui fixado. Para o desenvolvimento do modelo, haverá uma coleta de dados, que será realizada, quer através de uma análise documental, quer através da realização de entrevistas aos atores direta ou indiretamente envolvidos no processo logístico. Será ainda utilizada a metodologia de estudo de caso, com vista à aplicação e análise da robustez do modelo desenvolvido no presente estudo. Para tal, e tendo por base a literatura existente sobre o tema, foram escolhidos 15 critérios e definidas 11 alternativas que consistem da combinação de diferentes modos de transporte. O estudo baseia-se também na suposição de que serão enviados apenas 2500 veículos com partida na fábrica de Palmela, Volkswagen Autoeuropa, e destino em Berlim, na Alemanha.

O método multicritério utilizado será o AHP, cuja aplicação será validada através de um estudo de caso. Com o estudo efetuado, foi possível perceber que o fator de maior relevância é relativo aos custos com combustível e que, no presente estudo, a alternativa/modo de transporte mais adequado seria aquele que recorre apenas ao modo ferroviário no transporte.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, *supply chain*, suporte à tomada de decisão, modelos multicritério, modos de transporte, indústria automóvel.

ABSTRACT

This study aims to develop a decision-making support model, considering the rational choice of the mode of transport to be adopted for the purpose of disposing the final product. This model will be adapted to the reality of a company in the automotive industry, incorporating, for this purpose, a set of sustainable development criteria that meet the objective set here. For the development of the model, there will be a data collection, which will be carried out, either through a documental analysis, or through interviews with the actors directly or indirectly involved in the logistical process. The case study methodology will also be used, with a view to the application and analysis of the robustness of the model developed in the present study. To this end, and based on the existing literature on the subject, 15 criteria were chosen, and 11 alternatives were defined, consisting of the combination of different modes of transport. The study is also based on the assumption that only 2,500 vehicles will be shipped from the Palmela plant, Volkswagen Autoeuropa, to Berlin, Germany.

The multi-criteria method used will be the AHP, whose application will be validated through a case study. With the study carried out, it was possible to perceive that the most relevant factor is related to fuel costs and that, in the present study, the most appropriate alternative/mode of transport would be the one that uses only the rail mode in transport.

Keywords: sustainable development, supply chain, decision support, multi-criteria models, modes of transport, automotive industry.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais, Ana e Filipe, irmão, Diogo, e avós, por me possibilitarem prosseguir os estudos até esta fase, por todo o apoio e por me darem todas as ferramentas necessárias para atingir os meus objetivos. Sem eles nada disto seria possível!

Ao luri, por toda a paciência ao longo destes meses e por toda a disponibilidade para me ouvir e aconselhar, nos momentos bons e nos menos bons. Quaisquer palavras seriam pouco para agradecer toda a ajuda que me deste.

Às minhas amigas, em especial à Beatriz, por me ter apoiado sempre nesta caminhada e por estar sempre a meu lado, disponível para me ouvir e ajudar.

Ao meu orientador, o Professor Doutor José Miguel Soares e ao meu Coorientador, o Professor Doutor Ricardo Simões Santos, pela disponibilidade, ajuda e incentivo ao longo deste percurso e por todas as sugestões dadas, de forma que todo o trabalho ganhasse robustez.

Agradecer, também, ao Dr. Rui Jorge Baptista, que me permitiu garantir que o estudo reflete a realidade da empresa em causa.

A todos vocês, muito obrigada!

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | ii |
| Agradecimentos | iii |
| Capítulo I – Introdução | 1 |
| Capítulo II – Revisão da Literatura | 0 |
| 2.1. Sustentabilidade, logística e cadeia de abastecimento | 0 |
| 2.1.1. Desenvolvimento Sustentável | 0 |
| 2.1.2. Logística dos transportes | 1 |
| 2.1.2.1. Definições e estado da arte | 1 |
| 2.1.2.2. Descrição dos modos de transporte | 2 |
| 2.1.3. Cadeia de abastecimento | 3 |
| 2.2. Redes de transporte sustentáveis | 5 |
| 2.2.1. Fatores/critérios subjacentes | 5 |
| 2.2.1.1. Ambientais | 5 |
| 2.2.1.2. Sociais | 5 |
| 2.2.1.3. Económicos | 7 |
| 2.2.2. Estado da arte das estratégias de otimização de rede transportes | 8 |
| 2.3. Estado da arte da indústria do setor automóvel | 9 |
| Capítulo III – Metodologia | 0 |
| 3.1. Estratégia de investigação adotada | 0 |
| 3.2. Introdução ao estudo de caso e descrição das alternativas consideradas | 0 |
| 3.3. Introdução ao método AHP (Analytic Hierarchy Process) - Referencial teórico | 2 |
| Capítulo IV – Análise e Discussão dos resultados | 7 |
| 4.1. Valores inicialmente obtidos | 7 |
| 4.2. Aplicação do método AHP | 7 |
| 4.3. Análise dos resultados | 9 |
| Capítulo V – Conclusões | 11 |
| Referências Bibliográficas | 13 |
| Anexos | 18 |
| Anexo I - Guião da entrevista efetuada no dia 6 de junho 2022 | 18 |
| Anexo II - Transcrição da entrevista efetuada no dia 6 de junho 2022 | 21 |
| Anexo IV – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.1. | 30 |
| Anexo V – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.2. | 31 |
| Anexo VI – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.3. | 33 |

Anexo VII – Tabela relativa à análise de sensibilidade..... 34

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tabela I - Lista das alternativas em análise | 2 |
| Tabela II - Escala Fundamental do AHP | 5 |
| Tabela III - Tabela dos valores do RI para n=15..... | 20 |
| Tabela IV- Critérios de maior relevância | 8 |
| Tabela V - Peso final de cada fator | 8 |
| Tabela VI - Resultados obtidos referentes à consistência dos dados | 8 |
| Tabela VII - Ranking final das alternativas em análise | 9 |
| Tabela VIII - Pesos dos fatores tendo em conta uma maior importância nos fatores sociais | Error! Bookmark not defined. |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------|---|
| Figura 1 - Árvore de decisão | 4 |
|------------------------------------|---|

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

De acordo com Masoud e Mason (2016), a eficiência da cadeia de abastecimento automóvel é crucial para garantir a competitividade dessa indústria, competitividade essa que tem vindo a aumentar, em linha com um aumento das expectativas do cliente e com uma lealdade imprevisível por parte dos mesmos, assim como uma reduzida tolerância para erros. Na opinião de Masoud e Mason (2017), na indústria automóvel, as empresas tendem a procurar, ativamente, oportunidades para alcançar a eficiência, enquanto cumprem, ou excedem, as expectativas do cliente e as normas governamentais. A título de exemplo, para as empresas alcançarem a sustentabilidade, introduziram veículos elétricos e híbridos, tendo em mente a redução das emissões inerentes à gasolina e ao gasóleo.

Além disso, Islam *et al.* (2020) defendem que o planeamento dos transportes surge como um fator importante para criar uma rede interligada e estável, de forma a garantir uma maior quantidade de produtos distribuídos e um menor custo logístico.

O presente estudo surge nessa sequência, tendo como objetivo auxiliar o agente decisor na escolha do modo de transporte mais adequado, ou combinação de modos de transporte, a utilizar no transporte entre Palmela e Berlim, adaptando o estudo a uma empresa em específico. Para tal, definiram-se critérios tendo por base alguma da literatura existente sobre o tema, dividindo-os em três áreas da sustentabilidade – económica, social e ambiental.

De forma a desenvolver este estudo, foi utilizado o MCDM *Analytical Hierarchical Process* (AHP), de forma que fosse possível avaliar as diferentes alternativas e ordená-las.

O presente texto encontra-se dividido em cinco capítulos, consistindo, o primeiro, na introdução ao estudo aqui proposto, onde é identificada a sua relevância e contexto. O segundo capítulo diz respeito à revisão da literatura onde são abordados temas como a sustentabilidade, logística, cadeia de abastecimento e os critérios utilizados na literatura. O terceiro capítulo diz respeito à metodologia de investigação onde é descrito e justificado método multicritério escolhido para desenvolver o modelo em questão. O quarto capítulo refere-se ao desenvolvimento do estudo, assim como à análise e

discussão dos resultados. Por fim, o último capítulo, é referente à conclusão, consistindo num resumo dos resultados do estudo, assim como as suas implicações.

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

2.1. *Sustentabilidade, logística e cadeia de abastecimento*

2.1.1. *Desenvolvimento Sustentável*

De acordo com Tadić *et al.* (2019), as tendências atuais de mercado exigem que haja um planeamento adequado dos processos logísticos sustentáveis, de forma que as estratégias de negócio sejam frutíferas, no entanto, esse planeamento carece de redes logísticas amplas e funcionais, que incluem, entre outros, fornecedores, fabricantes, retalhistas, utilizadores e centros logísticos; centros esses que ligam diferentes atores do sistema, utilizando diferentes modos de transporte, entre os quais se destacam os terminais intermodais, pelas suas características e vantagens.

Na opinião de Goel *et al.* (2021), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que contam com 17 objetivos no centro, surgiram na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável em 2012, com o objetivo de *“produzir um conjunto de objetivos universais que iriam ajudar a combater os desafios ambientais, políticos e económicos urgentes projetados para enfrentar o nosso mundo até 2030”*. Os ODS não podem ser, e não deveriam ser, responsabilidade apenas dos governos, sendo necessário fazer um esforço entre todas as partes interessadas, tal como empresas/negócios, cidades e a sociedade em geral.

Segundo Sofia (2020), os 17 ODS, criados com base nos 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM), dizem respeito a *“uma campanha da ONU, a Organização das Nações Unidas, para promover mudanças positivas no mundo do futuro. Esses objetivos representam planos que todos os Estados-membros da ONU devem seguir para atingir alguns objetivos”*. Tendo por base estes objetivos, a ONU pretende promover um desenvolvimento que melhore o futuro, tanto para a humanidade, como para o planeta Terra. Os 17 ODS promovem medidas a serem tomadas, urgentemente, com base na conservação dos recursos naturais, no combate às mudanças climáticas e na adoção de práticas de produção e de consumo mais sustentáveis, sendo alguns desses ODS a erradicação da pobreza, a redução das desigualdades, o combate às alterações climáticas, o consumo e produção responsáveis e a educação de qualidade.

2.1.2. Logística dos transportes

2.1.2.1. Definições e estado da arte

Logística, de acordo com Rimiené e Grundey (2007), diz respeito à forma como os bens são produzidos, armazenados e movidos. Já na opinião de Choi (2020), logística inclui diversas funções da cadeia de abastecimento, como por exemplo a distribuição, armazenamento, controlo de inventários e montagem do produto. Por outro lado, o Vitasek (2013) define logística como “O processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o transporte e armazenamento eficiente e eficaz de mercadorias, incluindo serviços e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente”.

Na opinião de Cascetta *et al.* (2015), os sistemas de transporte são caracterizados como sendo complexos e estes autores defendem ainda que a literatura referente à análise e planeamento do transporte trata este processo como sendo racional e baseado na formulação e comparação de alternativas, assim como no estabelecimento de prioridades.

Segundo Kelly *et al.* (2004) a forma como as decisões acerca dos transportes estão a ser feitas em diferentes países Europeus tem vindo a mudar, isto porque, à medida que há diferenças culturais e políticas, há também uma tendência para que mais grupos se envolvam no processo de tomada de decisão acerca do(s) modo(s) de transporte a ser(em) utilizado(s).

Segundo Zhang *et al.* (2011), com o rápido desenvolvimento da economia, o fluxo de materiais e de produtos tornou-se muito mais rápido e, portanto, a logística está a enfrentar desafios cada vez maiores no que diz respeito à capacidade de resposta e à eficiência. Além disso, estes autores, assim como Tadić *et al.* (2019), defendem também que a globalização tem contribuído para aumentar a pressão sob as empresas de logística, isto porque a globalização requer que essas empresas movam materiais e produtos entre regiões num período temporal muito limitado e em volumes muito superiores e, portanto, usar apenas um modo de transporte não permite satisfazer a procura. Neste seguimento, surge o transporte intermodal, ou seja, o uso de mais de um modo de transporte, que tem sido, cada vez mais, uma prática comum na indústria,

visto que, segundo Zhang *et al.* (2011), pode garantir que o produto é entregue a tempo e pode permitir melhorar o poder competitivo das empresas.

Outro fator a ter em atenção com a crescente pressão sob as empresas logísticas, segundo Zhang *et al.* (2011), é o conseqüente aumento da pressão no ambiente, nomeadamente no que respeita à emissão de gases de efeito estufa que são gerados pelas atividades logísticas.

2.1.2.2. Descrição dos modos de transporte

De acordo com Masoud e Mason (2017) e o relatório de março de 2021 da Association of American Railroads, o transporte ferroviário é, em média, 3 a 4 vezes mais eficiente a nível de combustível do que o camião, isto porque reduz os movimentos desnecessários e, conseqüentemente, o uso de combustível. É um modo de transporte mais sustentável ambientalmente, contribuindo, também, para a redução da congestão de tráfego. Em relação às emissões de gases de efeito estufa, o comboio é o melhor modo de transporte, estimando-se que, em comparação com o uso de camiões, reduza, em 75%, a emissão desses gases.

Na opinião de Tuzkaya e Önüt (2008) o transporte ferroviário é o mais utilizado quando se trata de cargas pesadas, volumosas e em longos transportes terrestres (por norma, mais de 200 km), sem ser necessário pagar grandes taxas. Algumas vantagens deste modo de transporte são a consistência, a garantia de baixo custo, a maior segurança e confiabilidade e o facto ser um modo de transporte que não é afetado pelas condições meteorológicas e de tráfego. Por outro lado, no que toca às desvantagens, estas dizem respeito, essencialmente, à inflexibilidade, ao facto de não parar em pontos intermédios e à existência de rotas predefinidas.

Relativamente ao transporte rodoviário, e continuando com a opinião de Tuzkaya e Önüt (2008) este é o transporte mais utilizado na entrega porta-a-porta e tem como principais vantagens a flexibilidade e a capacidade de chegar a terrenos acidentados, a facilidade de carregar/descarregar, a inexistência da necessidade de horários rígidos e a existência de estradas de trânsito generalizadas. Relativamente às desvantagens, estas dizem respeito, essencialmente, aos elevados custos de manutenção, combustível e taxas que este modo de transporte acarreta, assim como às limitações de peso que lhe

são inerentes. Segundo Mesa-Arango e Ukkusuri (2014), este é o modo de transporte mais utilizado para o transporte de mercadorias.

Passando para o transporte marítimo, Tuzkaya e Önüt (2008), assim como Haial *et al.* (2021), caracterizam este modo de transporte como tendo as principais vantagens de ser o mais barato dos modos de transporte, a capacidade de transportar grandes quantidades de cargas a granel, líquidos e em contentores e a inexistência de trânsito entre o ponto de partida e de chegada. No entanto, os autores, referem que este modo de transporte tem como desvantagens o elevado risco de danos, os longos tempos de viagem e a inflexibilidade, no que toca ao encontro de portos adequados. Segundo Coyle *et al.* (2011), o transporte marítimo é o segundo mais eficiente em termos de custo energético, sendo ultrapassado apenas pelo transporte ferroviário.

Segundo Chopra e Meindl (2013), a *performance* de uma rede de transportes deve ser avaliada tendo em conta 2 dimensões: 1) necessidades do cliente que são cumpridas e 2) custo de cumprir essas necessidades. Além disso, a empresa deve avaliar o impacto no serviço do cliente e no custo, à medida que compara diferentes redes de transportes.

Sob outra perspetiva, Haial *et al.* (2021), referem que, para desenvolver uma boa estratégia de transporte é necessário ter em conta diversos componentes, nomeadamente, **escolher a forma de transporte correta, desenhar uma rede de transportes e decidir que parte do transporte será feita por *outsourcing* e que parte será *insourcing***, tendo, para isso, em atenção as especificações do produto a ser transportado e envolvendo os *stakeholders*.

2.1.3. Cadeia de abastecimento

De acordo com Uzorh e Innocent (2014), cadeia de abastecimento diz respeito a um processo integrado onde diferentes entidades do negócio, tais como fornecedores, fabricantes e distribuidores trabalham juntos, de forma a planear, coordenar e controlar o fluxo de materiais, peças e produtos acabados desde o fornecedor até ao cliente. Ou seja, é um processo onde as matérias-primas são transformadas em produtos finais que são, posteriormente, entregues aos consumidores. Ainda na opinião dos mesmos autores, a cadeia de abastecimento inclui dois processos distintos – o planeamento da produção e o controlo dos inventários e, por outro lado, o processo logístico e de

distribuição, sendo, este último, referente à forma como os produtos são transportados desde o armazém até aos vendedores, podendo isso acontecer de forma direta, ou passando, primeiro, por instalações de distribuição e, só depois, para os vendedores.

Segundo Islam *et al.* (2020) a otimização da gestão da cadeia de abastecimento é uma forma de garantir que os recursos e as tecnologias estão a ser utilizados da melhor maneira possível.

Segundo Chopra e Meindl (2013), de forma a entender como uma empresa consegue melhorar a *performance* da sua cadeia de abastecimento em termos da sua capacidade de resposta e eficiência, é importante analisar os seus *drivers*, quer logísticos, quer entre funções, isto é, as instalações, o inventário, o transporte, a informação, o fornecimento e o preço. A cadeia de abastecimento deve utilizar os 6 *drivers*, de forma a alcançar o nível de *performance* que a estratégia utilizada dita, maximizando, assim, os seus lucros, ou seja, Chopra e Meindl (2013), defendem que a ideia principal é estruturar estes *drivers*, de forma que seja atingido o nível pretendido de capacidade de resposta, ao menor custo possível, melhorando o excedente da cadeia de abastecimento e o desempenho financeiro da empresa.

Ainda na opinião de Chopra e Meindl (2013), empresas que têm como *target* consumidores que estão dispostos a tolerar maiores tempos de resposta, necessitam apenas de algumas instalações que podem estar localizadas longe do consumidor e, portanto, essas empresas podem focar-se em aumentar a capacidade de cada instalação. Por outro lado, empresas que têm como *target* consumidores que valorizam curtos tempos de resposta, necessitam de ter instalações perto dos consumidores e, portanto, são empresas que precisam de ter várias instalações, cada uma com uma baixa capacidade, o que implica elevados custos com inventário.

Na opinião de Uzorh e Innocent (2014), há quatro áreas de decisão fulcrais na gestão da cadeia de abastecimento – localização, produção, inventário e transporte, ou distribuição. As decisões relativas à **localização** devem ter em atenção possíveis taxas, dependem da procura e têm em conta a satisfação do cliente. Relativamente às decisões acerca da **produção**, estas têm em atenção as necessidades do cliente e a procura do mercado e pretendem decidir quais os produtos a produzir, as suas quantidades e que partes, ou componentes, devem ser produzidas internamente ou, pelo contrário, em

regime de *outsourcing*, no entanto, importa ter em atenção que é esta área que tem de assegurar o controlo de qualidade. No que toca às decisões acerca do **inventário**, pretendem decidir a quantidade de produto que é necessário manter em *stock*, sendo necessário encontrar um equilíbrio entre ter muito inventário (que custa entre 20 e 40% do seu valor) e não ter inventário suficiente para cumprir a procura de mercado. Por fim, no que toca ao **transporte**, diz respeito à escolha do(s) modo(s) de transporte a utilizar e é uma decisão muito importante, visto que 30% do custo de um produto está incluído no transporte.

2.2. Redes de transporte sustentáveis

2.2.1. Fatores/critérios subjacentes

2.2.1.1. Ambientais

Dulebenets (2018), no estudo que fez sobre a programação dos navios no transporte marítimo considerou relevante, nesta categoria, ter em atenção as emissões de dióxido de carbono, quer na viagem, quer no manuseio dos equipamentos nos portos onde seja necessário fazer escala, no entanto, na entrevista que se teve com a empresa, achou-se por bem alterar este fator para “**Emissões de gases de efeito estufa** (CO₂ equivalente)”.

Tendo em conta o estudo que está a ser efetuado, além do fator já referido, achou-se relevante incluir também um fator relativo às **medidas implementadas no que toca à responsabilidade ambiental** e um fator relativo aos **sistemas de normalização implementados sobre a responsabilidade ambiental**.

2.2.1.2. Sociais

Hamurcu e Eren (2019), definem como fatores sociais os referentes aos efeitos na sociedade e exemplificam com os **custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana**.

Kundu *et al.* (2017), no estudo que efetuaram sobre o método de transporte adequado, tendo dois disponíveis (ferroviário e rodoviário) definiram como variáveis relevantes:

- A velocidade, onde incluíram a Velocidade média do modo de transporte; o tempo necessário para os processos de carregamento, armazenamento e

descarregamento; e o Rácio entre a distância dos pontos de procura e oferta e o tempo de transporte, no entanto, tendo em conta a natureza do estudo que se está a efetuar, englobou-se todos estes fatores num só, designado por "**Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos**".

- **Flexibilidade;**

- Capacidade de alterar a rota predefinida, devido a causas inesperadas, durante o transporte;

- Possibilidade de alterar a capacidade de volume e de peso nos

veículos de transporte;

- Capacidade de alterar o horário predefinido;

- **Segurança;**

- Taxa de acidentes num determinado período temporal;

- Taxa de produtos danificados durante o transporte.

Mesa-Arango e Ukkusuri (2014), desenvolveram um estudo em que pretendiam investigar o comportamento dos remetentes quando precisam de contratar serviços de transporte rodoviário, de forma a enviarem as suas mercadorias por camião. Para esse estudo definiram como variáveis relevantes:

- **Confiabilidade**

- Reembolso no caso do serviço prestado não estar de acordo com o acordado

- Irregularidade das rotas

- **Características específicas da transportadora**

- Impacte das novas tecnologias, designado por EDI, que permite a troca de documentos entre a transportadora e o remetente via *Internet*, tendo como objetivo reduzir os inconvenientes de outros meios de transmissão, como as chamadas telefónicas e o fax, no entanto, tendo em conta a natureza do estudo que se está a efetuar, alterou-se este fator para "**carga burocrática envolvida**"

- Idade média dos camiões da frota, no entanto, tendo em conta a natureza do estudo que se está a efetuar, alterou-se este fator para "**Estado de conservação dos meios de transporte**".

2.2.1.3. Económicos

Na opinião de Morris (2021), relativamente aos fatores económicos, é relevante prestar atenção ao **peso do envio**.

Hamurcu e Eren (2019), definem como fatores económicos os referentes ao uso de recursos monetários e exemplificam com os custos de construção, os custos de investimento em infraestruturas, no entanto, em entrevista com a empresa, foi partilhado que se tenta, ao máximo, conciliar os modos de transporte necessários para que, quando os veículos chegam a um local de transbordo, seja tudo feito de forma fluída, não havendo tempos de espera neste processo de mudança do modo de transporte e, por esse motivo, decidiu-se não se incluir este fator no modelo. Os autores referem também o fator referente aos **custos com o combustível**.

Dulebenets (2018), considerou nesta categoria os custos com combustível, o custo referente ao inventário de contentores transportados, no entanto, em entrevista, foi explicado que os veículos não são transportados em contentores, portanto, decidiu-se excluir este fator do modelo. Os autores definiram também como fator relevante os custos de manuseio nos portos, no entanto, tendo em conta a natureza do estudo que se está a efetuar, alterou-se este fator para “**custos de manuseio das mercadorias no destino**”. Além destes fatores, o autor considerou também os **custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal**, navios esses que são necessários devido ao tempo de espera a que os navios estão sujeitos nos diversos portos.

Kundu *et al.* (2017), no estudo que efetuaram sobre o método de transporte adequado tendo dois disponíveis (ferroviário e rodoviário) definiram como variáveis relevantes:

- Custo;
 - **custo relacionado com danos incorridos no transporte ou no transbordo;**
 - **custos fixos** (equipamento de transporte, manutenção, etc);

2.2.2. Estado da arte das estratégias de otimização de rede transportes

Islam *et al.* (2020) propuseram um modelo para minimizar o custo de planeamento colaborativo de uma rede de transportes associada a uma rede de cadeias de abastecimento que usufruem de um sistema de 3PL (*Third-Party Logistics*), que resulta numa qualidade superior e num custo mais baixo, no que toca às tarefas relativas ao transporte. Neste modelo, foi utilizada uma abordagem metaheurística chamada otimização de reação química (CRO – *Chemical Reaction Optimization*) que, segundo os autores, alcança uma *performance* superior quando comparada a outras abordagens metaheurísticas, visto resolver vários problemas de forma mais eficiente.

Segundo Chopra e Meindl (2013), quando os gestores estão a definir uma rede de transportes têm de ter em conta a indústria onde a empresa se insere e a resposta a 2 questões fulcrais: 1) O produto será entregue no local do cliente ou retirado de um local previamente combinado?; 2) O produto passará por um intermediário?. Consoante estes aspetos, segundo Chopra e Meindl (2013), os gestores terão de escolher 1 entre 6 tipos de redes de transportes:

1. **Armazenamento no fabricante com envio direto** – o produto é enviado diretamente do fabricante para o consumidor final, o que permite centralizar os inventários no produtor e enviar as remessas tendo em conta a informação que os retalhistas têm acerca das unidades necessárias de determinado produto, no entanto, esta estratégia irá fazer com que o cliente receba os envios parcelados.

2. **Armazenamento no fabricante com envio direto e fusão em trânsito** – Ao contrário da estratégia anterior, esta combina as peças enviadas de diferentes localizações para que o consumidor final receba apenas uma entrega com o seu produto. Tal como acontece com a estratégia 1., nesta também há a capacidade de agregar o *stock* e adiar a personalização do produto.

3. **Armazenamento no distribuidor com entrega de uma distribuidora** – nesta estratégia, o inventário não é armazenado no fabricante, mas sim em armazéns de retalhistas e, posteriormente, as transportadoras são usadas para transportar os produtos dessas localizações até ao consumidor final.

4. **Armazenamento no distribuidor com entrega *Last-Mile*** – Esta estratégia refere-se à entrega do produto em casa do cliente, ao invés de utilizar uma

transportadora. Ao contrário do que acontece na estratégia anterior, esta estratégia requer que o armazém do distribuidor esteja muito mais perto do consumidor.

Esta estratégia é adequada para *items* de rápida movimentação que são necessários rapidamente e para os quais algum nível de agregação é benéfico, tal como acontece com as peças de automóveis.

5. **Armazenamento no fabricante ou no distribuidor com recolha pelo cliente** – nesta estratégia, o inventário é guardado nos armazéns do fabricante ou do distribuidor e os clientes é que vão recolher as suas encomendas aos pontos já definidos.

6. **Armazenamento no retalhista com recolha pelo cliente** – esta é a estratégia mais comum, onde o inventário é armazenado, localmente, nas lojas. O cliente vai à loja, faz um pedido *online*, ou pelo telefone, e vai recolhê-lo à respetiva loja, o que implica várias instalações locais.

2.3. Estado da arte da indústria do setor automóvel

De acordo com Volling *et al.* (2013) as empresas automóveis, com o objetivo de alcançarem uma vantagem competitiva face aos seus concorrentes, tendem a operar em redes de produção globais, de forma a conseguir fornecer uma variedade cada vez maior de produtos, prazos de entrega cada vez mais curtos e produtos a preços competitivos. Nessa ordem de ideias, Münch *et al.* (2022) defendem que, nesta indústria, um baixo nível de integração vertical é importante, sendo que, segundo Volling *et al.* (2013) as características deste setor têm vindo a ser alteradas, isto porque os carros eram construídos, exclusivamente, com base em *standards* de produtos e planos de vendas estáveis, no entanto, cada vez mais, têm vindo a ser construídos sob encomenda, de forma a cumprir, de melhor forma, as necessidades individuais dos clientes.

Já na opinião de Florian *et al.* (2011) a preocupação com as questões ambientais tem vindo a aumentar e, muitas vezes, nas indústrias, em especial na indústria automóvel, novas máquinas, instalações ou inovações tecnológicas têm uma importância vital em melhorias ambientais. Nesta sequência, Münch *et al.* (2022) referem também que, especialmente as empresas da indústria automóvel, são cada vez mais desafiadas para terem uma orientação de longo prazo da sua estratégia de negócios e para

desenvolverem produtos que tenham em mente a sustentabilidade. Tendo em conta essa mudança de paradigma, cada vez mais presente nas empresas da indústria do setor automóvel, estas têm, cada vez mais, optado pela energia elétrica. Com essas alterações, e com o aumento da importância dada aos fatores de natureza ambiental, há também novos critérios que têm ganho importância e que têm substituído critérios anteriormente utilizados, de natureza mais económica.

A logística, por seu lado, desempenha um papel bastante importante neste aspeto, devido à grande quantidade de tráfego que se regista na logística de entrada, o que faz com que pequenas mudanças se reflitam em grandes diminuições nas emissões de CO₂. Neste seguimento, Florian *et al.* (2011) defendem que podem ser adotadas duas estratégias, por um lado, podem usar-se transportes “verdes” e, por outro lado, pode reduzir-se o número de meios de transportes utilizados.

Münch *et al.* (2022) referem que, os recursos naturais limitados, a legislação governamental e a responsabilidade social pela preservação ambiental são os principais fatores que sustentam a necessidade de desenvolver cadeias de abastecimento circulares, especialmente na indústria automóvel, visto que, nesta indústria, são utilizados materiais críticos na produção de veículos elétricos.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

3.1. Estratégia de investigação adotada

Este trabalho é considerado um estudo misto, que, segundo Saunders *et al.* (2007), diz respeito ao uso de métodos de recolha e análise de dados, quer quantitativos, quer qualitativos; e exploratório porque tem como vantagem, e segundo o mesmo autor, a elevada flexibilidade e adaptabilidade às alterações, ou seja, ao desenvolver um estudo deste tipo, torna-se possível mudar a sua direção consoante os dados recolhidos. A recolha de dados neste estudo foi feita através de uma análise documental e de um estudo de caso, mais especificamente, de uma empresa do setor automóvel.

No que toca ao horizonte temporal do estudo, este tanto pode ser transversal como longitudinal e, sendo que, e no caso deste estudo, este será transversal, visto que, na opinião de Saunders *et al.* (2007), o carácter de transversalidade, refere-se ao estudo de um fenómeno num determinado momento, ou seja, os dados serão recolhidos em apenas um momento e analisados, criticamente, num momento posterior.

Relativamente à recolha dos dados, irá recorrer-se a dados primários, ou seja, dados novos, recolhidos única e exclusivamente para o desenvolvimento deste estudo, e serão recolhidos através de entrevista(s) que, segundo Saunders *et al.* (2007), podem ajudar a recolher informação válida, viável e relevante para a(s) questão(ões) de investigação e objetivo(s) e pode adotar 3 tipos: semiestruturada, em profundidade e entrevistas de grupo. No caso deste estudo, será utilizada a entrevista *one to one* semiestruturada, ou seja, não estandardizada, que é usada para recolher dados que serão, posteriormente, analisados qualitativamente. Neste tipo de entrevista, há um conjunto de tópicos e questões previamente definidas para se abordar que podem, no entanto, variar de entrevista para entrevista. O guião da entrevista realizada encontra-se no Anexo I e a sua transcrição, no Anexo II.

3.2. Introdução ao estudo de caso e descrição das alternativas consideradas

A Volkswagen é um grupo empresarial industrial alemão com sede em Wolfsburg que alberga 12 marcas automóveis (Audi, Bentley, Bugatti, Ducati, Lamborghini, MAN, Porsche, Scania, Seat, Skoda, Volkswagen e Volkswagen Veículos Comerciais). Surgiu em 1937 na Alemanha e terminou 2020 com o segundo lugar no pódio dos maiores

fabricantes de automóveis do mundo, apenas ultrapassada pela Toyota (Enoshita, 2022). Todos os dias são produzidos mais de 37.500 veículos em todo o mundo que são, posteriormente, vendidos em 153 países (Volkswagen do Brasil, 2022), sendo que, no ano de 2021, segundo estatísticas da Associação Automóvel de Portugal (ACAP), a produção de automóveis ligeiros de passageiros apresentou um crescimento de 16,5% quando comparado com o ano anterior.

Além de fabricar automóveis a combustíveis fósseis, o Grupo tem também disponíveis carros elétricos e híbridos, e, além disso, atua em outras áreas de negócio, nomeadamente na *“fabricação de motores diesel de grandes aplicações marítimas e industriais, turbocompressores, turbomáquinas (vapor e turbinas a gás), compressores e reatores químicos, e também a produção de transmissões de veículos, unidades especiais de engrenagens para turbinas eólicas, Guias e acoplamentos, bem como sistemas de teste para o setor de mobilidade”* (Volkswagen do Brasil, 2022).

Analisando o caso específico da Volkswagen Autoeuropa, a fábrica do grupo Volkswagen instalada em Palmela, é considerada como o maior investimento estrangeiro feito em Portugal e foi inaugurada em 1995. Resultou de uma *joint venture* entre a Volkswagen e a Ford, sendo que, quase tudo o que é produzido na fábrica é para exportar, o que faz com que seja uma das maiores exportadoras do país. Neste sentido, e segundo estatísticas da Associação Automóvel de Portugal (ACAP), em 2021, a Alemanha era o principal destino das exportações da Volkswagen Autoeuropa, com 23% do total, seguida da Itália, com 12% e de Espanha com 9,6%.

Para este estudo, decidiu-se que se queria transportar 2500 carros da fábrica, em Palmela, tendo como destino final Berlim, na Alemanha. O número de carros foi definido tendo em conta o facto de, atualmente, todo o transporte com destino na Alemanha ser feito por via marítima, sendo que a aposta reside no transporte dos navios cheios para o seu destino, o que só acontece com mais de 2000 carros transportados. O destino final foi definido tendo em conta que a Alemanha é o principal país das exportações de veículos da Volkswagen Autoeuropa, tendo-se escolhido Berlim visto ser a capital e estar no centro do país, o que permite conciliar diversos modos de transporte.

No que toca às alternativas a serem avaliadas, foi assumido que em cada alternativa era utilizada uma empresa diferente para fazer o transporte (tendo em conta que essa

atividade é feita em regime de *outsourcing*). Para tal, assumiram-se 11 alternativas, sendo:

Tabela I - Lista das alternativas em análise

| Alternativa | Modo de transporte | Quilómetros a percorrer (km) |
|-------------|--------------------|------------------------------|
| A + H | Comboio | 25 |
| | Navio | 2508 |
| | Comboio | 424 |
| B + K | Comboio | 25 |
| | Navio | 2508 |
| | Camião | 518 |
| C + F + J | Camião | 2500 |
| D + I | Comboio | 1049 |
| | Camião | 1865 |
| E + G | Comboio | 1049 |
| | Comboio | 1499 |

Fonte: *Elaboração própria*

No Anexo III encontra-se uma tabela mais detalhada das diferentes alternativas, contendo os detalhes do trajeto.

3.3. Introdução ao método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) - Referencial teórico

Dahooie *et al.* (2019) definem os métodos de apoio à tomada de decisão multicritério (MCDM) como sendo o processo de escolha da melhor alternativa, tendo em conta um conjunto limitado de opções e, segundo os mesmos autores, as características mais relevantes dos métodos MCDM são a facilidade, a precisão e a estabilidade.

Tendo em conta o estudo a ser efetuado, o método mais indicado a ser utilizado engloba-se no grupo *pairwise comparison* e, portanto, foi estudado qual o mais indicado nesse grupo. Segundo Greco *et al.* (2021), os métodos *pairwise comparison* permitem que as alternativas sejam avaliadas em blocos de dois, ou seja, cada alternativa é avaliada comparando-a com a outra, permitindo perceber qual é a preferida e, segundo Yalcin *et al.* (2022), o método *pairwise comparison* mais utilizado é o AHP (com 56%). Além disso, segundo Li *et al.* (2017), esse método é, entre os métodos MCDM, o mais comumente utilizado quando se trata de planeamento de transportes. Nesta linha de

pensamento, Ye *et al.* (2019), referem também que o método AHP é um dos mais robustos no que toca às decisões multicritério. Por outro lado, Frini e ben Amor (2019), caracterizam o método AHP como sendo um dos mais populares e fácil de usar. Caloglu *et al.* (2021), referem que o método AHP foi desenvolvido por Saaty em 1980, sendo um método que ajuda a determinar prioridades entre as alternativas disponíveis aquando da fase de tomada de decisão.

Neves *et al.* (2021) definem o método AHP como sendo uma metodologia que auxilia a tomada de decisão multicritério, tendo como objetivo a seleção ou ordenação de alternativas, considerando, para tal, vários critérios de avaliação. Por outro lado, Zhu *et al.* (2021), caracterizam este método como tendo a limitação de assumir que os critérios são independentes.

Neves *et al.* (2021) explicam que, relativamente à definição dos pesos de cada critério utilizado, no método AHP, estes são definidos consoante a resposta à pergunta “quão importante é a opção A em relação à opção B na contribuição para um objetivo?” e a prioridade dos pesos é definida consoante comparações paritárias, usando, para isso, o autovetor. Ainda no que toca à definição do peso de cada critério, foram vários os autores que utilizaram o método em causa, tal como Li *et al.* (2017), Xu *et al.* (2018), Ye *et al.* (2019), Frini e ben Amor (2019) e Kabassi *et al.* (2021).

No que toca ao desenvolvimento do modelo, Caloglu *et al.* (2021), referem que o método é constituído por 7 passos, começando pela definição do problema e criação da sua estrutura hierárquica, tendo em conta o seu objetivo, critérios utilizados e alternativas, usando, para isso, a árvore de decisão (Figura I) que representa, na primeira linha, o objetivo do estudo, na segunda e terceira linhas os critérios e subcritérios utilizados, respetivamente, e, na última linha, as alternativas que se estão a avaliar. Por outro lado, Kabassi *et al.* (2021), referem estas mesmas fases, mas separadamente, permanecendo inalteradas independentemente do MCDM utilizado.

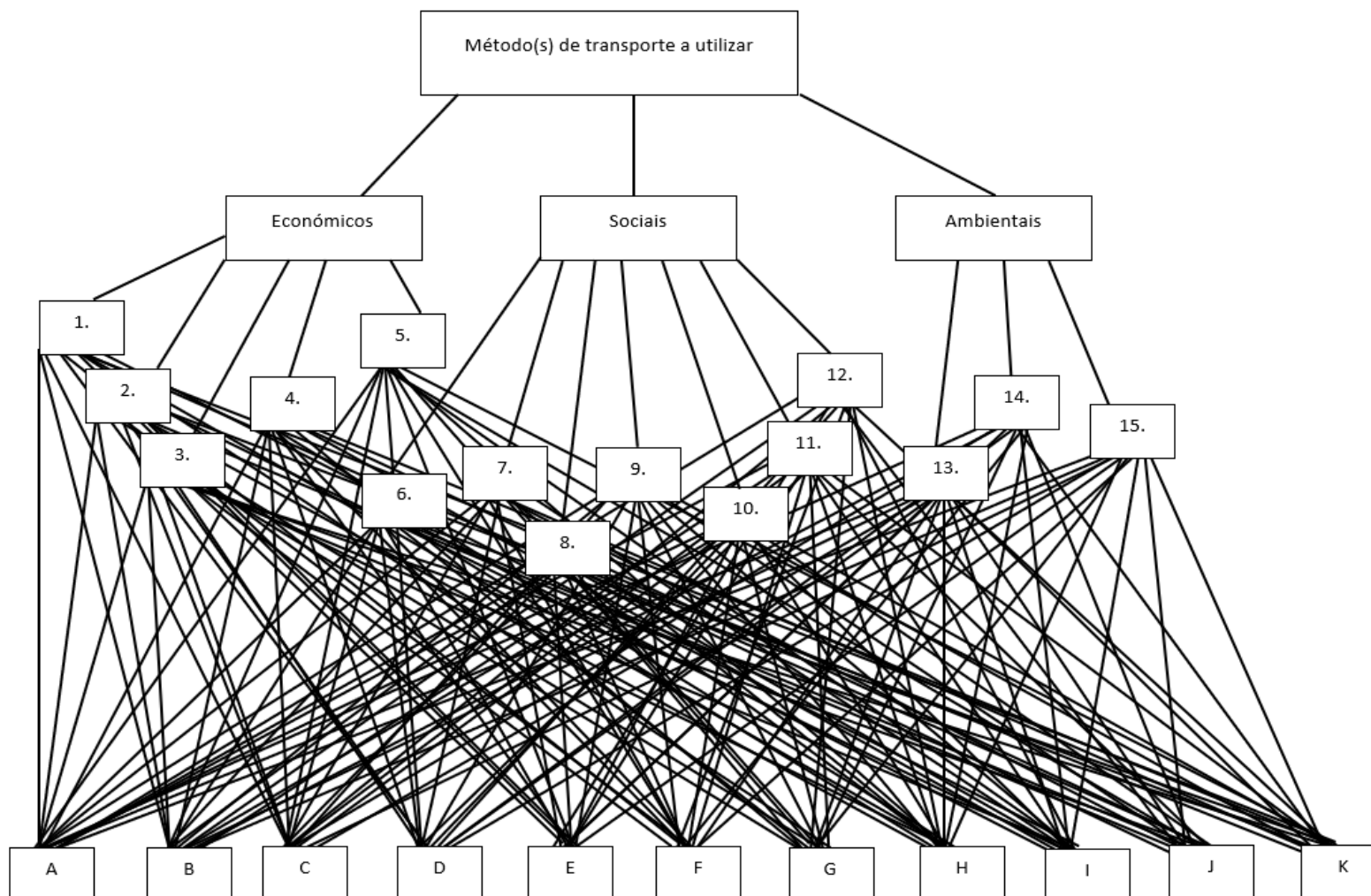


Figura 1 - Árvore de decisão

Fonte: Elaboração Própria

Caloglu *et al.* (2021), referem que o próximo passo consiste no cálculo dos pesos de cada um dos critérios utilizados. Para tal, começa por se fazer **comparações, par a par**, dos critérios utilizados, usando, para tal, a Escala Fundamental do AHP, uma escala numérica de 1 a 9, inclusive, que pretende responder à questão “Qual elemento é considerado mais importante quando comparado com outro e quanto mais importante?”, ou seja, usando esta escala não se mede numa escala de unidades que começa em zero, mede-se em termos de equivalência (Saaty, 2004). Segundo Kabassi *et al.* (2021), neste passo é feita uma análise par a par dos critérios das linhas com os critérios das colunas. A escala consiste em:

Tabela II – Escala fundamental do AHP

| Valor | Definição |
|------------|-------------------------|
| 1 | Igual importância |
| 3 | Importância moderada |
| 5 | Importância forte |
| 7 | Importância muito forte |
| 9 | Importância extrema |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermédios |

Fonte: Kabassi *et al.*, 2021

Segundo Marchezetti *et al.* (2011), a matriz A, referente à matriz de comparação dos n elementos, é representada por:

$$A = [a_{ij}], \text{ sendo } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ e } a_{ii} = 1; \quad (1 < i < n \text{ e } 1 \leq j \leq n) \quad (1)$$

Marchezetti *et al.* (2011), referem ainda que a diagonal principal é sempre igual a 1 e que deve existir uma reciprocidade através da diagonal, o que quer dizer que, por exemplo, se o elemento $a_{2,4} = 3$, então, $a_{4,2} = \frac{1}{3}$.

Segundo Marchezetti *et al.* (2011), o próximo passo diz respeito ao cálculo do peso relativo das alternativas. Para tal:

I. Soma-se cada coluna e divide-se cada entrada pela soma da coluna respetiva, obtendo-se assim a matriz normalizada, caracterizada por:

$$A = [a'_{ij}], \text{ sendo, } a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}} \text{ em que } (1 \leq i \leq n \text{ e } 1 \leq j \leq n) \quad (2)$$

II. Cálculo do valor médio de cada linha da matriz normalizada, com o objetivo de obter a matriz de peso relativo (W) ou *eigenvetor* das alternativas, dado por

$$W = W_k \text{ sendo } W_k = \sum_{i=1}^n \frac{a'_{ij}}{n}, \text{ em que } (1 \leq j \leq n \text{ e } 1 \leq k \leq n) \quad (3)$$

O próximo passo consiste no cálculo da consistência dos dados, através do indicador RC (Rácio de Consistência). Para este cálculo, segundo Mathew (2018), é necessário:

III. Utilizar a matriz das comparações par a par que não está normalizada

IV. Multiplicar cada valor presente nas colunas pelo peso do respetivo critério

V. Soma de todos os valores presentes em cada linha, de forma a calcular a soma ponderada

VI. Em todas as linhas, fazer a divisão do valor total da soma ponderada de cada linha pelo peso do respetivo critério

VII. Cálculo do λ_{max} que consiste na média dos valores encontrados no passo anterior

VIII. Cálculo do Índice de Consistência (IC) através da fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

IX. Cálculo do Rácio de Consistência (RC) através da fórmula:

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (5)$$

sendo RI o Índice Randômico, definido na literatura e calculado tendo em conta o número de critérios utilizados:

Tabela III - Tabela dos valores do RI para n=15

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 1.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.48 | 1.56 | 1.57 | 1.59 |

Fonte: Chhetri e Kayastha

X. Caso o valor do CR seja inferior a 0,10, ou, no caso de ser superior, que a diferença não seja muita, então os dados são consistentes, possibilitando a continuação do uso do AHP.

CAPÍTULO IV – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Valores inicialmente obtidos

Numa primeira fase, foi construída e preenchida a tabela de desempenho inicial. Para tal, recorreu-se ao livro do Ballou (2006) que refere os custos, por milha, e em dólares, de cada modo de transporte, permitindo que, após as conversões necessárias, se chegasse à conclusão de que o custo, por modo de transporte, por cada quilómetro, e em euros, é de 3,60€ no transporte ferroviário, 41,33€ no transporte rodoviário e 1,17€ no transporte marítimo. Com essa informação preencheram-se os campos referentes ao fator económico, através da multiplicação do custo por quilómetro pelos quilómetros associados a cada modo de transporte, tendo em atenção que o critério 4 apenas é preenchido nas alternativas onde há o uso do transporte marítimo, visto ser um custo associado apenas a este modo de transporte. No que toca ao critério 1., este foi calculado através da multiplicação entre o peso médio de um carro (segundo o código da estrada), 3500 kilos, e os 2500 carros a transportar.

Relativamente aos fatores sociais, estes foram preenchidos randomicamente e utilizando uma escala de 1 a 9, inclusive, tendo em atenção que uma empresa, por norma, não está classificada com o máximo em todos os critérios considerados na vertente social.

Por fim, no que toca aos fatores ambientais, os critérios relativos ao uso de medidas e de sistemas de normalização de responsabilidade social foram considerados variáveis *dummy*, isto é, foram preenchidos com 0 (quando a empresa correspondente carece desses sistemas), ou 1 (quando a empresa usufrui desses sistemas). Relativamente às emissões de CO₂, estas foram medidas em kilotoneladas e têm como base as previsões da EU relativamente às emissões, por cada modo de transporte, no ano de 2022.

Todas as tabelas referentes à sequência de passos descrita nesta subsecção constam no Anexo IV.

4.2. Aplicação do método AHP

Com o objetivo de adaptar o estudo à realidade da empresa que se está a estudar, foi pedido à empresa que preenchesse a matriz das comparações par a par dos critérios utilizados, resultando na matriz presente em anexo.

Numa segunda fase, utilizando os dados recebidos por parte da empresa, foi normalizada a matriz das comparações par a par, de forma que possibilitasse a obtenção dos pesos de cada critério, usando, para isso, os passos descritos no ponto 3.3. Com esta normalização, foi possível chegar à conclusão que os custos com os combustíveis são os que apresentam maior importância para a empresa na hora de decidir que modo de transporte utilizar, seguido pelo peso do envio e pelos custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal.

Tabela IV - Critérios de maior relevância

| Critério | Peso |
|---|--------|
| 2. Custos com combustível | 19,42% |
| 1. Peso do Envio | 16,61% |
| 4. Custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal | 8,24% |

Fonte: Elaboração própria

Com estes dados, foi também possível chegar ao peso total de cada fator, tendo-se chegado aos valores de:

Tabela V - Peso final de cada fator

| Fator | Peso |
|------------|--------|
| Económicos | 58,15% |
| Sociais | 28,63% |
| Ambientais | 13,22% |

Fonte: Elaboração própria

Posteriormente, foi analisada a consistência dos dados, seguindo os passos descritos no ponto 3.3, que permitiram chegar aos valores de:

Tabela VI - Resultados obtidos referentes à consistência dos dados

| | |
|------------------------|-------|
| $\lambda_{\text{máx}}$ | 18,46 |
| IC | 0,25 |
| RI (n = 15) | 1,59 |
| RC | 0,155 |

Fonte: Elaboração própria

Com este último passo foi possível perceber que, embora o Rácio de Consistência associado ao estudo seja ligeiramente superior a 0,10, a diferença é pequena, o que permite assumir que os dados são consistentes.

Todas as tabelas referentes à sequência de passos descrita nesta subsecção constam no Anexo V.

4.3. Análise dos resultados

Nesta última fase da aplicação do método AHP, a tabela de desempenho referida no ponto 4.1. foi normalizada com o objetivo de possibilitar o ordenamento das alternativas tendo em conta os seus valores finais. Neste último passo do método foi tido em conta os critérios que consistem em benefícios, e os critérios que consistem em custos, ou seja, critérios que, quanto mais elevado o seu valor, melhor, são considerados benefícios e, pelo contrário, critérios que, quanto mais elevado o seu valor, pior, são considerados custos.

Com este passo foi então possível fazer um ranking das alternativas, resultando em:

Tabela VII -Ranking final das alternativas em análise

| Alternativa | Valor |
|-------------|-------|
| E | 0,403 |
| G | 0,367 |
| A | 0,274 |

Fonte: Elaboração própria

Todas as tabelas referentes à sequência de passos descrita nesta subsecção constam no Anexo VI.

Como nota final, o estudo desenvolvido permite, então, perceber qual a sequência de alternativas que apresentam melhores valores e permite, por essa razão, chegar à conclusão que, caso por algum motivo, não seja possível efetuar toda a travessia utilizando comboio, a seguinte melhor alternativa será a A, que aparece em 3º lugar, e que combina comboio e navio. Por outro lado, este estudo permite também que seja tida em conta a realidade de diferentes empresas com diferentes importâncias nos fatores, uma vez que, ao alterar a matriz de comparações par a par dos critérios, todo o restante modelo será alterado em termos dos pesos dos diferentes fatores, sendo,

portanto, um estudo bastante versátil e que permite ter em consideração diferentes realidades. A título de exemplo, uma empresa que preze mais os fatores sociais, ao alterar a matriz de comparações par a par de forma a refletir essa premissa (Anexo VII), irá obter diferentes pesos dos fatores, o que permite adaptar o estudo a essa empresa:

Tabela VIII - Pesos dos fatores tendo em conta uma maior importância nos fatores sociais

| Fatores | Peso |
|------------|--------|
| Económicos | 49,55% |
| Sociais | 39,80% |
| Ambientais | 10,65% |

Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

A globalização tem afetado, cada vez mais, as empresas, não só as empresas da indústria automóvel, mas as empresas no geral e, com isso, surgem também desafios, nomeadamente, no que toca aos impactos que uma estratégia de transportes tem no ambiente, os impactos que essa estratégia tem na satisfação no cliente, mas também o impacto do lado da empresa, quer seja a nível de custos, quer seja a nível de reputação no mercado.

O presente estudo surge nessa sequência, permitindo escolher qual o melhor modo de transporte, ou conjugação de modos de transporte a utilizar no transporte de veículos entre Palmela e Berlim, tendo em conta 15 critérios que, embora divididos em três grupos, pretendem analisar o impacto a nível da sustentabilidade de determinada estratégia de transportes e, com base nisso, tomar a melhor decisão possível.

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado o método multicritério AHP, uma metodologia que auxilia à tomada de decisão multicritério, tendo sido utilizados critérios que foram definidos tendo por base a literatura existente sobre o tópico, no entanto, houve alguns dos critérios que foram adaptados ao estudo que se está a efetuar, de forma a representarem, melhor, o seu objetivo. Dessa maneira, foram escolhidos 15 critérios a utilizar e, embora estes tenham sido divididos em 3 grupos - económicos, sociais e ambientais -, todos se encontram no âmbito da sustentabilidade. Com base na análise efetuada, foi possível chegar à conclusão de que o critério relativo aos custos com o combustível é o que apresenta uma maior importância para a empresa, com 19,42% e os resultados permitiram também chegar à conclusão de que a melhor alternativa é a E, que consiste no transporte, apenas por comboio, desde Palmela até Berlim.

O estudo tem, no entanto, algumas limitações sendo, uma delas, o facto de estar adaptado à realidade específica da empresa Volkswagen Autoeuropa não podendo ser, por isso, generalizado. Outra limitação decorre dos critérios utilizados, isto porque os critérios foram definidos tendo por base a literatura existente sobre o assunto, no entanto, há outros critérios utilizados por outros autores e, portanto, caso se utilizem critérios diferentes dos apresentados neste estudo, o resultado poderá ser diferente. Por outro lado, também o facto de se ter definido a quantidade a transportar e o destino

à priori conta como uma limitação, visto que alterar esses fatores irá alterar todo o estudo e, conseqüentemente, os seus resultados.

Como sugestões de trabalho futuro, estas assentam no aumento das empresas envolvidas no estudo, assim como no aumento do número de opiniões recolhidas, no que toca às matrizes par a par, de forma a conseguir resultados ainda mais adaptados à realidade da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of American Railroads. (2021). *Freight Railroads & Climate Change*.

Ballou, R. H. (2006). Fundamentos do Transporte. In *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial* (pp. 139–167).

Caloglu, Z. V., Zontul, M., Bagriyamk, S. & Yemen, I. (2021). Software Quality Measurement Modelling Using AHP and Promethee Methods. *6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK*, 608–612. <https://doi.org/10.1109/UBMK52708.2021.9558959>

Cascetta, E., Cartenì, A., Pagliara, F. & Montanino, M. (2015). A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods. *Transport Policy*, 38, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.11.005>

Choi, T. M. (2020). Guest Editorial to the Special Issue on Logistics and Supply Chain Systems Engineering. In *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* (Vol. 50, Issue 12, pp. 4852–4855). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2020.3032808>

Chopra, S. & Meindl, P. (2013). *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Pearson.

Coyle, J. J., John J., Novack, R., Gibson, B. & Bardi, E. (2011). *Transportation: a supply chain perspective*. South-Western Cengage Learning.

Dahooie, J. H., Zavadskas, E. K., Firoozfar, H. R., Vanaki, A. S., Mohammadi, N. & Brauers, W. K. M. (2019). An improved fuzzy MULTIMOORA approach for multi-criteria decision making based on objective weighting method (CCSD) and its application to technological forecasting method selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 79, 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.12.008>

Dulebenets, M. A. (2018). A comprehensive multi-objective optimization model for the vessel scheduling problem in liner shipping. *International Journal of Production Economics*, 196, 293–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.027>

Enoshita, E. (nd). A Volkswagen é dona de quais marcas?. InstaCarro. [A Volkswagen é dona de quais marcas? - Instacarro](#)

Florian, M., Kemper, J., Sihn, W. & Hellingrath, B. (2011). Concept of transport-oriented scheduling for reduction of inbound logistics traffic in the automotive industries. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4, 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.01.004>

Frini, A. & ben Amor, S. (2019). MUPOM: A multi-criteria multi-period outranking method for decision-making in sustainable development context. *Environmental Impact Assessment Review*, 76, 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.11.002>

Goel, N., Singh, G., Kota, H. B., Mir, M. & Smark, C. (2021). Sustainable development goals and economic growth in emerging economies: A study of sustainability through international investments. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 15 (5 Special Issue), 41–58. <https://doi.org/10.14453/aabfj.v15i5.4>

Greco, S., Siraj, S. & Lundy, M. (2021). *Supporting decisions by unleashing multiple mindsets using pairwise comparisons method*. <http://arxiv.org/abs/2107.01731>

Haial, A., Benabbou, L. & Berrado, A. (2021). Designing a transportation-strategy decision-making process for a supply chain: Case of a pharmaceutical supply chain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18042096>

Hamurcu, M. & Eren, T. (2019). An application of multicriteria decision-making for the evaluation of alternative monorail routes. *Mathematics*, 7. <https://doi.org/10.3390/math7010016>

Islam, M. R., Mahmud, M. R. & Pritom, R. M. (2020). Transportation scheduling optimization by a collaborative strategy in supply chain management with TPL using chemical reaction optimization. *Neural Computing and Applications*, 32(8), 3649–3674. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04218-5>

Kabassi, K., Mpalomenou, S. & Martinis, A. (2021). AHP & PROMETHEE II FOR THE EVALUATION OF WEBSITES OF MEDITERRANEAN PROTECTED AREAS' MANAGING BOARDS. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 24(4), 1–17.

Kelly, J., Jones, P., Barta, F., Hössinger, R., Witte, A. & Wolf, A. C. (2004). *Successful transport decision-making A project management and stakeholder engagement handbook*.

Kundu, P., Kar, S. & Maiti, M. (2017). A fuzzy multi-criteria group decision making based on ranking interval type-2 fuzzy variables and an application to transportation mode selection problem. *Soft Computing*, 21(11), 3051–3062.
<https://doi.org/10.1007/s00500-015-1990-0>

Li, W., Li, Y., Fan, J. & Deng, H. (2017). Siting of carsharing stations based on spatial multi-criteria evaluation: A case study of Shanghai EVCARD. *Sustainability*, 9.
<https://doi.org/10.3390/su9010152>

Marchezetti, A. L., Kaviski, E. & Braga, M. C. B. (2011). Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, 11, 173–187.

Masoud, S. A. & Mason, S. J. (2016). Integrated cost optimization in a two-stage, automotive supply chain. *Computers and Operations Research*, 67, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.08.012>

Masoud, S. A. & Mason, S. J. (2017). Assessing the cost impact of multiple transportation modes to enhance sustainability in an integrated, two stage, automotive supply chain. *Informatics*, 4. <https://doi.org/10.3390/informatics4040034>

Mathew, M. (2018, agosto, 2). *Analytic Hierarchy Process (AHP)* [Vídeo]. YouTube.
[Analytic Hierarchy Process \(AHP\) - YouTube](#)

Mesa-Arango, R. & Ukkusuri, S. v. (2014). Attributes driving the selection of trucking services and the quantification of the shipper's willingness to pay. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 142–158.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.09.004>

Morris, C. (2021). *Shipping Truckload VS. Shipping LTL: What's The Difference?* Trinity – A Burris Logistics Company. [Shipping Truckload vs. Shipping LTL: What's the Difference? - Trinity Logistics, a Burris Logistics Company](#)

Münch, C., Benz, L. A. & Hartmann, E. (2022). Exploring the circular economy paradigm: A natural resource-based view on supplier selection criteria. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 28, 100793. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2022.100793>

Neves, G. R., Galhardi, A. C. & Lucato, W. C. (2021). Aplicação e comparação de métodos de apoio à decisão multicritério: AHP, TODIM e PROMETHEE II. *Exacta*, 20(1), 218–233. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17531>

Rimienè, K. & Grundey, D. (2007). Logistics Centre Concept through Evolution and Definition. *Engineering Economics*, 4(54), 87–95.

Saaty, T. L. (2004). DECISION MAKING-THE ANALYTIC HIERARCHY AND NETWORK PROCESSES (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1–35.

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, Adrian. (2007). *Research methods for business students* (Fourth). Financial Times/Prentice Hall.

Sofia, M. S. (2020). ODS da ONU: os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável para a década de 2020/2030. Propeq. [ODS da ONU: os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável para a década de 2020/2030 - Propeq](https://doi.org/10.1016/j.propeq.2020.100001)

Tadić, S., Krstić, M., Roso, V. & Brnjac, N. (2019). Planning an intermodal terminal for the sustainable transport networks. *Sustainability*, 11. <https://doi.org/10.3390/su11154102>

Tuzkaya, U. R. & Önüt, S. (2008). A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A case study. *Information Sciences*, 178(15), 3133–3146. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.03.015>

Uzorh, A. C. & Innocent, N. (2014). Supply Chain Management Optimization Problem. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(6), 1–9. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19682.58566>

Vitasek, K. (2013). Supply Chain Management - TERMS and GLOSSARY. *Council of Supply Chain Management Professionals*, 1–222.

Volkswagen do Brasil (2022). *Marca e Experiência*. Volkswagen.
<https://www.vw.com.br/pt/volkswagen.html>

Volling, T., Matzke, A., Grunewald, M. & Spengler, T. S. (2013). Planning of capacities and orders in build-to-order automobile production: A review. *European Journal of Operational Research*, 224, 240–260. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.07.034>

Xu, X., Wang, Y. & Yu, S. (2018). Teaching performance evaluation in smart campus. *IEEE Access*, 6, 77754–77766. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2884022>

Yalcin, A. S., Kilic, H. S. & Delen, D. (2022). The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121193>

Ye, Y., Zhao, Y., Shang, J. & Zhang, L. (2019). A hybrid IT framework for identifying high-quality physicians using big data analytics. *International Journal of Information Management*, 47, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.005>

Zhang, J., Ding, H. W., Wang, X. Q., Yin, W. J., Zhao, T. Z. & Dong, J. (2011). Mode choice for the intermodal transportation considering carbon emissions. *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, SOLI 2011*, 297–301. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2011.5986574>

Zhu, X., Meng, X. & Zhang, M. (2021). Application of multiple criteria decision-making methods in construction: A systematic literature review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(6), 372–403. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15260>

ANEXOS

Anexo I - Guião da entrevista efetuada no dia 6 de junho 2022

Propósito do estudo

O intuito do estudo é entender qual o meio de transporte, ou conjugação de modos, mais adequado(s) para transportar os automóveis da Autoeuropa, em Palmela, Portugal, para Berlim, Alemanha.

Para tal, dividi os fatores a ter em atenção em três categorias: económicos, sociais e ambientais e, dentro de cada categoria, há diversos fatores.

De forma a conseguir definir que fatores incluir neste estudo, li diversos artigos científicos escritos por vários autores, de forma a conseguir perceber quais os fatores que esses autores utilizaram nos seus estudos.

De seguida, dividi esses fatores pelas três categorias criadas (económico, social ou ambiental), de forma a agregá-los tendo em conta a divisão pretendida.

Posteriormente, criei, numa folha de excel, o esqueleto do modelo, incluindo os fatores referidos pelos diversos autores analisados.

Para dar continuidade ao estudo, necessito de ajustar os fatores referidos pelos autores, e já incluídos no modelo, à realidade da Autoeuropa.

Questões

Para tal, tenho um conjunto de questões que gostaria de ver respondidas, para que possa fazer o melhor ajuste possível:

1. Há algum número mínimo de automóveis para que se use um determinado modo de transporte?

2. Os meios de transporte são da Autoeuropa, ou são utilizados em regime de *outsourcing*? *Outsourcing*: é outra empresa que detém os meios de transporte, e a Autoeuropa apenas paga o serviço de transporte

3. Neste estudo, serão utilizados os fatores:

a. Económicos:

i. Peso do envio

ii. Custos de construção e/ou custos de investimento em infraestruturas (relacionados com a possível necessidade de ter de se construir infraestruturas para apoio ao(s) meio(s) de transporte utilizado(s))

iii. Custos com combustível

iv. Custos referentes ao inventário de contentores transportados

v. Custos de manuseio das mercadorias no destino

vi. Custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal

vii. Custo relacionado com danos incorridos no transporte ou no transbordo e custos fixos

b. Sociais

i. Custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana (caso suscite dúvida, este fator refere-se ao facto de ser dar, ou não, importância ao impacto que o meio de transporte escolhido tem na mobilidade, densidade populacional e impacto na área urbana)

ii. Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos

iii. Flexibilidade do transporte

iv. Segurança do transporte

v. Confiabilidade do serviço

vi. Carga burocrática envolvida

vii. Estado de conservação dos meios de transporte

c. Ambientais

i. Emissões de dióxido de carbono

ii. Medidas implementadas relativas à Responsabilidade Ambiental

iii. Uso, ou não, de sistemas de normalização referentes à Responsabilidade Ambiental

4.1. Tendo em conta os fatores referidos acima, há algum(s) que não é(são) relevante(s), tendo em conta a realidade da Autoeuropa?

4.2. Tendo em conta os fatores já incluídos no modelo, há algum(s) que considere relevante ser acrescentado?

Anexo II - Transcrição da entrevista efetuada no dia 6 de junho 2022

(...)

Aluna: Predefini que os carros seriam enviados para Berlim, e posteriormente, irei também definir a quantidade de carros a transportar, isso será algo também definido à priori.

Rui: E porque escolheste Berlim?

Aluna: Porque vi que a Alemanha era o maior país para o qual a Volkswagen Autoeuropa exportava, então resolvi escolher a capital por essa razão.

Rui: Daqui para a Alemanha, os nossos carros seguem por via marítima até um porto que fica em Emden, e daí é depois feita a distribuição para as várias zonas da Alemanha,
(...)

Aluna: Muito bem, mas daqui para a Alemanha saem todos por navio?

Rui: Saem todos, sim, mas, por exemplo, para a Áustria já saem por camião, visto ser um requisito do país, no entanto, para a Alemanha todo o transporte é feito por navio e para o porto de Emden.

(...)

Aluna: (...) agora a questão é perceber que fatores fazem sentido, tendo em conta a realidade da Volkswagen Autoeuropa, de forma a fazer um ajuste e saber que fatores devo incluir no modelo e quais devem ser retirados.

Rui: Começando pela 1ª questão, o número mínimo de automóveis é algo relativo. Nós introduzimos há pouco tempo ferrovia de Palmela para Barcelona e para Taragona, sendo que, depois, as rotas de navio vão para Livorno e para Civitavecchia na Itália, havendo também para o Reino Unido, nomeadamente para Cork, Tyne, Grimsby e Scheemess, para a Antwerpen e, finalmente, Emden. Toda a distribuição que vai para a Alemanha é desembarcada em Emden, por isso podemos dizer que aproximadamente 21% da nossa produção sai por rodovia e há uma parte desta que já foi substituída por ferrovia, sendo que o total, via porto de Setúbal, que é quase 80% da produção, sai por via marítima. Visto que o foco é o mercado alemão, então aí é correto afirmar que 100% dos veículos saem por via marítima, sendo que, depois, fica por esclarecer como é feito

o transporte a partir do porto de Emden. Relativamente à questão em si, não é possível enviar 10 carros por via marítima, visto que equivale a 80% da nossa produção. Tendo em conta que são produzidos 900 carros/dia, são cerca de 720 carros a saírem por navio, sendo que, quando o navio parte, leva 2.000 a 3.000 carros, o que significa que se faz um lote de carros, permitindo que os navios sejam programados tendo em conta a quantidade de carros que estão no porto de Setúbal. A única coisa que temos de assegurar é que, quando o navio chega ao porto de Setúbal há a quantidade de carros necessária para transportar. Eu diria que, estando a pensar em navios, nunca menos que 2.000 veículos.

Aluna: E espera-se até que esses 2.000 carros estejam no porto para serem enviados, ou fazem-se pequenos envios?

Rui: Espera-se até ter os 2.000 carros porque as rotas marítimas são muito instáveis, quer pelas condições de tempo, quer pelos atrasos nos portos, daí que tenhamos de ter sempre um *buffer* de veículos nos portos para que, caso haja um atraso, ainda haja espaço para enviar mais carros (...). Os navios têm um horário definido para entrar na barra, visto que as equipas em terra são preparadas tendo isso em conta, por exemplo, tem de haver estivadores suficientes no porto para depois fazerem a condução dos carros para dentro do navio (...), o que significa que, quando o navio atraca no porto de Setúbal, a quantidade de carros que é necessário transportar tem de já estar no porto, daí o acumular que se faz dos carros. A mesma coisa acontece quando o navio chega ao porto de Emden onde, também lá, tem de haver espaço suficiente para rececionar os veículos e fazer a sua expedição. Em termos de produção, e usando dados de 2019, foram produzidos 254.600 veículos, 202.152 dos quais transportados por via marítima, e 52.448 transportados por rodovia. Dos que foram transportados via navio, 185 foi pelo porto de Setúbal em que, de dois em dois dias há um navio, foram usados 86 comboios para transportar os carros da fábrica até ao porto de Setúbal e, em média, 57 camiões que transportam da fábrica até ao porto. Dos veículos que foram transportados por rodovia, os destinos foram Vigo, Clempozuelos, Salobral, Tarragona, Barcelona, Santander, Ambares, Howald e Strasswatchen.

Rui: Relativamente à segunda questão, os meios de transporte são 100% em *outsourcing*.

Aluna: Agora entramos nos fatores que os diversos autores acharam relevantes incluir no seu estudo e que precisamos de perceber se se adequam à realidade da Volkswagen Autoeuropa ou não.

Aluna: Portanto, começando pelos fatores económicos, o critério relativo ao peso do envio pretende estudar se a decisão acerca do modo de transporte a utilizar é influenciada pelo peso que é necessário transportar, ou seja, neste caso, a quantidade de carros a transportar.

Rui: Os meios de transporte estão todos tabelados, por exemplo, para transportar veículos há camiões que transportam 8 ou 9 carros por camião, portanto paga-se ao transportador a quantidade de carros que ele pode levar nesse camião, aí o peso não é muito relevante, visto contratar-se um camião para transportar aquele número de veículos. Relativamente aos “Custos de construção e/ou custos de investimento em infraestruturas”, sim, isto tem um grande peso porque temos infraestruturas que foram criadas logo aquando do projeto para transportar veículos por ferrovia para o porto de Setúbal, ou seja, foram criadas as condições necessárias no porto de Setúbal para que houvesse um conceito Ro-Ro e com um determinado espaço para o estacionamento de 5.000 carros, todos estes custos são, e foram, incluídos no projeto. (...) daí que, sim, o “peso do envio” é relevante, os “Custos de construção e/ou custos de investimento em infraestruturas”, se estivermos a pensar em novas infraestruturas tendo em mente a redução, não só a nível económico, mas também a nível de redução de CO₂. Os “custos com combustível” são importantes porque, na situação em que vivemos hoje, em relação à instabilidade com os custos com combustível, se tivermos um contrato de rodovia, há um preço médio do combustível, sendo esse valor que pagamos aos transportadores. Se os preços baixarem, os transportadores têm de nos devolver dinheiro porque pagámos mais do que aquilo que estava estipulado, mas se os preços subirem, como estão a subir, então temos de pagar aos transportadores essa diferença de preço. Se tivermos um transporte ferroviário, 100% elétrico, já não há problemas com os preços dos combustíveis. Se for uma linha ferroviária mista, então aí já há problemas com o combustível, mas a ferroviária tem muito menos impacto do que a rodoviária, significa que, se for escolhido um modo de transporte onde se possa fugir aos custos com o combustível é sempre melhor

(...)

Rui: (...) Relativamente ao fator: “custos referentes ao inventário de contentores transportados”, este não se aplica, porque trabalhamos com um conceito Ro-Ro, em que o próprio contentor é o carro, ou seja, o carro é conduzido para um local, transportado dentro do navio para outro local, sendo, depois, conduzido por uma pessoa para um 3º local, ou seja, o próprio carro é o modo de transporte, não há nenhum contentor associado a este negócio. Depois, o “custo de manuseio das mercadorias no destino”, sim, tem um grande impacto. Nós falamos sempre na primeira milha e na última milha. Se considerares que um veículo sai da Volkswagen Autoeuropa por ferrovia para o porto de Setúbal, temos o *handling* do condutor que conduz o veículo até ao parque; o condutor que coloca o carro no comboio; depois há a pessoa no porto de Setúbal que conduz o carro até ao porto. Depois há os estivadores, que são os únicos que podem conduzir o carro do parque para o navio, e vice-versa (...). O carro está parqueado no navio, o navio vai para Emden, chega a Emden, há outro estivador alemão que conduz o carro até ao parque, e, por fim, é necessário também considerar o motorista da rodovia (caso saia por rodovia), que coloca o carro no camião até chegar ao destino. Por isso há muito *handling* que tem de ser mapeado e cujo custo tem de estar associado à primeira e à última milha. (...)

Por isso, fazendo aqui um *check* a todos os pontos que tens, sim, são todos importantes, todos definem o método de transporte a utilizar (...) por exemplo, houve uma altura que, apesar de termos as infraestruturas, devido ao facto de estarmos a produzir um volume pequeno de veículos por dia, o transporte rodoviário mostrou-se mais benéfico do que o transporte ferroviário, então, durante 6 anos, tivemos a ferrovia desativada e fizemos o transporte para o porto de Setúbal por camião. Financeiramente, era a solução mais barata. Quando o volume começou a aumentar, a relação alterou-se e, apesar de em Portugal a oferta ser pouca, foi possível trabalhar com o parceiro rodoviário que entrou na ferrovia e fazer o processo via ferrovia. Aqui, os maiores benefícios nem são do ponto de vista económico, mas sim do ponto de vista de emissões de CO₂, visto termos conseguido reduzi-las em 80%. Claro que, a médio longo prazo, os comboios são menos afetados pelo aumento dos combustíveis, gastamos muito menos combustível e transportamos, imagina, 200 carros numa única viagem de comboio, e

para transportar 200 carros de camião são necessários 25 camiões. (...) Os “custos referentes aos navios necessários para assegurar o serviço semanal”, estão relacionados com os contratos que temos com armadores, e que são revistos periodicamente, fazendo-se uma análise ao mercado para ver se há alternativas mais baratas ou com outras condições

Rui: “Custos relacionados com danos incorridos no transporte ou no transbordo e custos fixos”, aqui engloba-se a vertente dos seguros que nós temos. Há uma inspeção do veículo antes de ser carregado e há outra inspeção do veículo à posteriori, depois de ser carregado, sendo feito o registo de qualquer anomalia, que é incluída nos custos do seguro do transporte. Todos os transportes têm o seu efetivo seguro.

Aluna: Muito bem, agora entramos nos fatores sociais

Rui: Os “Custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana”, então, não se usa um camião para levar os veículos para um concessionário no centro de Lisboa, por exemplo, o que muitas vezes acontece é usar-se transportes mais pequenos, ou conduzir os próprios carros. (...) “Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos”, também já falámos, tudo tem uma janela temporal para ser feito, a qual já está predefinida e contratada, e é com base nisso que se faz os pagamentos dos transportes. A “flexibilidade do transporte” é importante, porque, por exemplo, se tivermos um problema na rodovia, temos de encontrar uma alternativa para escoar os carros da fábrica, porque a fábrica não tem onde colocar os carros. Os planos de *backup*, aquilo a que se chama *business continuous management* são planos que têm de estar sempre estabelecidos. Quando se faz um contrato com um parceiro da ferrovia, tem de se ter um contrato alternativo porque se acontecer alguma coisa temos de ter um sítio para onde escoar os veículos. A “segurança do transporte” também é importante, o “tempo de entrega” também, a “confiabilidade do serviço” também, a “carga burocrática envolvida” também, porque, estando a trabalhar sem entrar em incumprimento, tem de se seguir os processos que estão definidos. O “estado de conservação dos meios de transporte” também, não podemos estar a transportar carros novos em camiões que não estão em condições, é uma questão de imagem. E o facto de estarmos sempre no mercado a procurar soluções melhores do ponto de vista ambiental, acaba por gerar um sentimento de concorrência

em que todos os transportes têm de estar ao último nível (...) Passando para os ambientais, as “emissões de dióxido de carbono”, talvez seja melhor substituir por “emissões de gases de estufa”, que se refere à medida relativa ao CO₂ equivalente, ou seja, considera o CO₂ e todos os outros gases com efeito estufa. As nossas medidas são todas em termos de CO₂ equivalente porque, se temos um modo de transporte combinado em que se usa, por exemplo, comboio, o próprio carro, navio e comboio novamente, quando o trajeto termina e necessário somar todas as parcelas e ver-se o impacto do transporte, medindo os gases todos, o que corresponde ao CO₂ equivalente. As “medidas implementadas relativas à responsabilidade ambiental”, há determinadas medidas que quando analisamos o mercado, nomeadamente o setor rodoviário, ao referir que só aceitamos transportadoras que respeitem as emissões de CO₂ impostas pela EU6 e EU5, faz com que consideremos uma medida implementada relativa à responsabilidade ambiental (...) E isso é definido logo em contrato e claro, se eu tenho uma frota de transportes e trabalho com EU5 e se me estão a pedir a EU6 eu sou, de imediato, excluído do contrato, não estou elegível para concorrer a este contrato e aí sim, isto é uma medida implementada com respeito à responsabilidade ambiental. (...) Relativamente ao que é a EU5 e a EU6 e a EU7, a União Europeia todos os anos atualiza a sua legislação em relação às emissões de CO₂ e então, de acordo com essas alterações da lei, eles definem que estamos, por exemplo, no EU6, e vai ser implementado o EU7, significa que todos os veículos produzidos a partir de uma determinada altura têm de respeitar estas emissões de CO₂ de acordo com o que a comitiva da EU7 dita. E sempre que se faz um *upgrade* emite-se menos CO₂, mas se eu tenho um carro ou um camião que é EU5 eu não o consigo converter em EU6, a única forma que tenho é vender aquele camião e comprar outro EU6.

Aluna: Então quando se escolhe a transportadora, fazem algum género de auditoria para ver se cumpre com os requisitos?

Rui: Há um caderno de encargos, uma especificação, sendo que essa especificação é revista e confirmada e apenas consideramos transportadores que respeitem a norma EU6, se há um que tem a EU5, automaticamente não pode ser considerado, porque a documentação não está de acordo com a especificação. Não é necessário ir ver os camiões, mas, caso haja um transportador que diz que tem camiões EU6, mas na

realidade não é EU6, há uma verificação e ele, como não está conforme, perde o contrato e nunca mais pode servir a Volkswagen como um todo, há determinadas cláusulas no contrato que ninguém quer incorrer no risco de ficar mal visto (...) “Uso ou não de sistemas de normalização referentes à responsabilidade ambiental”, eu diria que sim, porque a partir do momento em que definimos que apenas aceitamos trabalhar com novos transportadores que trabalhem com gás natural ou que tenham equipamentos EU6, estamos a normalizar os nossos contratos.

(...)

Aluna: Em relação à questão 2 já falámos, (...) tendo em conta os fatores que já conversamos há algum que ache que faz sentido ser incluído? Que não está no modelo?

Rui: Não, estão todos.

Aluna: Relativamente aos custos por km ou por milha, tem algum preço base por cada modo de transporte?

Rui: Essa informação eu pedi ao meu colega para conseguires ter uma referência, (...)

Rui: Vou então partilhar contigo algumas informações relativas aos transportes ferroviários. (...) antes eram transportados 8 veículos por camião com 64 viagens por dia. Começámos com uma primeira fase que foi a implementação do comboio só com um nível, com uma plataforma, que transportava 240 veículos por dia e depois, numa segunda fase, com 480 veículos por dia, com 4 viagens de comboio por dia. Depois entrámos numa terceira fase em que transportamos 650 veículos por dia, mas com menos uma viagem de comboio, porque existe o piso duplo, o que significa que transportamos mais veículos por viagem, logo, o transporte de um veículo é muito mais barato. Ao dia de hoje, temos 2 viagens com o tipo de transporte da terceira fase e 1 viagem com o tipo de transporte da segunda fase. Do ponto de vista financeiro, transportar por camião ou por ferrovia é a mesma coisa, não estamos tão sujeitos aos aumentos de portagens e de combustíveis, ou seja, a exposição aos incrementos de preços reduziu, mas o grande ganho é na redução das emissões de CO₂. (...) criámos uma rota no dia 10.11.2021 com a SEAT Martorell em Barcelona em que, de Barcelona para Portugal, os carros vêm em comboio duplo, transportam Seat, Volkswagen e Audi e, no caminho inverso, o comboio transporta os nossos veículos para o norte de Espanha,

Taragona. Aqui, as emissões de CO₂ já são mais reduzidas, porque este transporte já era feito por comboio até Madrid e depois de Madrid até Portugal é que era feito por camião e o nosso era feito por camião, mas, mesmo assim, estamos a falar de um redução das emissões de CO₂ neste transporte combinado que acontece 1 vez por semana e transporta 184 veículos em cada um dos trajetos, sendo que nós transportamos os veículos diretamente no comboio e depois, quando chegam a Espanha, têm de ser transportados na última milha por camião. Assim como os que chegam de Espanha são descarregados na fábrica e depois da fábrica vão para a Siva por camião, para a Azambuja.

(...)

Anexo III – Tabela detalhada acerca das diferentes alternativas em análise

| Alternativa | Modo de transporte | Quilómetros a percorrer (km) | Descrição do trajeto |
|-------------|--------------------|------------------------------|--|
| A + H | Comboio | 25 | Comboio da fábrica em Palmela até ao porto de Setúbal (25 km) + Navio até Emden (1557 milhas, logo 2508 km) e comboio de Emden a Berlim (424 km, segundo o site HappyRail, com a suposição de que os comboios de transporte de mercadorias também podem andar nas linhas de comboio urbano) |
| | Navio | 2.508 | |
| | Comboio | 424 | |
| B + K | Comboio | 25 | Comboio da fábrica em Palmela até ao porto de Setúbal (25 km) + Navio até Emden (1557 milhas, logo, 2508 km) e camião de Emden a Berlim utilizando a A2 (rota mais rápida segundo o Google Maps), logo 518 km de camião |
| | Navio | 2.508 | |
| | Camião | 518 | |
| C + F + J | Camião | 2.500 | Camião diretamente da fábrica em Palmela até Berlim usando, segundo o Google Maps, a A10 (rota mais rápida) com 2500 km. |
| D + I | Comboio | 1.049 | Comboio até Barcelona (segundo o site Trainline, 1006 km de Lisboa a Barcelona, de Palmela a Barcelona são 43 km, logo, de Palmela a Barcelona são 1049 km) + camião de Barcelona até Berlim com 1865 km (assumiu-se que os comboios de transporte de mercadorias também podem andar nas linhas de comboio urbano) |
| | Camião | 1.865 | |
| E + G | Comboio | 1.049 | Comboio até Barcelona (1049 km) + Comboio de Barcelona até Berlim (segundo o site Trainline, 1499 km) (assumiu-se que os comboios de transporte de mercadorias também podem andar nas linhas de comboio urbano). |

Anexo IV – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.1.

| custos por meio de transporte (Ballou, 2016) | custo por 1 milha (\$) | custo por 1 milha (€) | custo por 1 km (\$) | custo por 1 km (€) |
|--|------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| ferroviário | \$ 2,28 | 2,23 € | \$ 3,67 | 3,60 € |
| rodoviário | \$ 26,19 | 25,67 € | \$ 42,17 | 41,33 € |
| marítimo | \$ 0,74 | 0,73 € | \$ 1,19 | 1,17 € |

| Emissões de gases de efeito estufa por modo de transporte (2022, UE) comparando com um indexante (1990) | Emissões de gases de efeito estufa de 1990 (kt CO2 Eq) | Emissões reais de gases de efeito estufa por modo de transporte (2022, UE) (kt CO2 Eq) |
|---|--|--|
| ferroviário | 31,539 | 4 846 617 |
| rodoviário | 120,751 | |
| marítimo | 73,845 | |

| | FATORES | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|---|---|---|--|---|--|
| | Económicos | | | | | Sociais | | | | | | | Ambientais | | |
| Pesos encontrados pela normalização dos fatores | 22,65% | 26,49% | 9,60% | 11,24% | 9,32% | 5,32% | 7,22% | 5,57% | 5,03% | 6,66% | 5,25% | 3,99% | 5,93% | 6,16% | 5,93% |
| Alternativas | 1. Peso do envio (Toneladas) + | 2. Custos com combustível (€) - | 3. Custos de manuseio das mercadorias no destino (€) - | 4. Custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal (€) - | 5. Custos relacionados com danos incorridos no transporte ou no transbordo e custos fixos (€) - | 6. Custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana (escala 1-9) + | 7. Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos (escala 1-9) + | 8. Flexibilidade do transporte (escala 1-9) + | 9. Segurança do transporte (escala 1-9) + | 10. Confiabilidade do serviço (escala 1-9) + | 11. Carga burocrática envolvida (escala 1-9) - | 12. Estado de conservação dos meios de transporte (escala 1-9) + | 13. Medidas implementadas de responsabilidade ambiental (variável dummy - Sim (1) ou Não (0)) + | 14. Uso, ou não, de sistemas de normalização referentes à Responsabilidade Ambiental (variável dummy - Sim (1) ou Não (0)) + | 15. Emissões de gases de efeito estufa (CO ₂ equivalente) (Kilótonelada) - |
| A | 8 750 000 | 2 745,01 € | 2 745,01 € | 1 129,48 € | 2 745,01 € | 6 | 6 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 | 1 | 1 | 510 755 886 |
| B | 8 750 000 | 22 628,59 € | 22 628,59 € | 1 129,48 € | 22 628,59 € | 8 | 4 | 7 | 7 | 8 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 095 989 735 |
| C | 8 750 000 | 103 326,09 € | 103 326,09 € | 0 € | 103 326,09 € | 4 | 5 | 3 | 8 | 8 | 5 | 5 | 1 | 1 | 585 233 849 |
| D | 8 750 000 | 80 855,63 € | 80 855,63 € | 0 € | 80 855,63 € | 7 | 8 | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 738 091 303 |
| E | 8 750 000 | 9 167,88 € | 9 167,88 € | 0 € | 9 167,88 € | 5 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 1 | 1 | 152 857 454 |
| F | 8 750 000 | 103 326,09 € | 103 326,09 € | 0 € | 103 326,09 € | 9 | 3 | 2 | 6 | 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 585 233 849 |
| G | 8 750 000 | 9 167,88 € | 9 167,88 € | 0 € | 9 167,88 € | 6 | 4 | 5 | 8 | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 152 857 454 |
| H | 8 750 000 | 6 429,43 € | 6 429,43 € | 1 129,48 € | 6 429,43 € | 2 | 6 | 8 | 5 | 4 | 8 | 7 | 1 | 1 | 510 755 886 |
| I | 8 750 000 | 80 855,63 € | 80 855,63 € | 0 € | 80 855,63 € | 1 | 5 | 4 | 6 | 7 | 7 | 5 | 1 | 1 | 738 091 303 |
| J | 8 750 000 | 103 326,09 € | 103 326,09 € | 0 € | 103 326,09 € | 4 | 7 | 1 | 7 | 5 | 4 | 7 | 1 | 0 | 585 233 849 |
| K | 8 750 000 | 22 628,59 € | 22 628,59 € | 1 129,48 € | 22 628,59 € | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 8 | 0 | 1 | 1 095 989 735 |
| Máx | 8 750 000 | 103 326,09 € | 103 326,09 € | 1 129,48 € | 103 326,09 € | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 095 989 735 |

Anexo V – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.2.

| Critérios | |
|-----------|---|
| 1 | Peso do envio |
| 2 | Custos com combustível |
| 3 | Custos de manuseio das mercadorias no destino |
| 4 | Custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal |
| 5 | Custos relacionados com danos incorridos no transporte ou no transbordo e custos fixos |
| 6 | Custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana |
| 7 | Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos |
| 8 | Flexibilidade do transporte |
| 9 | Segurança do transporte |
| 10 | Confiabilidade do serviço |
| 11 | Carga burocrática envolvida |
| 12 | Estado de conservação dos meios de transporte |
| 13 | Medidas implementadas de responsabilidade ambiental |
| 14 | Uso, ou não, de sistemas de normalização referentes à Responsabilidade Ambiental |
| 15 | Emissões de gases de efeito estufa (CO2 equivalente) |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 9,00 | 3,00 | 5,00 | 9,00 | 7,00 | 5,00 | 7,00 | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 5,00 | 9,00 | 7,00 | 5,00 | 7,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| 3 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 5,00 | 2,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 4 | 0,11 | 0,20 | 0,20 | 1,00 | 5,00 | 7,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 |
| 5 | 0,33 | 0,33 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 |
| 6 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,14 | 0,50 | 1,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 7 | 0,11 | 0,11 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 8 | 0,14 | 0,14 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 9 | 0,20 | 0,20 | 1,00 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 0,20 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 0,14 | 0,14 | 1,00 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 11 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 1,00 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| 12 | 0,20 | 0,20 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,33 | 0,20 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 13 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 14 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 15 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Soma | 6,97 | 4,66 | 16,10 | 26,58 | 20,07 | 32,33 | 32,40 | 31,33 | 32,83 | 29,40 | 37,00 | 37,00 | 22,00 | 20,00 | 21,00 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Autovetor ou prioridade (valor a colocar no modelo) W |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 1 | 0.14 | 0.21 | 0.19 | 0.34 | 0.15 | 0.15 | 0.28 | 0.22 | 0.15 | 0.24 | 0.14 | 0.14 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 16.61% |
| 2 | 0.14 | 0.21 | 0.19 | 0.19 | 0.15 | 0.15 | 0.28 | 0.22 | 0.15 | 0.24 | 0.14 | 0.14 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 19.42% |
| 3 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.19 | 0.10 | 0.15 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.14 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 7.04% |
| 4 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.25 | 0.22 | 0.03 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.05 | 0.05 | 8.24% |
| 5 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.06 | 0.09 | 0.10 | 0.15 | 0.17 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.10 | 6.83% |
| 6 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 3.90% |
| 7 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.16 | 0.15 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 5.30% |
| 8 | 0.02 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 4.09% |
| 9 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 3.69% |
| 10 | 0.02 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.14 | 0.14 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 4.88% |
| 11 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 3.85% |
| 12 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 2.92% |
| 13 | 0.14 | 0.04 | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 4.35% |
| 14 | 0.14 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 4.52% |
| 15 | 0.14 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 4.35% |

O critério com o maior peso (a verde) é o que detém o maior nível de importância

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Soma ponderada dos pesos | Divisão da soma ponderada de cada critério pelo seu respetivo peso |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|--|
| 1 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.74 | 0.20 | 0.20 | 0.48 | 0.29 | 0.18 | 0.34 | 0.19 | 0.15 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 3.47 | 20.907 |
| 2 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.41 | 0.20 | 0.20 | 0.48 | 0.29 | 0.18 | 0.34 | 0.19 | 0.15 | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 3.67 | 18.906 |
| 3 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.41 | 0.14 | 0.20 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.19 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 1.47 | 20.845 |
| 4 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.08 | 0.34 | 0.27 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.05 | 0.19 | 0.15 | 0.13 | 0.05 | 0.04 | 1.54 | 18.717 |
| 5 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.08 | 0.16 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 1.27 | 18.608 |
| 6 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.16 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.72 | 18.557 |
| 7 | 0.02 | 0.02 | 0.07 | 0.08 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.20 | 0.18 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.99 | 18.633 |
| 8 | 0.02 | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.74 | 18.220 |
| 9 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.64 | 17.450 |
| 10 | 0.02 | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.19 | 0.15 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.91 | 18.585 |
| 11 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.63 | 16.285 |
| 12 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.50 | 16.984 |
| 13 | 0.17 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.77 | 17.709 |
| 14 | 0.17 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.83 | 18.270 |
| 15 | 0.17 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.79 | 18.182 |
| Soma | 1.16 | 0.91 | 1.13 | 2.19 | 1.37 | 1.26 | 1.72 | 1.28 | 1.21 | 1.44 | 1.42 | 1.08 | 0.96 | 0.90 | 0.91 | | |

| λ_{max} | Índice de Consistência (IC) | Rácio de Consistência (RC) |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
| | 0,25 | 0,155 |
| 18,46 | | |

Anexo VI – Tabelas referentes aos resultados obtidos no ponto 4.3.

| | | FATORES | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------------------|---------------------------|--|---|---|--|--|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|---|---|--|--------------------------------|
| | | Económicos | | | | | Sociais | | | | | | | | | | |
| Pesos encontrados pela normalização dos modelo | | 16.61% | 19.42% | 7.04% | 8.24% | 6.83% | 3.90% | 5.30% | 4.09% | 3.69% | 4.88% | 3.85% | 2.92% | 4.35% | 4.52% | 4.35% | |
| Alternativas | | 1. Peso do envio | 2. Custos com combustível | 3. Custos de manuseio das mercadorias no destino | 4. Custos referentes ao uso dos navios necessários para assegurar o serviço semanal | 5. Custos relacionados com danos incorridos no transporte ou no transbordo e custos fixos | 6. Custos referentes à mobilidade, à densidade populacional e ao impacto visual na área urbana | 7. Cumprimento dos prazos de entrega previamente estabelecidos | 8. Flexibilidade e do transporte | 9. Segurança do transporte | 10. Confiabilidade do serviço | 11. Carga burocrática envolvida | 12. Estado de conservação dos meios de transporte | 13. Medidas implementadas de responsabilidade e ambiental | 14. Uso, ou não, de sistemas de normalização referentes à Responsabilidade de Ambiental | 15. Emissões de gases de efeito estufa (CO ₂ equivalente) | Ranking final das alternativas |
| A | 1 | 0.03 | 0.03 | 1 | 0.03 | 0.67 | 0.67 | 0.50 | 0.63 | 0.63 | 0.88 | 1 | 1 | 1 | 0.47 | 0.274 | |
| B | 1 | 0.22 | 0.22 | 1 | 0.22 | 0.89 | 0.44 | 0.88 | 0.88 | 1.00 | 0.50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.226 | |
| C | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.44 | 0.56 | 0.38 | 1.00 | 1.00 | 0.63 | 0.63 | 1 | 1 | 0.53 | 0.041 | |
| D | 1 | 0.78 | 0.78 | 0 | 0.78 | 0.78 | 0.89 | 0.13 | 0.50 | 0.38 | 0.50 | 0.50 | 1 | 1 | 0.67 | 0.080 | |
| E | 1 | 0.09 | 0.09 | 0 | 0.09 | 0.56 | 1 | 1 | 1.00 | 0.88 | 0.88 | 0.75 | 1 | 1 | 0.14 | 0.403 | |
| F | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.33 | 0.25 | 0.75 | 0.13 | 0.13 | 0.88 | 1 | 1 | 0.53 | 0.020 | |
| G | 1 | 0.09 | 0.09 | 0 | 0.09 | 0.67 | 0.44 | 0.63 | 1 | 0.63 | 0.25 | 0.50 | 1 | 1 | 0.14 | 0.367 | |
| H | 1 | 0.06 | 0.06 | 1 | 0.06 | 0.22 | 0.67 | 1 | 0.63 | 0.50 | 1 | 0.88 | 1 | 1 | 0.47 | 0.251 | |
| I | 1 | 0.78 | 0.78 | 0 | 0.78 | 0.11 | 0.56 | 0.50 | 0.75 | 0.88 | 0.88 | 0.63 | 1 | 1 | 0.67 | 0.074 | |
| J | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.44 | 0.78 | 0.13 | 0.88 | 0.63 | 0.50 | 0.88 | 1 | 0 | 0.53 | -0.014 | |
| K | 1 | 0.22 | 0.22 | 1 | 0.22 | 0.56 | 0.44 | 0.25 | 0.63 | 0.50 | 0.50 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.125 | |

Anexo VII – Tabela relativa à análise de sensibilidade

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 6,00 | 5,00 |
| 3 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 | 5,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 6,00 | 5,00 | 4,00 |
| 4 | 0,20 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 5,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 |
| 5 | 0,33 | 0,50 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 |
| 6 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 1,00 | 3,00 | 7,00 | 5,00 | 7,00 | 2,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 7 | 0,50 | 0,25 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 8,00 | 5,00 | 7,00 | 9,00 | 8,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 8 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 1,00 | 0,33 | 0,14 | 0,13 | 1,00 | 8,00 | 7,00 | 5,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 9 | 0,33 | 0,33 | 0,20 | 0,50 | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,13 | 1,00 | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 1,00 | 0,50 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 1,00 | 7,00 | 8,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 11 | 0,50 | 0,50 | 1,00 | 0,33 | 1,00 | 0,50 | 0,11 | 0,20 | 0,25 | 0,14 | 1,00 | 5,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| 12 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 0,20 | 0,13 | 0,25 | 0,20 | 0,13 | 0,20 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 13 | 0,50 | 0,20 | 0,17 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 14 | 1,00 | 0,17 | 0,20 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 15 | 1,00 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Soma | 8,45 | 6,32 | 11,23 | 17,82 | 20,17 | 21,52 | 18,70 | 31,72 | 36,58 | 44,27 | 38,70 | 54,00 | 28,00 | 26,00 | 27,00 |

