

Simulação do impacto da rede de alta velocidade no desempenho dos restantes operadores de transportes

A Alta Velocidade no corredor Lisboa-Porto

Manuel Bebiano de Brito Camacho Brando

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Júri

Presidente: João Torres de Quinhones Levy
Orientadores: Filipe Manuel Mercier Vilaça e Moura
João António de Abreu e Silva
Vogais: Luís Miguel Garrido Martinez
Paulo Fonseca Teixeira

Junho de 2013

Agradecimentos

Quero agradecer ao Prof. Dr. Filipe Mercier Moura e ao Prof. Dr. João Abreu e Silva, meus orientadores da tese, o excelente desafio que foi esta tese e terem disponibilizado tanto do seu tempo para as minhas dúvidas e questões. Sem o vosso apoio não teria sido possível e foi um prazer trabalhar com vocês.

Gostaria de agradecer o apoio fundamental da aluna de doutoramento Olga Petrik, sem ela esta tese teria ficado muito aquém dos objetivos propostos. A sua grande disponibilidade e ajuda na construção do modelo foram inigualáveis. Queria também agradecer a outro aluno de doutoramento, o Ryan Allard, pelas diversas ajudas na construção da revisão de literatura e pelos seus apontamentos sobre a teoria de jogos. Aos dois um muito obrigado, por todas as horas despendidas em reuniões para me ajudar.

Quero agradecer a todos os entrevistados pela sua ajuda, Dra. Teresa Lopes, Dr. Carlos Fernandes, Prof. Dr. Paulo Teixeira, Eng.º. Vilaça Moura.

Quero agradecer à minha família todo o apoio demonstrado ao longo deste percurso sem eles não teria sido possível chegar tão longe. Em especial ao meu padrinho que sempre insistiu com a pergunta: “Hoje quantas páginas?”

Por último, quero agradecer a todos os meus amigos, em especial ao grupo “Os Verídicos”, pelo apoio demonstrado, não só neste capítulo terminal da minha formação, mas como ao longo de todo o curso.

Resumo

A Alta Velocidade Ferroviária (AVF) é parte da Rede Transeuropeia de Transportes e, como tal, grandes investimentos têm sido (e serão) feitos na Europa desde o final da década de 1980. Apesar da atual crise económica, é expectável que Portugal vá prosseguir o seu projeto de AVF no médio a longo prazo. A introdução da AVF em Portugal poderá criar novas oportunidades e desencadear uma série de mudanças comportamentais no mercado interno. O principal objetivo da presente dissertação é modelar o comportamento estratégico dos operadores de transporte de passageiros que competem com AVF num corredor multimodal. Como tal, analisamos as possíveis mudanças nas estratégias dos operadores existentes após a entrada (hipotética) da AVF, aplicando a nossa metodologia para o caso de estudo da ligação entre Lisboa e Porto.

A metodologia de análise proposta é baseada na teoria de jogos aliada a um algoritmo de otimização, a fim de simular o que seriam as possíveis mudanças de estratégia dos operadores cujo objetivo último é maximizar o seu lucro. Os retornos do jogador são quantificados através da definição de funções de custo e de benefício. A otimização deste problema é realizada através de um algoritmo cíclico em que cada jogador tem como objetivo maximizar o lucro face às mudanças nas condições de mercado, ou seja, mudanças estratégicas dos concorrentes. Para materializar as mudanças de estratégias das operadoras, utilizou-se quatro atributos-chave para cada modo: custo de transporte para os passageiros, o tempo de acesso às principais estações, intervalo entre passagens (*headway*), e tempo de viagem. Para simular as alterações da procura, usamos quatro modelos binomiais de escolha discreta que estimam as transferências potenciais de todos os modos (carro particular, autocarro, transporte aéreo e comboio convencional) para a AVF.

Os resultados indicam que a metodologia proposta aqui é apropriada para simular o comportamento estratégico dos operadores diante de novos concorrentes num corredor multimodal. Após a otimização e de acordo com os nossos pressupostos, a AVF poderia duplicar os lucros estimados atualmente, enquanto que o transporte aéreo iria tentar minimizar as perdas, possivelmente colaborando com a AVF, evitando assim voos onerosos na ligação entre Lisboa e Porto. A AVF pode tornar-se uma ameaça ao comboio convencional, se não for permitida a licitação para a concessão da AVF ao operador atual. Alternativamente, pode colaborar com a AVF como um alimentador, procurando assim explorar novos segmentos de mercado na ligação que atualmente se encontra sobressaturada). Finalmente, os autocarros são os principais beneficiados pois poderiam aumentar os preços dos bilhetes, aumentando *headways*, e ainda aumentar os seus lucros líquidos, apesar de uma certa perda da sua quota modal.

Palavras-Chave: Alta Velocidade Ferroviária, Comportamento Estratégico, Competição e Teoria de Jogos

Abstract

The High Speed Rail (HSR) is part of the Trans-European Transport Network and, as such, large investments have been (and will be) done in Europe since the late 1980's. Despite the current economic crisis, it is foreseeable that Portugal will pursue its HSR project in the medium to long term. The introduction of HSR creates new opportunities and triggers a series of behavioral changes in the domestic market, aiming to make the transport and logistics systems more competitive in the Iberian and, to some extent, in the European context. The main objective of the present research is to model the strategic behavior of passenger transport operators that compete with HSR in a multi-modal corridor. As such, we analyze the potential changes in the strategies of existing operators after the (hypothetical) entry of HSR, applying our methodology to the case study of the link between Lisbon and Oporto.

We propose a game theoretical approach together with an optimization algorithm, in order to simulate what would be the possible changes of operators' strategies that would maximize their net profits. The payoffs of its player are quantified through the definition of both cost and benefit functions. The optimization of this problem is performed through a cyclic algorithm whereby each player aims to maximize his profits in face of changing market conditions, i.e. strategic changes of competitors. The game theoretical optimization ends when the difference in net profits of all players between two consecutive games is below 1%. To materialize the changes of the operators' strategies, we used four key attributes for each mode: passenger travel cost, access time to main stations, headway and travel time. To simulate the changes in demand for each mode, we used four binomial discrete choice models that estimate potential transfers between all modes (private car, bus, air and conventional rail) to HSR.

Our results indicate that the methodology proposed here is appropriate to simulate the operators' strategic behavior in face of new competitors in a multimodal corridor. After the optimization and according to our assumptions, the HSR could potentially double the currently estimated profits, while air would try to minimize losses, possibly by collaborating with the HSR and avoid costly connection flights between Lisbon and Oporto. The HSR can become a threat to conventional rail if the current operator is not allowed to bid for the concession of HSR. Alternatively, it can collaborate with the HSR as a feeder and trying to explore new market segments in the currently over-saturated link (e.g., freight and/or suburban and regional trains). Finally, buses are the main winners as they could potentially increase ticket prices, while increasing headways, and still increase their net profits, despite some loss of its modal share.

Key Words: High Speed Rail, Strategic Behavior, Competition and Game Theory

Glossário de Abreviaturas

AP - Alfapendular

AV – Alta Velocidade

AVF – Alta Velocidade Ferroviária

CB – Cenário Base

CC – Comboio Convencional

CF – Cenário Final

CP – Caminhos de Ferro Portugueses

HSR – High Speed Rail

IC – Intercidades

ICE – Intercity Express

O-D – Origem - Destino

PPP – Parceria Público-Privada

PR – Preferências Reveladas

RAVE – Rede Ferroviária de Alta Velocidade

REFER – Rede Ferroviária Nacional

RENEX – Rede Nacional de Transporte

RNE – Rede Nacional de Expressos

TAP – Transportes Aéreos Portugueses

TEN-T – Trans-European Transport Network (em Português, Rede Trans-Europeia de Transporte)

TGV – Train à Grande Vitesse

TI – Transporte Individual

WTP – Willingness-to-Pay

Índice

1 - Introdução.....	5
1.1 – Motivação.....	5
1.2 - Enquadramento geral	6
1.2.1 - A alta velocidade ferroviária no contexto Europeu	6
1.2.2 – Ponto da situação em Portugal	8
1.4 – Objetivos	10
1.5 – Estrutura da dissertação.....	11
2 - Revisão da literatura	13
2.1 – Diversas abordagens metodológicas ao problema	13
2.1.1 Competição entre AVF e Transporte Aéreo	13
2.1.2 Competição entre AVF e Comboio Convencional	22
2.1.3 Competição entre AVF e todos os operadores	27
2.2 – A adequabilidade e vantagens da teoria de jogos neste contexto	29
3 - Metodologia de estudo	31
3.1 – Descrição genérica do procedimento seguido	31
3.2 – Teoria de Jogos.....	33
3.3 – Métodos	36
3.3.1 – Escolha dos Jogadores.....	36
3.3.2 – Estratégias possíveis dos operadores.....	37
3.3.3 – Caracterização dos <i>payoffs</i>	38
4. Caso de estudo: AVF na ligação Lisboa-Porto	41
4.1- Caracterização geral da oferta e procura.....	41
4.1.1- Comboio Convencional	41
4.1.2- Autocarros.....	43
4.1.3- Transporte aéreo	44
4.1.4- Transporte Individual	46
4.1.5- Alta Velocidade Ferroviária.....	47
4.2- Inserção da Alta Velocidade no mercado	49
4.2.1- Definição do cenário base.....	49
4.2.2- Reajustamento das quotas de mercado	52
4.2.2.1 - Quotas de mercado iniciais.....	52

4.2.2.2 - Funções de Lucro	53
4.2.2.3 - Função de Custo da AVF.....	57
4.2.2.4 - Função de custo do comboio convencional.....	59
4.2.2.5 - Função de custo do autocarro	60
4.2.2.6 - Função de custo para o transporte aéreo.....	61
4.2.2.7 – Quotas modais estimadas no ano base, com AVF	61
5 - Resultados e discussão.....	65
5.1 - Definição dos jogos: competição e cooperação entre operadores	65
5.2 - Validação do Modelo	69
5.2.1 - Análise da Robustez	69
5.2.2 - Análise de Sensibilidade	74
6 - Conclusões e recomendações.....	81
6.1 - Principais conclusões	81
6.2 - Limitações do estudo	82
6.3 - Recomendações para estudos futuros.....	83
Referências.....	85
Anexos.....	87
Anexo 1 - Entrevista	89
Anexo 2 - Passos Intermédios do modelo base	91
Anexo 3 - Passos Intermédios do modelo com diminuição do custo e tempo de viagem do carro	93
Anexo 4 - Passos Intermédios do modelo com alteração dos valores mínimos e máximos das variáveis.....	97
Figura 1 - Ponto de origem do passageiro	25
Figura 2 - Retângulo O/D.....	25
Figura 3 - Escolha do passageiro	26
Figura 4 - Ilustração dos diversos passos	32
Figura 5 - Descrição da obtenção do cenário base	38
Figura 6 - Ciclo de otimização do modelo	40
Figura 7 – Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para a AVF	77
Figura 8 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o avião.....	77
Figura 9 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o comboio	78
Figura 10 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o autocarro.....	78

Quadro 1 - Repartição modal para vários valores dos atributos da função utilidade	15
Quadro 2 - Willingness-to-pay de cada modo para diferentes alterações dos atributos da função utilidade	16
Quadro 3 - Quotas modais para Cinco cenários testados.....	17
Quadro 4 - Elasticidades obtidas para cada ligação e cada modelo	18
Quadro 5 - Valores do tempo de viagem usados.....	20
Quadro 6 - Resultados obtidos no cenário de upgrade das TEN's e custo de acesso 2€.....	21
Quadro 7 - Resultados financeiros da aplicação de taxas ambientais	21
Quadro 8 - Dados das variáveis para os 5 pares com preços a uma semana e três meses antes da partida	22
Quadro 9 - Resultados obtidos.....	26
Quadro 10 - Comparação modal através da inserção da AVF	28
Quadro 11 - Estratégias possíveis para cada operador.....	37
Quadro 12 - Serviços propostos para a AVF.....	48
Quadro 13 - Tempo de viagem entre cada estação.....	49
Quadro 14 - Valores obtidos para cada variável.....	50
Quadro 15 - Valores definidos para o cenário base.....	52
Quadro 16 - Valores mínimos e máximos das variáveis.....	52
Quadro 17 - Quotas modais do mercado.....	53
Quadro 18 - Valores das distâncias entre Lisboa e Porto para os vários modos	54
Quadro 19 – Horário, tempo de viagem e frequência diária para cada modo	55
Quadro 20 - Limites de capacidade e de tempo para a compra de novo material circulante....	56
Quadro 21 - Número de passageiros transportados por dia	56
Quadro 22 - Frota necessária para cumprir os serviços de transporte.....	56
Quadro 23 - Taxas de ocupação de cada modo	57
Quadro 24 - Valores dos parâmetros da função de custo de AVF	59
Quadro 25 - Valores dos parâmetros da função de custo do comboio convencional.....	59
Quadro 26 - Valores dos parâmetros da função de custo do autocarro	61
Quadro 27 - Valores dos parâmetros da função de custo do avião.....	61
Quadro 28 – Receitas e despesas do cenário base	62
Quadro 29 - Novas quotas modais do cenário base (após entrada da AVF).....	62
Quadro 30 - Passageiros transportados por dia por modo para o cenário base	63
Quadro 31 - Veículos necessários para o cenário base.....	63
Quadro 32 - Taxas de ocupação para o cenário base	63
Quadro 33 - Resultados do cenário de otimização e comparação com o cenário base	65
Quadro 34 - Variação das quotas modais entre o cenário base e o cenário otimizado (com e sem TI).....	67
Quadro 35 - Passageiros transportados por dia e por modo para o cenário otimizado.....	68
Quadro 36 - Veículos necessários para o cenário otimizado	68
Quadro 37 - Taxas de ocupação para o cenário otimizado.....	68
Quadro 38 - Variação das taxas de ocupação entre o cenário base e o cenário otimizado	69
Quadro 39 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para aleatoriedade do início de processo de maximização.....	70
Quadro 40 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para os valores das variáveis Preço e <i>headways</i> no cenário base.....	70

Quadro 41 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para os valores das variáveis Preço e <i>headways</i> no cenário base, após exclusão dos casos problemáticos.....	71
Quadro 42 - Valores do desvio-padrão e coeficientes de variação obtidos para aleatoriedade dos dois cenários estudados anteriormente.....	71
Quadro 43 - Resultados finais após exclusão dos casos problemáticos	71
Quadro 44 - Resultados obtidos para diminuição do preço e do tempo de viagem do carro....	72
Quadro 45 - Quotas modais obtidas para a diminuição do preço e tempo de viagem do carro	72
Quadro 46 - Quota modal com o aumento do número máximo de viagens por dia para cada modo	73
Quadro 47 - Resultados obtidos através de um alargamento dos máximos e mínimos dos valores de preço e <i>headway</i>	73
Quadro 48 – Quotas modais obtidas com o alargamento dos máximos e mínimos dos valores de preço e <i>headway</i>	74
Quadro 49 - Correlação entre a quota modal da AVF e os diversos parâmetros	75
Quadro 50 - Correlação entre a quota modal do Avião e os diversos parâmetros	75
Quadro 51 - Correlação entre a quota modal do comboio e os diversos parâmetros	76
Quadro 52 - Correlação entre a quota modal do autocarro e os diversos parâmetros.....	76

1 - Introdução

1.1 – Motivação

A motivação do presente estudo é encontrar soluções estratégicas para cada um dos operadores que vai concorrer com a alta velocidade na ligação Lisboa-Porto, reduzindo desta forma o impacto que este novo concorrente pode trazer ao mercado. Este estudo encontra-se inserido no *Work Package 4* do projeto EXPRESS - Exploração da rede ferroviária portuguesa e soluções para uma estratégia de desenvolvimento (MIT/SET/0023/2009), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e enquadrado no Programa MIT-Portugal. O contributo desta dissertação para este projeto consiste em perceber se o comportamento estratégico dos operadores é um fator adicional de incerteza nas estimativas de procura no sector dos transportes.

A evolução dos vários modos de transporte a nível mundial, durante o séc. XX., obrigou a que o comboio convencional passasse, nesse mesmo período, por uma fase crítica. Esta fase foi ultrapassada graças a 3 principais fatores: o serviço de mercadorias de longa distância; os serviços urbanos e periurbanos e por fim o salto tecnológico da alta velocidade (Teixeira, 2012). Foi a pressão introduzida pelos restantes modos de transportes, que continuaram a evoluir, nomeadamente quanto às estratégias de cada operador, bem como quanto à intermodalidade, que forçaram o comboio convencional a desenvolver novas políticas de oferta. Tal como para os restantes modos, a transição do comboio convencional para AV baseou-se em decisões e na definição de estratégias baseadas na melhoria de indicadores de produção como: preço, tempo de viagem, tempo de acesso, frequência, conforto, segurança, redução do consumo energético e fiabilidade, sendo estes os mais importantes. O resultado foi um impacto comercial notável, voltando a ser competitivo, e até mesmo complementar na escala urbana e, potencialmente, na escala interurbana (nomeadamente com a AVF).

Devido ao aumento significativo de linhas de comboio de alta velocidade na Europa Central, nos últimos anos, é possível crer que num futuro não muito longínquo Portugal enrede por este caminho (embora a conjuntura económica atual do País indique o contrário). Caso a aposta na mobilidade em AV na ligação Lisboa – Porto se concretize, fará com que os restantes operadores de transporte a competir nesta ligação tenham de alterar as suas estratégias do lado da oferta, implicando, assim, alterações de comportamento, visando assegurar as necessidades da procura. A importância da estratégia de um operador define-se com base na influência direta que tem no desempenho dos modos de transporte público.

Desta forma, a introdução de AV cria novas oportunidades no mercado nacional, e desencadeia um conjunto de alterações quanto ao comportamento no mesmo, que visa o desenvolvimento da logística de transportes e melhoria da oferta destes.

A presente dissertação de mestrado centra-se no estudo e comparação do comportamento de cada operador de transporte (i.e., definição de estratégias que se

materializem nas alterações dos indicadores de produção referidos anteriormente), procurando propor uma metodologia de previsão de alteração de estratégia destes operadores baseada na teoria dos jogos. Este trabalho baseia-se no caso de estudo do corredor multimodal Lisboa-Porto, e analisa as alterações potenciais das estratégias dos operadores existentes após a entrada (hipotética) da AVF de passageiros.

1.2 - Enquadramento geral

1.2.1 - A alta velocidade ferroviária no contexto Europeu

A alta velocidade ferroviária (AVF) não é um modo de transporte recente na União Europeia tendo surgido há mais de 4 décadas. A UE define a AVF como sendo um comboio capaz de atingir velocidades superiores a 200km/h em linhas convencionais melhoradas, ou 250 km/h em linhas construídas especificamente para este modo de transporte (Comissão Europeia (2009))¹. Hoje em dia estes limites podem ser facilmente ultrapassados com comboios a funcionar a 360km/h em linhas específicas e alguns a atingir os 250 km/h em linhas melhoradas. Os tempos de viagem reduzidos, os elevados níveis de conforto do passageiro e o pequeno impacte ambiental causado fazem com que este modo de transporte consiga competir e complementar o transporte aéreo e ferroviário. Estas qualidades permitem que seja essencial na implementação de um plano de mobilidade viável na Europa.

O desenvolvimento da AVF surgiu após a crise do petróleo em 1974. Os países da União face à sua dependência energética e face à respetiva ameaça à mobilidade, tomaram a iniciativa de desenvolver um novo modo de transporte que fosse rápido e não operasse à custa de combustíveis fósseis. A Itália foi o primeiro país Europeu a inaugurar um troço de alta velocidade na linha entre Roma e Florença, em 1977 (*Direttissima*). No entanto, foi a França que levou ao salto tecnológico e criou o primeiro comboio de alta velocidade (TGV) entre Paris e Lyon em 1981. A Alemanha juntou-se à aventura no início dos anos 90, com o *Intercity Express* (ICE). Pouco tempo depois foi a vez da Espanha, em 1992, que introduziu a *Alta Velocidad Española* (AVE). No final de 2009 a Europa possuía 6124 km de linhas de AV onde os comboios podem exceder a velocidade de 250km/h. Desde a entrada em operação da AV o número de passageiros que opta pelo modo ferroviário tem crescido constantemente desde 15.2 biliões de pass.km, em 1990, até 92.3 biliões pass.km, em 2008 (equivalente a uma taxa anual média de crescimento de 11%). Atualmente, a AV consegue capturar até cerca de 40% do tráfego em distâncias médias, sendo mesmo este valor ultrapassado em algumas ligações, como por exemplo entre Londres e Paris- A AV apresenta-se como um modo de transporte mais competitivo em percursos inferiores a 3 horas, já que o tempo de acesso é menor do que no transporte

¹ Este texto foi baseado no documento Comissão Europeia (2009)

aéreo e o tempo de viagem é inferior do que no transporte rodoviário. Em 2007, os passageiros da AV viajavam em média 327km. Um estudo conduzido pela União Europeia levou à construção de limiares de competitividade entre os vários modos de transporte (Comissão para o Transporte Integrado (2004)). As viagens em AV são preferíveis ao avião e ao carro para distâncias compreendidas entre os 400 e os 800 km. Para distâncias inferiores a 150 km, a AV oferece pouco mais do que o comboio convencional ou mesmo o carro, considerando o tempo de aceleração e desaceleração até a atingir a velocidade de cruzeiro da AV. Entre os 150 e os 400 km o comboio convencional e AV apresentam vantagens face ao avião e ao carro. Acima dos 900 km o transporte aéreo ganha vantagem, e salvo raras exceções de oferta de serviço (por exemplo, *Snow train, overnight service, car trains*) não há competição.

A União Europeia tem como um dos objetivos importantes na sua política de transportes o de tornar a AVF num transporte mais competitivo a nível Europeu (Comissão Europeia (2011)). A existência de várias diferenças técnicas na rede de AV na Europa gera custos acrescidos e fazem com que o máximo potencial da rede ainda não tenha sido atingido. Por esta razão a UE está a promover uma rede única na Europa, exigindo uma sinalização comum e os mesmos padrões de qualidade de serviço para todos os membros. A UE está empenhada em fazer o transporte de bens e a mobilidade das pessoas mais segura, mais eficiente energética e ambientalmente, dando prioridade à coesão social e territorial, bem como ao dinamismo económico. Para conseguir otimizar a sua oferta foram desenvolvidos vários projetos e foram incluídos na Rede Trans-Europeia de Transportes (em Inglês, *Trans-European transport network - TEN-T*) cujo um dos principais objetivos é ligar todas as estações do continente numa rede Europeia apropriada. A liberalização do mercado internacional, que ocorreu em Janeiro de 2010 (CE, 2007) também veio permitir aos operadores competir e oferecer um maior leque de opções aos passageiros contribuindo para uma maior eficiência no serviço. Em relação às prioridades do projeto TEN-T, que entrou em vigor com a assinatura do tratado de Maastricht em 1996, as principais são estabelecer as ligações chave para facilitar o transporte de pessoas e bens, otimizar a capacidade da infraestrutura existente, produzir as especificações para a interoperabilidade da rede e integrar a componente ambiental. O programa consiste em 30 projetos dos quais 14 são respeitantes a linhas de AV.

As vantagens de possuir uma rede europeia são imensuráveis mas há outras intrínsecas à AVF. Os comboios de AV oferecem vantagens face ao seu competidor mais direto nas deslocações de média e longa distância. Entre outras, destacam-se as seguintes:

- Sensação de espaço pessoal com acesso a uma variedade de serviços (incluindo internet, embora esta seja já uma possibilidade em algumas rotas aéreas), fichas eléctricas para os seus equipamentos;
- Possibilidade de circular com espaço no comboio entre carruagens;

- A possibilidade de falar ao telemóvel (embora não seja impossível que o modo aéreo também possa permitir telecomunicações durante os voos);
- Localização da maior parte das estações no centro da cidade apresentando um melhor acesso ao sistema de transporte urbano e reduzindo significativamente o tempo de acesso aos respetivos centros;
- A AVF é um dos transportes mais seguros. No entanto, os seus sistemas de segurança foram desenvolvidos a nível nacional não sendo por isso (ainda) compatíveis uns com os outros;
- O desempenho ambiental também diferencia a AVF do seu competidor. Dos 25% de emissões de dióxido de carbono atribuídas aos transportes na UE, apenas 0,6% são da responsabilidade do sistema ferroviário que transporta cerca de 6% dos passageiros e 11% das mercadorias. Se a rede prevista pelo TEN-T for construída, prevê-se uma redução de emissões de 34 milhões de toneladas de dióxido de carbono, até 2030.

A rede Europeia deverá ser expandida até 2030 para os 30750km e o tráfego irá crescer para os 535 biliões de pass.km por ano, estimativas realizadas pelo TEN-T. No entanto, além deste programa serão necessários outros projetos que liguem a Europa a outros países de forma a permitir o crescimento deste modo de transporte, aumentando a acessibilidade ferroviária a outros mercados. Como tal, já estão programadas algumas ligações com a Rússia e Turquia. Desta forma pretende-se que o transporte de passageiros possa manter os altos níveis de mobilidade contribuindo para a sustentabilidade da UE.

1.2.2 – Ponto da situação em Portugal

A questão da AVF, em Portugal, não é um tema recente e como tal será feito neste subcapítulo um pequeno resumo sobre o que foi feito até à data. Os primeiros estudos realizados ocorreram no final dos anos 80, início dos anos 90. Estes estudos decorreram da necessidade de se avaliar a mudança de bitola e de se planejar a alta velocidade. Nessa época as reflexões sobre a AV eram norteadas pelos seguintes fatores. Portugal é um país bipolar, centrado à volta do Porto e de Lisboa sendo o tráfego gerado nas regiões determinante para a viabilidade do traçado. Mais de 2/3 da população portuguesa e respetivas actividades económicas encontram-se na faixa litoral a Norte de Lisboa, justificando que o eixo servisse algumas outras principais cidades. O Algarve como polo turístico poderia no futuro justificar a sua integração na rede. As ligações externas portuguesas de longo curso centram-se no eixo Valladolid-Irún, que têm um peso esmagador nas importações e exportações por via terrestre, e no corredor Lisboa-Madrid (RAVE (2009)). A circulação numa bitola Europeia era vital para o acesso fácil das exportações e importações além Pirenéus, bem como rentabilizar os portos Portugueses. A

distância entre Lisboa e Porto apresenta-se no limiar mínimo que viabiliza uma ligação de AV, ou seja aproximadamente 300km. Tendo em conta os fatores descritos surgiu a necessidade de se efetuarem alguns estudos que respondessem e esclarecessem algumas das dúvidas existentes.

O primeiro estudo² teve como objetivo explorar a possibilidade de uma ligação férrea entre o grande Porto e a fronteira Luso-espanhola (ligação Salamanca-Valladolid), visando aumentar a quota de mercado dos fluxos de passageiros e mercadorias. A velocidade do projeto seria de 200km/h e a sua extensão seria de 178,3km. As conclusões mostraram que era viável caso se optasse pelo uso de bitola Europeia e desde que a linha servisse para tráfego misto. O segundo estudo abordou a viabilidade técnica de alternativas de traçado para uma linha de AV, em bitola Europeia entre Lisboa e Porto, considerando-se o tráfego misto e velocidade máxima na ordem dos 250km/h. Neste estudo definiu-se como ano base 1998 e ano de horizonte 2018, que serviram para estimar o número de passageiros e composições necessárias por dia e por sentido, sendo o valor obtido de 26 composições de 400 passageiros para o ano base valor que cresceria para 55 em 2018. Os custos associados a esta linha foram estimados em 4370 milhões de euros. O terceiro estudo, também realizado em 1990, visava o traçado de uma linha de AV, para tráfego misto com tempos de percurso entre Lisboa, Badajoz e Madrid com uma duração entre 3:30 e 4 horas. As conclusões do estudo apontam para a adoção de um traçado que passasse por Elvas, ficando o mesmo dependente da construção da Terceira Travessia sobre o Tejo, ou da linha Lisboa-Ota. Em suma, estes três estudos definiam que a rede deveria ser dividida em 3 eixos fundamentais:

1. A ligação Lisboa-Porto, com velocidade de traçado de 300km/h só para passageiros;
2. A ligação Avanca/Estarreja-Salamanca com velocidade de projeto de 200km/h para tráfego misto;
3. A ligação Lisboa-Badajoz, com velocidade de projeto 300km/h para tráfego misto.

Estes estudos contemplam a chamada solução “TT”, com um eixo só de passageiros e dois eixos transversais de tráfego misto, um a Norte e outro a Sul. Porém, Espanha viria a contrariar o desenvolvimento do corredor Porto-Valladolid, cuja lógica sendo vital para o desenvolvimento do Nordeste peninsular e do País Basco, contrariava os desígnios de Madrid.

A partir de 1990, o governo português lança a hipótese em “T” deitado, determinando a execução dos estudos de viabilidade. Em 1992, o estudo da AV via Marvão e Cáceres objetivou avaliar a linha entre Lisboa e Madrid, pela margem esquerda do Tejo, aproximando-se da solução pretendida por Espanha. A procura do tráfego internacional foi estimada 3.19 milhões de passageiros e um tráfego interno de 0,7 milhões, para o ano de

² Os estudos referidos neste sub-capítulo foram os referenciados no documento RAVE (2009)

2010. Foi ainda estimado que a ligação Lisboa-Madrid teria 20 circulações por dia e por sentido.

Em 1999, foi uma vez preconizada a solução em “T” onde a ligação Porto/Lisboa-Madrid seria exclusiva para tráfego de passageiros. Esta solução tinha como premissas a imposição de Espanha de que a amarração da rede portuguesa se fizesse em Badajoz, ou quanto muito em Cáceres, sendo que o tempo de percurso teria de ser inferior a 3 horas.

Em 2001, foi criada a RAVE (acrónimo para Rede Ferroviária de Alta Velocidade, SA, empresa) que teve por missão o desenvolvimento e coordenação dos trabalhos e estudos necessários para a formação de decisões de planeamento e construção, financiamento, fornecimento e exploração de uma rede ferroviária de AV a instalar em Portugal Continental, e da sua ligação com a rede espanhola de igual natureza. A RAVE apresentou uma solução “TT” e as respetivas vantagens contrariando a solução apresentada em 1999. Como principais vantagens destaca-se o facto de precisar de menos 60 km de linhas novas, de servir o Norte do país de forma aceitável, e de ser compatível com um programa de mudança de bitola da rede existente. Em 2005, o Governo Português aprovou o projeto da RAVE para a construção de 3 ligações em AVF:

1. Lisboa - Porto, com velocidades de 300 km/h numa nova linha exclusiva para AV cuja conclusão estava prevista para 2015;
2. Lisboa - Madrid, com velocidades de 350 km/h com tráfego misto e que deveria estar concluída em 2013; e
3. Porto - Vigo, com velocidades de 250 km/h numa linha de tráfego misto nova entre Braga e a fronteira.

A 12 de Dezembro de 2009, o Ministério Português das Obras Públicas, Transportes e Comunicações anunciou que o consórcio Elos foi premiado com um contrato de 40 anos para construir, financiar e manter a primeira seção 165 km da linha de alta velocidade Poceirão a partir da fronteira com Espanha, Caia. O contrato de PPP (Parceria Público-Privada) foi formalmente assinado a 8 de Maio de 2010. A RAVE entretanto foi extinta através das disposições do Orçamento de Estado de 2011, para que fosse integrada na REFER. Em Março de 2012, e devido à atual crise económica e social que o país atravessa, houve uma revisão do plano de investimentos e a REFER não está neste momento em condições de avançar datas para a continuidade do projeto. Todavia o projeto da AV crê-se que terá alguma forma de continuidade.

1.4 – Objetivos

O objetivo geral desta dissertação consiste em propor uma metodologia para a avaliação e previsão do comportamento estratégico de operadores de transportes, focando-se no caso da ligação multimodal Lisboa – Porto. Este caso de estudo pretende ilustrar a aplicação da metodologia proposta, analisando o comportamento estratégico potencial dos atuais operadores de transportes públicos, após a entrada hipotética da AVF neste corredor.

O estudo incide nas estratégias que cada operador pode tomar para minimizar o impacto da entrada deste novo concorrente. Ao encontrar a melhor estratégia para cada operador pretende-se aumentar a competitividade da ligação, criando assim um melhor desempenho e se possível uma melhoria no sistema que se reflita no utente. As estratégias a analisar terão por base a realidade atual dos País e não apenas o contexto académico.

1.5 – Estrutura da dissertação

A dissertação está organizada em 6 capítulos.

1. Introdução;
2. Revisão de literatura;
3. Metodologia de estudo;
4. Caso de estudo: AVF na ligação Lisboa-Porto;
5. Resultados e discussão;
6. Conclusões e Recomendações.

No Capítulo 1 de Introdução, é explicada a motivação da dissertação e são revelados os objetivos do estudo. Ainda neste capítulo é feito um enquadramento geral sobre AVF, primeiro no contexto europeu e depois em Portugal. Segue o Capítulo 2 onde é apresentada a revisão de literatura sobre o tema. Numa primeira fase são estudadas todos os métodos que poderiam contribuir para alcançar os objetivos propostos. Na segunda fase é justificada a escolha pela Teoria de Jogos. No Capítulo 3 é apresentada uma explicação exaustiva da metodologia seguida neste trabalho, detalhando nomeadamente a abordagem de Teoria de Jogos, sendo enunciados todos os elementos essenciais para a construção do modelo pretendido. O caso de estudo é caracterizado de forma genérica no Capítulo 4, dando uma ênfase especial a oferta e procura na ligação entre Lisboa – Porto. No final do capítulo é elaborada uma nova distribuição de quotas de mercado, baseada na introdução da alta velocidade ferroviária, à qual corresponderá o cenário base deste estudo. No Capítulo 5 é aplicada a metodologia escolhida ao caso de estudo, sendo posteriormente feita uma otimização do mesmo. Todos os resultados obtidos serão discutidos neste capítulo. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões e as recomendações do estudo.

2 - Revisão da literatura

2.1 – Diversas abordagens metodológicas ao problema³

A competição entre diversos operadores no mercado de transporte não é recente, no entanto, existe ainda muito pouca literatura no que toca à competição vista pelo lado dos operadores. O facto de a Alta Velocidade Ferroviária (AVF) ser relativamente recente, só complica o problema. Embora contribuindo para o conhecimento neste domínio científico, esta abordagem não é pioneira pois já existem documentos publicados sobre esta temática. Estes encontram-se na sua maioria limitados à competição entre dois modos de transporte distintos: por exemplo AVF vs. transporte aéreo ou AVF vs. comboio convencional são os mais comuns.

Este capítulo revê separadamente a literatura que analisa a competição entre a AVF e o Transporte Aéreo, Comboio Convencional (CC) e todos os operadores. Teria sido interessante obter pelo menos algumas referências sobre a competição direta entre a AVF e os autocarros, mas não foi encontrado nenhum artigo sobre o assunto. Refira-se que parte das referências encontradas estudam a competição entre os operadores usando apenas o comportamento do mercado como referência, isto é, fazendo variar parâmetros, como o preço da viagem, e vêm de que forma é possível aumentar a sua quota de mercado. Noutros artigos mais relevantes para esta dissertação, as abordagens procuram não só variar esses parâmetros mas também saber se há vantagens do lado do operador em fazer essa mudança. A primeira abordagem será tratada como competição com uma perspectiva do lado da procura, enquanto a segunda será uma competição com uma perspectiva do lado da oferta.

Nos diversos artigos encontrados também estão patentes duas situações distintas, no que se refere à AVF. Em alguns dos documentos, a AVF já está implantada no mercado tendo-se acesso à quota de mercado do operador e noutros casos não está, tal como o caso abordado nesta dissertação. Nestes artigos em que ainda não há valores para a quota de mercado da AVF, será feita uma revisão de literatura mais detalhada na parte da estimação dessa mesma quota. Esta revisão será depois útil para a elaboração do nosso cenário base.

2.1.1 Competição entre AVF e Transporte Aéreo

González-Savignat (2004) analisaram a possível competição da AVF com o transporte aéreo na ligação Madrid- Barcelona. Na data de publicação do artigo, a AVF não estava disponível para o percurso estudado. O modelo de previsão de procura é desenvolvido para um cenário hipotético permitindo que a AVF fosse caracterizada. Este modelo de procura pretendeu estimar as preferências de cada passageiro face às alternativas existentes e a AVF. Os modelos de escolha discreta são mais adequados para este propósito já que garantem consistência entre a função de procura e a teoria do consumo (McFadden, 1974). Foi então desenvolvido um modelo *logit* através da qual se pretende simular a análise compensatória

³ Todas as Quadros apresentadas neste subcapítulo foram retiradas dos respectivos artigos em discussão

entre as 2 alternativas (neste caso, o avião e a AVF), revelando a preferência “média” declarada dos indivíduos inquiridos que escolheram o modo de transporte que minimiza a sua “desutilidade”, depois de analisar os atributos de cada alternativa apresentada. No estudo de González-Savignat (2004), os atributos são o custo de viagem, o tempo de viagem, o tempo de acesso e a frequência. Além das variáveis associadas ao transporte, foi ainda adicionada uma variável binária que testa se os passageiros tendem a escolher o modo de transporte previamente utilizado, já que quando se lida com preferências declaradas pode haver inércia por parte do indivíduo em alterar a sua escolha.

Para criar um modelo de procura em que a AVF já estivesse disponível foi necessário criar um mercado hipotético que incluísse esta opção. Neste mercado os indivíduos analisam diferentes cenários, resultantes da mudança de atributos das alternativas e escolhem a sua alternativa preferida. As quatro variáveis genéricas foram dispostas em três níveis de variação, usando como base os valores da AVF entre Madrid-Sevilha, obtendo dessa forma cenários realistas e correspondentemente valores realistas. Com a informação obtida e aplicando o modelo *logit* de escolha discreta obtiveram-se medidas agregadas do modelo de procura, sendo então possível prever e simular diversos cenários dentro das opções políticas para os transportes. Os resultados mais importantes foram a constatação de que existem dois grupos bastante heterogêneos nas suas características o que levou à criação de duas subamostras no total dos passageiros. Os passageiros foram então divididos pelo seu motivo de viagem (negócio ou lazer). No caso de igualdade nos valores da função de utilidade todas as subamostras revelaram preferência pela AVF devido à maior fiabilidade associada a este modo. Os que viajam por motivos de negócio o fator tempo é o mais condicionante enquanto que se o motivo de viagem for o lazer o preço assume uma maior relevância. Com a obtenção das medidas agregadas de procura, que terão bastante utilidade no planeamento das políticas de transporte e também na tomada de decisão ao nível da oferta, são então estimadas as elasticidades derivadas do modelo.

Os valores obtidos revelam uma procura elástica dos viajantes por motivo de lazer face à variável custo da viagem. Os que viajam em negócio são mais sensíveis ao tempo da viagem do que às restantes variáveis, no entanto aqui a surpresa vai para o facto de se terem obtido valores semelhantes para os dois tipos de viagem. A justificação encontrada foi o facto de a viagem de comboio ser um bom ambiente de trabalho podendo dessa forma os passageiros compensar o acréscimo de tempo perdido na viagem com trabalho produzido (Gunn, 2001). Valores obtidos para as outras duas variáveis, frequência e tempo de acesso, foram marginais em ambos os segmentos. Por fim para obter as respostas do mercado a diferentes estímulos recorreu-se à variação dos atributos da viagem. O cenário base para o avião mantém-se inalterado durante toda a simulação, e para facilitar a compreensão é apenas alterada uma variável de cada vez. O cenário base para o avião foi definido com os valores da situação real, e assumiu-se que a AVF terá um custo mais baixo, maior tempo de viagem, menor tempo de acesso e menor frequência. Os cenários foram todos criados variando, por exemplo o custo,

em -10%, +10%, +20% e igualando o valor das duas alternativas. Esta igualdade apenas não é feita para o tempo de viagem porque é impossível à AVF atingir as velocidades do avião.

Quadro 1 - Repartição modal para vários valores dos atributos da função utilidade

		Negócio		Lazer	
		Avião	AVF	Avião	AVF
Previsão do Modelo		0,61	0,39	0,42	0,58
Custo de Viagem	-10%	0,57	0,43	0,36	0,64
	10%	0,64	0,36	0,58	0,42
	20%	0,68	0,32	0,55	0,45
	CV avião = CV AVF	0,66	0,34	0,53	0,47
Tempo de Viagem	-10%	0,51	0,49	0,34	0,66
	10%	0,71	0,29	0,51	0,49
	20%	0,80	0,20	0,60	0,40
Tempo de Acesso	-10%	0,60	0,40		
	10%	0,62	0,38		
	20%	0,63	0,37	-	-
	TA avião = TA AVF	0,70	0,30		
Frequência	-10%	0,59	0,41	0,41	0,59
	10%	0,62	0,38	0,42	0,58
	20%	0,63	0,37	0,43	0,57
	F avião = F AVF	0,49	0,51	0,40	0,60

Através dos valores da Quadro pode constatar-se que os passageiros mais afetados são os que realizam as viagens de lazer, ficando a nota que para manter a competitividade da AVF o seu trajeto deverá ser feito sem paragens e se possível acabar no centro da cidade compensando assim o acréscimo de tempo de viagem minimizando a diferença existente. É concluído que a AVF terá um impacto significativo na procura do transporte aéreo, mas que à medida que vai aumentando a distância, e correspondente tempo de viagem, as vantagens da AVF descem drasticamente.

Román, Espino, & Martín (2007) analisam a competição potencial entre a AVF e o transporte aéreo na ligação Madrid-Barcelona. A análise também é baseada em modelos de escolha discreta desagregados usando a informação de preferências declaradas e reveladas dos utentes inquiridos. Uma grande diferença face ao artigo anterior passa pelo facto de os inquéritos não incluírem apenas os passageiros do transporte aéreo mas também os do autocarro, comboio convencional e carro. Através dos dados de procura e inquéritos de preferências reveladas foram elaboradas Quadros de nível de serviço para cada modo de transporte onde para além de estarem presentes as variáveis do artigo anterior foi subdividida a variável, tempo de viagem, em quatro categorias: tempo de acesso, tempo dentro do veículo, tempo de espera e tempo de saída. Nos inquéritos de preferências declaradas necessários para a elaboração do modelo, para além das 4 variáveis normais, foram incluídas mais duas variáveis latentes: a fiabilidade e o conforto. A fiabilidade foi incluída para contabilizar o efeito negativo dos atrasos excessivos no transporte aéreo e o conforto para analisar o efeito de ter assentos mais largos no avião. Nos cenários propostos para as preferências declaradas foram

definidos três níveis para cada uma das variáveis, obtendo-se, em função das respostas obtidas e do modelo *logit* calibrado, as funções de utilidade das duas alternativas contempladas. Com os dados obtidos através das preferências reveladas e após a aplicação do modelo *logit* foram obtidas as utilidades para todas as alternativas consideradas. Com o modelo de escolha discreta já estruturado foram estimadas as disponibilidades para pagar (WTP – do Inglês “*Willingness-to-Pay*”). As WTP correspondem é a quantidade máxima que uma pessoa estaria disposta a pagar, sacrificar ou trocar, a fim de receber um bem ou para evitar algo indesejado.

Quadro 2 - Willingness-to-pay de cada modo para diferentes alterações dos atributos da função utilidade

Valor Subjetivo de:	Condutor do Carro	Passageiro do Carro	Bus	Comboio	Transporte Aéreo		AVF
					Conforto Alto	Conforto Baixo	
Tempo de Viagem (€/h)	17,59	12,37	12,39	14,97	10,55	19,29	19,33
Motivo Trabalho/ Educação	18,91	15,48	15,03	17,77	12,96	22,50	22,41
Outro Motivo	15,24	10,46	10,72	12,18	7,52	15,27	14,00
Tempo de Acesso + Egresso (€/h)	-	-	30,34	37,14		46,44	46,45
Acesso + Egresso <60'	-	-	25,96	30,69		40,13	39,50
Acesso + Egresso > 60'	-	-	42,78	51,79		61,31	61,60
Tempo de Espera (€/h)	-	-	6,75	7,98		10,17	-
Headway (€/h)	-	-	2,64	3,12		3,98	3,92
Atraso (€/h)	-	-	-	-		59,34	64,83
Para melhorar o Conforto (€)	-	-	-	-		8,54	-

Sendo o principal objetivo do artigo avaliar a competição apenas entre AVF e o transporte aéreo, a quota de mercado inicial da AVF derivou de uma melhoria dos serviços do comboio convencional. Para simular este efeito, estimaram a divisão do mercado de passageiros que utilizava o comboio e o avião, perante vários cenários. Após este processo substituíram o comboio convencional pela AVF com um tempo de viagem reduzido em 50% e conforto alto. Foram elaborados 5 cenários distintos com variações em alguns atributos tal como figuram na Quadro 3.

Quadro 3 - Quotas modais para Cinco cenários testados

	Previsão das Quotas de mercado					
	Actual		Futuro		% Variação	
	Comboio (%)	Transporte Aéreo (%)	AVF (%)	Transporte Aéreo (%)	Comboio (%)	Transporte Aéreo (%)
Cenário 1: Valores Atuais						
Conforto, Atraso, Tempo de Acesso e de Espera	18,1	81,9	27,2	72,8	50,3	-11,1
Cenário 2: Conforto de transporte Aéreo						
Mais espaço incluindo para as pernas	17,1	82,9	26	74	52,0	-10,7
Cenário 3: Fiabilidade (Atraso)						
Comboio Pontual, Transporte Aéreo atraso de 30 min	21,5	78,5	31,2	68,8	45,1	-12,4
Comboio atraso de 10 min, Transporte Aéreo pontual	17	83	25,9	74,1	52,4	-10,7
Cenário 4: Tempo de acesso						
Mais 10% no acesso ao transporte aéreo	19,6	80,4	28,8	71,2	46,9	-11,4
Cenário 5: Tempo de espera						
Mais 10% na espera do transporte aéreo	18,9	81,1	28,2	71,8	49,2	-11,5

Os resultados obtidos sugerem que a AVF não ameaça a hegemonia demonstrada neste contexto pelo transporte aéreo e mesmo no pior cenário, para o transporte aéreo, a AVF não atingirá quotas de mercado superiores a 35%. Conclui-se também que a procura é mais sensível às variáveis de fiabilidade, tempo de espera e tempo de acesso, do que propriamente ao conforto. Esse indicador parece ser importante mas para um corredor tão pequeno, o maior grau de conforto da AVF não contribui significativamente para alterações da quota de mercado. A grande vantagem de existir AVF prende-se com o facto de esta ser considerada uma alternativa real ao transporte aéreo o que não se passa com o comboio convencional.

Behrens & Pels (2009) estudaram a competição inter e intra-modal entre o transporte aéreo e o comboio de alta-velocidade *Eurostar*, no corredor Londres-Paris. O documento pretende averiguar qual o impacto que uma mudança numa alternativa terá nas quotas de mercado - a mudança será a localização da paragem da AVF. Para tal recorreu-se a dois modelos de escolha discreta do tipo hierárquico e misto. As elasticidades do mercado foram estimadas através de dados de preferências reveladas (PR). A recolha de dados correspondente às 4 operadoras aéreas que voam para 4 aeroportos distintos, e também sobre a AVF, serviu de base para a construção dos modelos. A calibração do modelo hierárquico dividiu as PR entre os grupos transporte aéreo e ferroviário. No entanto, a existência de uma alternativa degenerada, isto é, um grupo possuir apenas uma alternativa, impõe várias restrições na estimação do modelo. Tal como no estudo de González-Savignat (2004), concluiu-se que o motivo de viagem (negócio ou lazer) altera a percepção do valor do tempo, tendo de se dividir a amostra. Usando os mesmos princípios de elasticidade do artigo anterior, e assumindo que a procura no segmento é inelástica calculou-se para todos os modelos as elasticidades diretas para os atributos frequência, preço e tempo total de viagem.

Quadro 4 - Elasticidades obtidas para cada ligação e cada modelo

	Modelo I (Negócio)			Modelo II (Lazer)			Modelo III (Negócio)			Modelo IV (Lazer)		
	Frequência	Preço	Tempo	Frequência	Preço	Tempo	Frequência	Preço	Tempo	Frequência	Preço	Tempo
LHR - AF	1,16	-0,89	-2,78	1,42	-1,39	-1,87	1,23	-0,73	-0,67	1,01	-2,32	-4,20
LHR - BA	1,07	-0,43	-2,50	1,52	-0,77	-1,94	1,40	-1,17	-0,73	1,66	-3,08	-6,62
LHR - BD	1,27	-0,41	-3,13	1,59	-0,60	-2,16	1,75	-1,35	-0,99	1,75	-2,73	-7,45
LGW - BA	1,24	-0,42	-3,07	1,56	-0,59	-2,12	1,47	-0,95	-0,83	1,63	-2,43	-6,92
LTN - U2	1,05	-0,16	-2,43	1,37	-0,31	-2,59	1,16	-0,48	-0,90	1,34	-1,57	-7,94
LCY - AF	1,36	-0,91	-2,44	1,64	-1,69	-1,60	1,90	-0,53	-0,77	1,05	-2,28	-5,37
WAT - EUR	0,51	-0,14	-1,16	0,43	-0,15	-0,74	0,69	-0,41	-0,47	0,62	-0,56	-2,20

Os resultados obtidos foram um pouco surpreendentes. Primeiro as viagens de negocio para o modelo *logit* misto apresentam comportamentos inelásticos para todos os operadores o que vai contra a literatura existente. No mesmo modelo o facto de as viagens do segmento do lazer apresentarem comportamentos mais elásticos face ao tempo do que em relação ao preço, é contra os trabalhos já elaborados. Outro dos valores que parece um pouco descabido e que está presente em todos os modelos, é a frequência apresentar um comportamento elástico para o segmento da aviação, já que segundo Pels et al. (2000) apenas com valores inferiores a um se consegue a maximização dos lucros, se não um aumento do número de voos corresponderia a um aumento de procura. Duas explicações podem surgir para estes valores, a primeira incorre na falta de alguns elementos que estejam a causar “ruído” na amostra, a segunda está relacionada com o capacidade limitada que os aeroportos de Londres possuem, sendo assim esperado que a frequência seja maior que um mas as companhias aéreas encontrem-se limitadas no aumento do número de voos. De seguida foram calculadas elasticidades cruzadas, onde se tentou compreender como reagiriam as elasticidades dos atributos dos operadores aéreos face à variação unitária do mesmo atributo na AVF. Os resultados comprovaram que todos os operadores aéreos competem igualmente com a AVF, rejeitando a hipótese que as carreiras *low cost* competem mais. Usando as equações obtidas pelo modelo *logit* misto para estimar o efeito da alteração da paragem da AVF, conclui-se que o aumento de acessibilidade e diminuição de tempo de viagem aumentarão a utilidade dos passageiros de AVF aumentando desta forma a sua quota de mercado em cerca de 20%.

Adler, Pels, & Nash (2010) desenvolveram uma metodologia que pretende estudar os efeitos que os investimentos nas infraestruturas podem ter no equilíbrio da competição entre múltiplos operadores privados. Os operadores escolhidos para este estudo pertenciam ao modo aéreo e o ferroviário. Os aéreos foram subdivididos em dois grandes grupos: companhias convencionais com várias possibilidades de fixação de preços, 1ª e 2ª classe, possibilidade de escolha de voo direto ou não e ainda a capacidade de alteração do tipo de veículo que fará a viagem (número de lugares); e companhias *low cost* que apenas possuem um tipo de avião de forma a manter os custos de manutenção mais baixos e também diminuindo os custos na formação de pessoal especializado, não oferecendo também diferenciação no serviço. O

operador ferroviário, por sua vez tinha a liberdade de escolher o número de lugares, a frequência das viagens, podendo ainda oferecer diferenciação nos preços por classe. No entanto, as variáveis foram limitadas pela capacidade da infraestrutura. As receitas dos operadores dependiam da quota de mercado que por sua vez dependiam do preço do bilhete, da frequência e do tempo médio de viagem de um centro de cidade para o outro. Os custos foram determinados em função do tamanho do veículo, medido em número de lugares do veículo, da frequência e distância viajada. A estes valores foram somados custos da infraestrutura e taxas, dependentes de cada cenário a elaborar. As funções de custo utilizadas para os aviões foram retiradas de Swan and Adler (2006) e baseiam-se principalmente em duas componentes *great circle distance*, que representa a mínima distância entre dois pontos medidos na superfície de uma esfera, e o número de lugares. O custo da AVF depende do custo do material circulante, do custo de operação por km do mesmo material e do custo de uso da infraestrutura também por km (de Rus and Nash, 2007). A função do lucro foi determinada em função da quota de mercado, em função das variáveis base, menos os custos do operador, menos a taxa paga pelo operador ao governo por questões ambientais. Caso apresentasse resultados positivos, o operador ainda pagaria imposto sobre o lucro apresentado, que depende de país para país. Para estimar as quotas de mercado recorreram a um modelo *logit* hierárquico com dois grupos, um onde inclui todos os operadores aéreos, o outro inclui o operador da alta velocidade (só um) e a opção de não viajar. A inclusão destes dois no mesmo grupo é feita de forma a evitar casos degenerados e já que a sua separação em dois grupos distintos pouca informação adiciona ao modelo. Após a elaboração do modelo são calculadas as elasticidades por tipo de alternativa e então é calculada a função de *Bem-Estar* definida como o excedente do consumidor (utilidade máxima expectável definida em termos monetários), mais o excedente do produtor (lucros totais de todos os operadores), mais o excedente do governo (retornos em taxas menos custos externos) e por último o excedente do gestor de infraestruturas (lucro do operador ferroviário menos custos de manutenção e construção da linha) (Small and Rosen, 1981). A taxa ambiental aplicada resume-se apenas a um valor cobrado por viagem, não seguindo as políticas a implementar pela UE que complicariam as contas. Para o cálculo dos tempos de viagem, segue-se uma política de desagregação de alguns países por zonas, sendo que cada zona terá um nó associado. Fazendo as ligações entre os vários nós e dividindo a distância pela velocidade média do avião (740 km/h) e da AVF (dependente da infraestrutura) obteve-se o tempo de viagem. Aos tempos de viagem foram adicionados tempos padrão definidos para o tempo de acesso, entrada e saída de aeroporto.

Quadro 5 - Valores do tempo de viagem usados

	Companhias Aéreas		Comboio
	Normal	Low Cost	
Tempo de Partida/Chegada (h)	0,25	0,25	-
Tempo de Acesso (h)	1	2	0,5
Tempo de processamento aeroporto - Negócio (h)	0,5	0,5	-
Tempo de processamento aeroporto - Lazer (h)	1,5	0,5	-
Tempo de processamento aeroporto - Internacional (h)	1 - Negócio	-	-
	2 - Lazer	-	-
Tempo de troca nas paragens (h)	1,5	2	0,25
Velocidade média (km/h)	740	740	Depende de Infraestrutura

A rede Europeia em 2020 será composta principalmente por 3 alianças aéreas, duas companhias *low cost* e um operador de AVF. As alianças funcionarão com uma rede *hub and spoke* constituída por dois *hubs*, um para voos internacionais e outro para voos domésticos. As companhias *low cost* funcionarão como uma rede em estrela dado não voarem para fora da UE, usando só um *hub*. A rede AVF usada foi a prevista para a União Europeia e na qual se incluem quatro *upgrades* de velocidade de linhas de comboio convencional. Foram então elaborados quatro cenários distintos variando as combinações de fazer o *upgrade* da rede ou não, e fazendo variar o valor de cobrança da taxa de acesso à infraestrutura ferroviária em 2€/km (valor baixo) ou 10€/km (valor alto). Os resultados obtidos sugerem que o número de companhias estimadas para 2020 pode ser suportado pela procura e conseguem cobrir todos os custos de infraestruturas. A existência, ou não de uma alternativa ferroviária também influencia muito pouco as variáveis de decisão do transporte aéreo. As maiores conclusões a retirar dos cenários são que o operador ferroviário atinge maiores lucros com o *upgrade* da rede e uma taxa de utilização de infraestrutura baixa (2€/km), conseguindo aumentar as frequências e aumentando o preço mantendo a quota de mercado igual à situação sem *upgrade*. Dentro desta opção o operador consegue ainda cobrar por bilhete tanto como as companhias aéreas de *low cost*, pelo menos nos passageiros que viajam por motivos de negócio. No caso de cobrar taxas de uso de infraestrutura elevadas o operador ferroviário não consegue apresentar qualquer lucro. Em baixo fica um Quadro que resume um dos cenários obtidos.

Quadro 6 - Resultados obtidos no cenário de upgrade das TEN's e custo de acesso 2€

Europa	Viagens na Europa						Viagens Internacionais		
	HS1	HS2	HS3	LC1	LC2	AVF	HS1	HS2	HS3
Hub principal	Paris	Inglaterra	Frankfurt	Inglaterra	Berlim		Paris	Inglaterra	Frankfurt
Hub secundário	Praga	Hungria	Polónia				Praga	Hungria	Polónia
Lucro (€)	10.268.976	18.359.735	8.679.529	7.177.828	5.452.489	28.674.513	-	-	-
Preço de viagem de Negócio (€)	528	584	528	359	382	382	1196	1197	1196
Preço de viagem de Lazer (€)	266	269	265	270	379	211	706	670	701
Frequência (nº de voos)	19	21	19	12	11	21	21	21	21
Número de Lugares	164	169	165	174	198	528	224	635	243
Quota de mercado das viagens de Negócio (%)	17,3	15,4	16,4	17,2	15,1	18,7	31,3	31,4	31,5
Quota de mercado das viagens de Lazer (%)	19,7	19,6	19,7	13	7,2	20,9	25,7	28,2	25,9
Taxa de Ocupação (%)	84,46	79,45	85,85	81,84	74,42	50,09	96,38	91,82	95,25
Elasticidade da frequência -Negócio	0,4617	0,4949	0,4659	0,4496	0,4217	0,3148	0,317	0,3192	0,3103
Elasticidade da frequência -Lazer	0,3577	0,3664	0,3582	0,3658	0,3516	0,238	0,1344	0,1346	0,1323
Elasticidade do preço -Negócio	-0,7983	-0,9274	-0,8032	-0,7527	-0,7392	-0,2336	-0,591	-0,5918	-0,5872
Elasticidade do preço -Lazer	-1,1207	-1,2712	-1,1234	-1,9319	-1,9168	-0,3001	-2,6688	-2,3834	-2,6481

Após a elaboração dos diferentes cenários, foi calculado para cada um deles o *Bem Estar Social*. Este atinge o seu expoente máximo no cenário com *upgrade* da via e com uma taxa de utilização da infraestrutura baixa. O pior cenário possível seria fazer um *upgrade* do sistema e cobrar elevadas taxas de utilização, pois há mais custos para o operador (o seu excedente diminui) traduzindo-se num aumento de preços e respetivo decréscimo de excedente do consumidor. Na parte de análise de sensibilidade estudou-se ainda até que ponto uma taxa única ambiental afetaria o equilíbrio do mercado. Concluiu-se que com uma taxa única de 100€ por voo e 50€ por comboio, seria possível recuperar cerca de metade do valor dos danos ambientais causados pelas viagens. Na Quadro a baixo, são apresentados os resultados obtidos para os valores da taxa ambiental analisados.

Quadro 7 - Resultados financeiros da aplicação de taxas ambientais

Taxa do Aeroporto (€/voo)	0	100	400
Taxa do Comboio (€/serviço)	0	50	200
Excedente do Consumidor	125.262.118	113.082.572	100.275.053
Excedente do Produtor	78.998.146	78.613.071	76.187.586
Taxa Ambiental	0	22.285.323	84.651.728
Taxa do transporte Aéreo	25.679.383	25.682.687	24.409.064
Taxa do transporte Ferroviário	14.948.235	14.746.893	14.773.123
Excedente do Governo	48.753.141	75.257.882	148.600.698
Externalidades: Europa	- 42.630.734	- 42.711.291	- 42.547.629
Externalidades: Internacional	- 4.296.704	- 4.309.195	- 4.250.980
Custos fixos das TEN's	- 13.423.589	- 13.423.589	- 13.423.589
Excedente do Gestor de Infraestrutura	- 13.423.589	- 13.423.589	- 13.423.589
Bem-Estar Social	192.662.378	206.509.450	264.841.139

Este artigo apresenta uma abordagem diferente dado que a sua análise baseia-se num modelo de rede em vez de depender só de análises custo-benefício. As análises custo-benefício olham para partes do projeto em vez de um todo, ignorando o efeito gerado por uma rede agregada.

Dobruszkes (2011) averiguou se o novo equilíbrio de mercado originado pela introdução da AVF, alteraria a procura de alguma forma. O principal objetivo centrou-se na questão de saber se este novo equilíbrio levaria a uma mudança real ou apenas a uma descida da taxa de ocupação dos veículos mantendo-se a mesma frequência pelos operadores. Este artigo, que fornece uma perspetiva bastante ambiental ao problema, tenta averiguar se nos 5 pares de cidades estudados existe alguma mudança do lado dos operadores ou apenas uma nova repartição modal. Os cinco pares escolhidos tentam representar a variedade de situações existentes do ponto de vista da procura, ou seja, apresentando valores distintos nos atributos principais como a frequência, o tempo de viagem e de acesso, e preço da viagem e de acesso.

Quadro 8 - Dados das variáveis para os 5 pares com preços a uma semana e três meses antes da partida

	Tempo de Viagem		Frequência		Preço do Bilhete 1 semana antes (€)			Preço do Bilhete 3 meses antes (€)		
	AVF	Avião	AVF	Avião	AVF	Avião (trad.)	Avião (Low Cost)	AVF	Avião (trad.)	Avião (Low Cost)
Paris - Metz	83	60	10	4	107	-	-	34	-	-
Paris - Bruxelas	80	60	34	1	117	334	-	50	334	-
Bruxelas - Londres	101	60	9	15	170	206	-	88	152	-
Paris - Marselha	182	75	31	14	165	245	122	47	189	103
Colónia - Munique	260	60	22	14	258	196	161	58	99	101

Usando dados históricos das companhias aéreas estudou-se desde 1991 até ao presente como era o mercado antes e depois de a AVF entrar em competição. As conclusões obtidas foram que o tempo de viagem é a variável mais importante na captura de mercado e que nem sempre uma queda na quota de mercado do operador aéreo leva necessariamente a uma redução na frequência.

2.1.2 Competição entre AVF e Comboio Convencional

Hsu & Chung (1997) desenvolveram um novo modelo analítico para calcular as quotas de mercado entre a AVF e o comboio convencional (CC). Com este modelo, os autores pretendiam aferir se os operadores funcionarão estritamente como concorrente diretos ou se por sua vez o CC poderia alimentar e complementar os serviços da AVF. Em vez de usar os habituais modelos *logit*, esta nova abordagem englobou tanto a escolha do modo como a escolha do percurso enquadrados num cenário de relações entre as variáveis chave. Os passageiros foram divididos em dois grupos, sendo o critério de seleção a possibilidade de serem levados até ao seu destino usando apenas AVF. A otimização de escolha de percurso pelo passageiro foi feita através da minimização do tempo total de viagem, que é composto por tempo de acesso e egresso, mais o tempo de espera e em viagem e a conversão do valor do

bilhete em tempo. Em vez de se assumir um valor médio do tempo, parâmetro geralmente usado na escolha de percurso, estes autores assumiram que o valor do tempo depende de cada individuo e como tal é uma variável aleatória usada na transformação do valor do bilhete em tempo. O novo modelo criado foi idealizado matematicamente, no entanto algumas das assunções tomadas serão posteriormente relaxadas. Foi considerado que AVF e CC param em todas as estações disponíveis, os passageiros têm acesso a informação perfeita, o tempo de viagem dependerá apenas da velocidade, distância, e do tempo de aceleração e desaceleração até atingir a velocidade cruzeiro. As distâncias entre estações foram consideradas todas equivalentes. Os passageiros que podem fazer o seu percurso sem necessidade de transferência (tipo I) o seu tempo total de viagem dependerá apenas das variáveis a cima referidas mais o tempo de paragem em cada estação. Por sua vez os passageiros que não fazem o percurso direto (tipo II) têm uma parcela adicional no tempo de viagem associada ao tempo de transferência entre plataformas. As quotas de mercado dependem apenas do tempo de viagem de cada uma das formas de transporte, como tal se fizermos a diferença entre os tempos de viagem obtemos o limiar de escolha para cada uma das alternativas.

Os passageiros do tipo I podem fazer uma de duas escolhas, ou vão pela AVF ou pelo CC. Como tal apenas duas variáveis entram em jogo, sendo as outras constantes, são a diferença entre tempos de espera e a diferença entre tempos de viagem, ambas dependentes do valor do tempo. Definindo o valor do tempo como uma função de densidade de probabilidade que varia entre zero e infinito e que depende de mercado para mercado, consegue estimar-se a distribuição de probabilidade. Conhecendo os horários de chegada de cada tipo de comboio é possível estimar as diferenças entre tempos de espera e respetivas quotas de mercado que cada operador terá. Para os passageiros tipo II foi feita uma abordagem semelhante com a dificuldade extra de existirem três alternativas possíveis que são AVF + avançar CC, AVF + retroceder CC e só CC. Foram estudadas par a par, e obtidos uma vez mais os limiares de cada uma das alternativas, em função da distribuição do valor do tempo. Usando os dados disponíveis para a ligação prevista entre Taipei e Kaohsiung, que possui dez paragens, e aplicando-se o modelo foram obtidas as respetivas quotas de mercado para cada tipo de passageiro e para cada alternativa. Para fazer o estudo das quotas de mercado recorreu-se a dois cenários distintos definidos pelos tempos de espera: no primeiro caso a AVF chega dez minutos antes do CC, no segundo é o inverso. Os resultados obtidos revelam que para os passageiros tipo I apenas existirá quota de mercado significativa para o CC nas viagens até 40 km, se o tempo de espera do CC for 10 minutos inferior à AVF. Nos passageiros tipo II os resultados também são semelhantes sendo que o uso apenas do CC é fortemente ligado a viagens até à zona 1, no máximo até à zona 2 caso o AVF demore mais 10 minutos a chegar que o CC. Este modelo apresenta algumas vantagens face aos modelos mais simples. Das vantagens existentes destaca-se o facto de o modelo incluir a escolha do modo e do percurso por parte do passageiro o que ajuda a descrever de forma mais real o fenómeno

ocorrente e também o facto de o modelo ter potencial de aplicação para além do caso CC e AVF.

Hsu, Lee, & Liao (2010) recorreram à teoria de jogos para descrever como decorreria a competição ou cooperação no mercado ferroviário de Taiwan. A teoria de jogos estuda a interação estratégica entre indivíduos, organizações e países. A interação entre o CC e a AVF pode ser de competição ou cooperação, já que as suas redes são próximas, paralelas e partilham algumas estações. Cooperação ocorre quando criam valor juntos, isto é, atraem maior procura usando serviços complementares e fazendo com que os passageiros usem os dois modos de transporte. Competição ocorre quando os passageiros escolhem apenas um dos serviços. No caso de estudo existe competição como cooperação devido à heterogeneidade de pontos de Origem e Destino dos passageiros. Cada passageiro escolhe um modo para começar a viagem, que pode ser direta (usando só um operador) ou indireta (usando dois), fazendo esta opção segundo o critério de minimização de custo de viagem. Assume-se que os sistemas têm capacidade suficiente para servir toda a procura. Para além dos dois operadores ferroviários existem outros componentes que influenciam direta ou indiretamente o sistema. O governo através da definição de limites superiores e inferiores nos preços aplicados tem uma contribuição direta. No entanto em ralação à política de investimentos considera-se que a decisão do governo demora muito tempo a intervir saindo fora do alcance do estudo. Os *feeders* alimentam os dois operadores, servindo de ligação entre a origem e a estação desejada, bem como posteriormente entre a estação de saída e o ponto de destino. Os competidores dos dois sistemas como a aviação e o transporte rodoviário, também podem influenciar o equilíbrio. No entanto, o sistema aéreo é desprezado devido à sua muito baixa quota de mercado, enquanto que o sistema rodoviário como um todo deve ser visto como um possível competidor oferecendo serviços paralelos. Apesar desta possível competição, o objetivo deste estudo centrou-se apenas na competição entre os operadores ferroviários. Com o pressuposto que a curto prazo o preço acaba por ser a ferramenta principal utilizada pelos operadores nas suas estratégias, o problema foi analisado neste artigo como um modelo de competição baseado no preço com custos rígidos de estrutura e características fixas dos produtos. O preço foi dividido numa tarifa de duas partes: uma parte fixa e outra dependente da distância viajada, isto é, um custo por quilómetro. Dada uma rede de transportes e o par Origem/Destino (O-D), o modelo de escolha de caminhos descreve como os passageiros se comportam perante as alternativas. Quando um individuo faz a sua escolha, assume-se que avaliou o custo de todas alternativas e escolheu a melhor. Neste estudo usou-se o par Taipei-Kaohsiung para desenvolver o modelo. Para este par existem quatro rotas possíveis: (a) CC ao longo de todo o trajeto, (b) CC até sensivelmente metade da viagem (Taichung) e mudar para AVF, (c) fazer o inverso da situação (b), e (d) usar apenas a AVF. Os casos (b) e (c) serão exemplos de cooperação enquanto (a) e (d) exemplos de competição. Para simular a escolha entre alternativas, foi definida uma função de custo para os passageiros, composta por: 1) todos os custos relacionados com a viagem em si, independentes da origem e destino (preço do bilhete, o custo do tempo de fazer transferência,

custo relacionado com a duração de viagem); 2) custos de acesso e egresso, mais difíceis de calcular. Para estes custos assumiu-se que só existe uma estação de AVF na cidade e que pode haver várias de CC, no entanto existe sempre uma principal. Para os passageiros acederem ao sistema de CC independentemente da estação que escolham têm de passar pela estação principal para fazer a viagem de longo percurso. Neste caso assume-se que apenas existe uma estação de cada tipo na cidade e que as outras servem apenas como *feeders* ao CC, isto é possível caso os custos de acesso sejam bem calculados. Neste caso assume-se que a cidade é isotrópica, *linear city*.

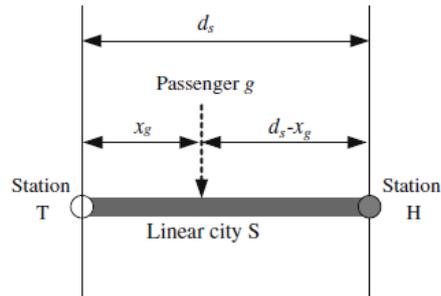


Figura 1 - Ponto de origem do passageiro

Os pontos de destino podem ser tratados da mesma forma. Combinando as duas cidades isotrópicas obtêm-se todas os pares possíveis O-D construindo assim um mapa 2D.

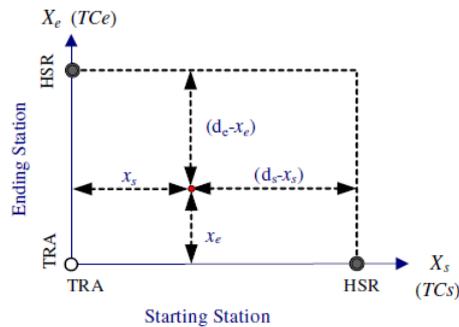


Figura 2 - Retângulo O/D

Com este conceito é elaborado um mapa retangular de O-D, que irá determinar o número de pessoas afetadas a cada rota e respetivamente o lucro de cada operador. Usando as funções de custo dos passageiros e alterando valores dos preços aplicados criam-se linhas de limite para qual cada serviço minimiza o custo de viagem. Assume-se que neste mapa a distribuição populacional é uniforme.

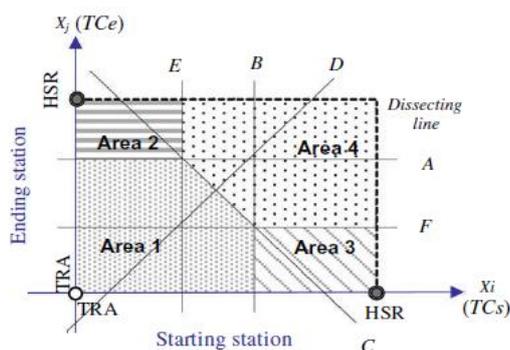


Figura 3 - Escolha do passageiro

Relembrando que em jogo estão o preço das duas partes da tarifa a aplicar ao passageiro de forma a maximizar o lucro de cada operador, assume-se que a melhor forma de resolver o problema é usando o equilíbrio de Nash com recurso a uma heurística. O equilíbrio de Nash é um perfil de estratégias em que a estratégia de cada jogador é a resposta ótima à estratégia do seu adversário. O equilíbrio é determinado pela condição em que todos os jogadores escolhem a ação que é a melhor resposta à jogada antecipada dos seus oponentes. Para resolver este problema estão em causa quatro variáveis que representam a parte fixa e dependente da distância da tarifa de cada um dos operadores. Foi adicionada uma heurística que impede que qualquer das alternativas se torne degenerada, ou seja, que a quota de mercado seja toda afeta a um operador.

Quadro 9 - Resultados obtidos

	Preço (NT\$)		Lucro (NT\$)	
	Comboio	AVF	Comboio	AVF
Cenário Base	1131	1787	5.883.608	- 273.581
Custo Operacional relativo da AVF (Custo AVF/Custo Comboio)				
3,5	1111	1741	5.412.753	- 332.944
3,55	1118	1760	5.609.056	- 304.441
3,6	1127	1779	5.800.465	- 283.006
3,65	1130	1792	5.931.929	- 268.229
3,7	1137	1808	6.089.196	- 249.789
Valor do Tempo para Passageiro (NT\$/min)				
1	1192	1325	1.669.819	- 6.116.874
2	1152	1539	4.580.425	- 1.795.525
3	1122	1840	5.913.107	- 166.920
4	1084	1975	5.078.899	- 16.621
5	1062	2129	4.573.427	373.446
Custo da viagem entre ponto de partida e chegada (NT\$)				
40 * VT (VT base = 2,8)	1094	1624	4.292.325	- 1.333.873
80 * VT	1150	1878	6.183.495	- 129.257
100 * VT	1076	1911	5.586.698	- 59.949
120 * VT	1167	1996	6.257.351	16.692
140 * VT	1373	2200	8.060.960	406.214

Obteve-se em primeira instância uma situação base, a partir da qual se fez variar um parâmetro de cada vez entre valores realistas. A primeira variável a ser alterada foi o custo de operação da AVF. Como esperado, quanto maior este custo menos eficaz é o operador levando à subida de preços para tentar manter os lucros. O CC por sua vez tendo menos concorrência aproveita e sobe os seus preços aumentando os seus lucros. A segunda variável a ser alterada foi o valor do tempo pelos passageiros, a subida deste valor faz com que o preço do bilhete se torne uma parcela menos significativa. O que significa que a AVF, sendo mais rápida, tem um aumento de quota de mercado. Com este aumento de quota de mercado aproveita para subir os preços para retirar mais lucros, fazendo com que o CC tenha de baixar o seu preço para manter as quotas. Por último é alterada a variável de custo de acesso e egresso das estações, resultando em passageiros mais diferenciados, ou seja, o passageiro será afeto à estação mais próxima, o que permite a ambos os operadores subir o preço e aumentar lucros.

2.1.3 Competição entre AVF e todos os operadores

Genericamente, a introdução da AVF nos sistemas de transporte alterou radicalmente o equilíbrio do mercado de transportes de passageiros, sobretudo no médio e longo curso. Por outro lado, não existe ainda a possibilidade de avaliação dos custos de operação calculados com base em dados históricos longos, taxa de ocupação e horários, excluindo algumas exceções como em França. Shyr & Hung (2010) avaliaram o impacto potencial deste novo concorrente (i.e., AVF) no Bem-Estar Social. Para além de estudar que novos preços regulamentares deveriam ser aplicados bem como as novas frequências que os serviços concorrentes deveriam praticar, também estudaram qual seria o efeito de uma coligação aérea neste contexto e como seriam divididos os lucros. Para esta análise definiu-se um modelo de escolha modal e as equações dos *payoffs* para cada operador. Depois usando o equilíbrio de *Nash* resolve-se os problemas de novas frequências e preços, e de seguida foram aplicados conceitos de estratégias cooperativas para saber como seriam divididos os lucros entre as companhias aéreas. O caso de estudo foi o par O/D, Taipei-Kaohsiung. O cenário base para o transporte ferroviário não foi alterado neste exercício pois desconheciam-se os custos operacionais do mesmo, assumindo que tanto as tarifas e frequência se manteriam constantes. Este pressuposto é aceitável já que o CC tem tido como principal objetivo fornecer um serviço fiável e não tanto lucrativo. Para estimar os valores dos *payoffs* no Equilíbrio de *Nash* recorreu-se aos mesmos princípios do artigo anterior. Para os jogos cooperativos foi adoptado o valor de *Shapley* que consiste na alocação dos lucros baseado na proporção das contribuições de cada membro da coligação. A vantagem deste modelo é que quase sempre garante soluções (Shyr & Hung, 2010). Foram ainda assumidas algumas regras para o mercado:

1. Todas as coligações têm de satisfazer a propriedade super-aditiva, isto é, sempre que um jogador se junta à coligação o *payoff* total da coligação tem de aumentar, já que os custos médios são reduzidos e a quota de mercado aumenta.

2. Todos os competidores possuem informação perfeita do mercado.
3. Todos os jogadores estão sujeitos a tetos superiores de tarifas de forma a maximizar o Bem-Estar Social.
4. Todos os jogadores pretendem maximizar o seu lucro, sob estas mesmas restrições.
5. Todos os competidores, à exceção do CC, irão alterar as suas frequências de acordo com as taxas de ocupação.

Para obter as quotas de mercado, Shyr & Hung (2010) recorreram a um modelo de escolha discreta do tipo *Hierárquico*, com três níveis: o primeiro *cluster* inclui os modos fortemente correlacionados; o segundo separa cada *cluster* pelo seu modo; e o terceiro subdivide cada modo por operador. De seguida foram calculadas as funções de custo de cada operador baseadas no custo direto do serviço (frequência, combustível, manutenção,..) bem como no custo de serviço ao passageiro (custo indireto). Após a calibração do modelo procedeu-se à resolução do Equilíbrio de *Nash* tendo em conta quais seriam as tarifas “ótimas” a praticar por cada operador. Para resolver este problema no entanto foi necessário definir valores máximos para os preços a praticar já que não seriam aceites subidas abruptas no preço de um certo bem em pouco tempo. Como tal definiu-se como teto, um acréscimo de 10% aos valores praticados em 2006. Os resultados obtidos indicam que todas as tarifas ótimas atingiriam os valores máximos definidos o que implica que se tais restrições fossem retiradas os operadores poderiam aumentar de forma ainda mais significativa os seus lucros. Outra conclusão visível foi o pequeno impacto que a AVF teve nos outros operadores além do transporte aéreo, que teve de reduzir a sua frequência para metade de forma a manter lucro.

Quadro 10 - Comparação modal através da inserção da AVF

	Preços do Bilhete		Quotas de Mercado		Frequência	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Avião	2110	2250	37,1%	18,4%	53	27
AVF	-	1510	-	30,3%	-	23
Comboio	850	850	14,9%	13,8%	16	16
Autocarro	575	610	28,1%	29,1%	216	216
Automóvel	910	910	19,9%	8,4%	-	-

Em relação à possibilidade de coligação no transporte aéreo os autores concluíram que as companhias que atualmente possuem menores custos de operação e maiores frequências são as que possuem maior poder de decisão dentro da estrutura e como tal serão as menos afetadas pela entrada no mercado da AVF.

2.2 – A adequabilidade e vantagens da teoria de jogos neste contexto

Da revisão de literatura realizada, conclui-se fundamentalmente que os estudos sobre a entrada da AVF no mercado têm sido maioritariamente tratada pelo lado da procura. Esta abordagem ao tema consiste essencialmente na elaboração de cenários onde se faz variar uma das variáveis chave, e estima-se a nova quota de mercado obtida (do tipo *ceteris paribus*). Apesar de esta quota de mercado obtida ser importante para ter uma primeira ideia de quais os resultados a esperar, ela é pouco útil num mercado real porque apresenta duas grandes limitações. A primeira é o facto de os cenários elaborados serem estáticos ou seja, não há evolução do mercado. As quotas estimadas servem então apenas para o instante em que a AVF ponha essas medidas em ação. No entanto, caso haja uma contra medida dos seus concorrentes os resultados deixam de ser verosímeis. O segundo problema é o facto de os cenários elaborados apenas variarem uma variável de cada vez. Esta variação unitária não permite nunca saber qual seria a melhor abordagem ao mercado, já que se não se variar todas as variáveis ao mesmo tempo é impossível saber qual a quota de mercado máxima e mínima.

Alguns dos artigos estudados, trataram o problema, da inserção de um novo competidor no mercado, pelo lado da oferta. Esta abordagem usando as funções de custo em conjugação com a quota de mercado e com o preço da viagem permite tirar os lucros de cada modo de transporte. A grande vantagem em relação à abordagem anterior é o facto de ser possível perceber até que ponto é vantajoso aumentar a quota de mercado. Por exemplo, um operador pode aumentar a sua frequência para tentar aumentar a sua quota de mercado, mas será que há uma vantagem real? Se o problema for tratado do lado da procura, sim é vantajoso já que um aumento de frequência conduz a uma maior quota de mercado. Se o problema for visto do lado da oferta, a solução é mais complexa já que terá de haver um *trade-off* entre saber se a quota de mercado a mais será suficiente para cobrar o aumento de custos operacionais e quem sabe da compra de novo material circulante. No entanto, se as soluções obtidas forem feitas através de cenários continuam a subsistir as mesmas limitações.

A teoria de jogos apresenta-se como uma boa alternativa para resolver o objetivo proposto no nosso estudo. Em primeiro lugar trata o problema do lado da oferta tornando-o mais completo. Em segundo lugar permite que sejam alteradas várias variáveis ao mesmo tempo o que garante uma solução mais próxima das condições reais em que os agentes no mercado tomam as suas decisões estratégicas. Para além de permitir a alteração de várias variáveis ao mesmo tempo não são necessários definir patamares bastando definir valores máximos e mínimos reais e através de um processo iterativo o jogo converge para a solução ótima. Pode-se então assumir que o jogo não será completamente estático dado que a solução encontrada é a que garante a máxima utilidade para os vários jogadores. A teoria de jogos possui ainda a grande vantagem de ser possível fazer competir mais que dois modos (ou operadores) de transporte ao mesmo tempo. Para terminar caso se queira fazer um estudo da possível cooperação na ligação Lisboa-Porto também é possível através da teoria de jogos. Conclui-se assim que a metodologia escolhida é a adequada para a resolução do problema.

3 - Metodologia de estudo

3.1 – Descrição genérica do procedimento seguido

O problema proposto nesta tese foi abordado num conjunto de 6 passos distintos, como se pode observar na figura em baixo. Numa primeira fase foi feita a revisão de literatura para saber qual a metodologia mais adequada para representar os comportamentos estratégicos dos operadores. A abordagem que se destacou foi a teoria de jogos, por permitir modelar o comportamento estratégico dos operadores perante alterações das condições de mercado, em vez da modelação pelo lado da procura, comumente aplicada quando se procede à simulação dos sistemas de transportes. A teoria de jogos é composta de uma forma genérica por: jogadores – neste caso, o conjunto de empresas a operar na ligação; por estratégias – definidas através de conceitos económicos; e pelos pagamentos (utilizaremos a terminologia Inglesa daqui em diante – *payoffs*), resultantes das mais-valias que cada estratégia apresenta para o jogador. Após o esclarecimento dos princípios fundamentais da teoria de jogos (2º passo), procedeu-se à recolha da informação relevante para o caso de estudo, ou seja a ligação multimodal entre Lisboa e Porto (3º passo). Os dados necessários foram recolhidos de relatórios anteriores, elaborados pela RAVE, e através da informação disponível nos diversos *sites* dos operadores seleccionados (procurou-se cobrir o máximo de operadores neste corredor, para os vários modos).

No entanto, a informação recolhida precisou de ser validada tendo sido obtida a partir de fontes distintas. Por exemplo e como iremos explicar nos capítulos seguintes, as funções de custo constituem um elemento fundamental nesta metodologia, pois permitem obter os *payoffs* em conjunto com a estimativa dos rendimentos da operação, para cada modo. Não obstante, as funções utilizadas não foram todas seleccionadas dos mesmos artigos científicos. Para efetuar esta validação, realizaram-se entrevistas aos operadores em estudo. A este respeito, procurou-se entrevistar representantes das empresas que pudessem tomar decisões estratégicas na empresa, ou colocar-se em situações semelhante – por exemplo, ex-administrador que tenha cessado funções recentemente ou especialistas que conhecem bem o setor. A entrevista baseou-se na amostragem dos dados e variáveis recolhidos, sobre os quais os entrevistados emitiram o seu parecer e as suas recomendações.

Com todos os dados necessários procedeu-se para a penúltima fase (5º passo): a elaboração do modelo computacional. Este passo subdivide-se em dois, ver figura a baixo. Numa primeira parte, a programação consistiu em elaborar uma situação em que a AVF já existisse no mercado criando assim um cenário base. Na segunda parte, recorrendo aos princípios da teoria de jogos, elaborou-se um modelo cíclico para otimizar (i.e., maximizar) os *payoffs* dos jogadores (operadores). Neste ciclo, optou-se pela otimização (i.e., maximização) das funções de lucro dos operadores através da mudança de apenas duas variáveis das seleccionadas. Todas as escolhas efetuadas ao longo da metodologia serão explicadas de uma forma mais detalhada nos respetivos capítulos. Por fim, será feito um resumo com as principais conclusões do estudo e as respetivas recomendações (6 e último passo).

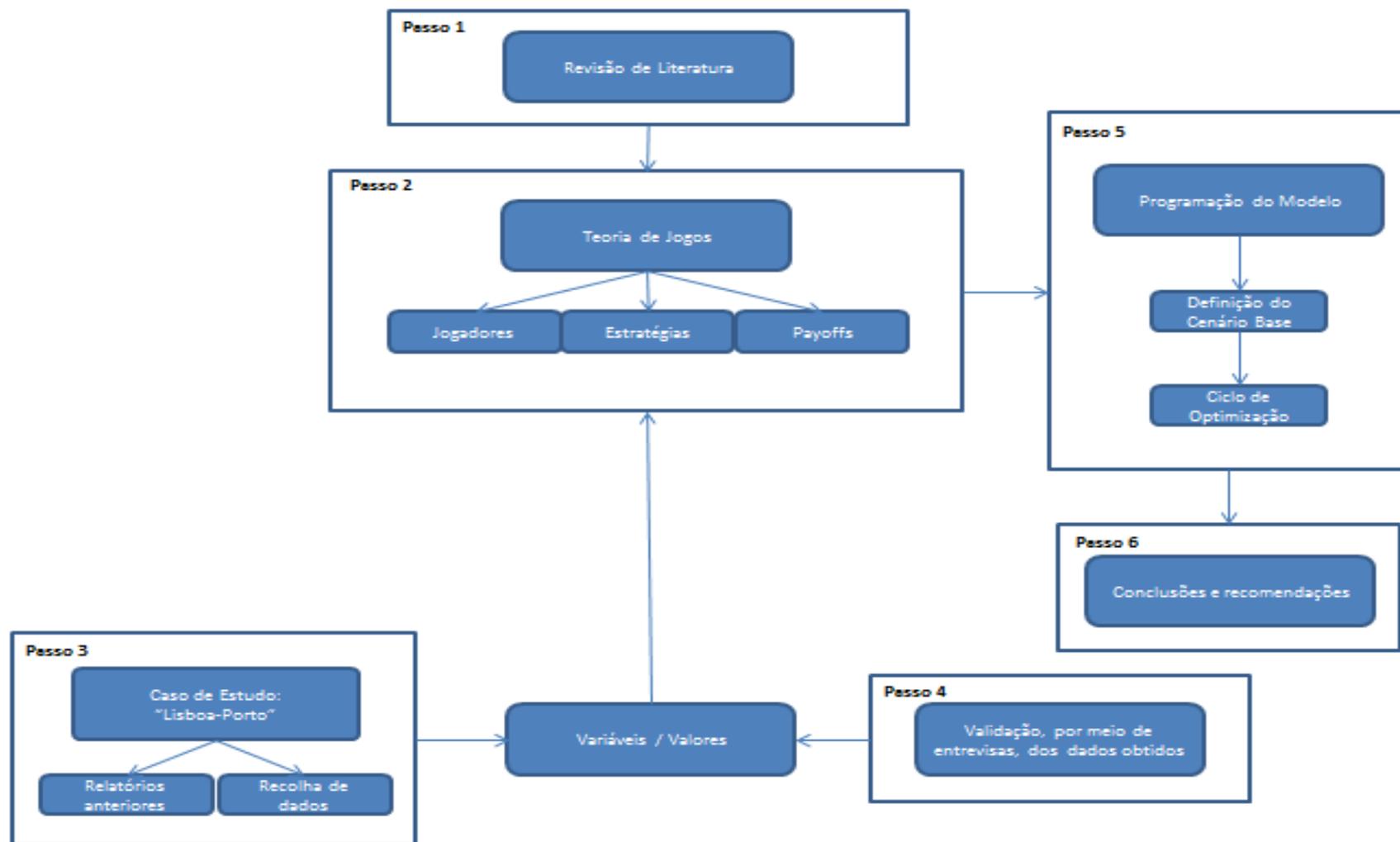


Figura 4 - Ilustração dos diversos passos

3.2 – Teoria de Jogos

Teoria dos jogos é um ramo da matemática aplicada que estuda situações estratégicas onde jogadores escolhem diferentes ações na tentativa de melhorar seu retorno. Embora não seja um exclusivo da teoria económica, tem sido aplicada na análise lógica de situações de conflito ou cooperação entre agentes económicos. Mais especificamente, um JOGO é definido por qualquer situação em que (Straffin, P. (1993))⁴:

1. Existem pelo menos dois jogadores – um jogador pode ser um indivíduo, mas também pode ser uma entidade geral como uma empresa, uma nação ou até uma espécie biológica;
2. Cada operador tem um número possível de estratégias que correspondem a alternativas de ação que pode seguir;
3. As estratégias escolhidas por cada jogador determinam o resultado do jogo; e
4. Associado a cada resultado possível do jogo existe um conjunto de *payoffs* numéricos para cada jogador. Estes *payoffs* representam o valor do resultado para os diferentes jogadores.

A teoria de jogos tem como um dos pressupostos base o comportamento racional dos jogadores. Desta forma, cada jogador pretende terminar o jogo com o resultado que lhe trazer o maior *payoff* possível. Ele tem algum controlo sobre o resultado obtido, pois a escolha da estratégia tem influência no mesmo. No entanto, o resultado não é determinado pela escolha de um só jogador, depende das escolhas de todos os jogadores, e é neste capítulo que entram em jogo as estratégias de cooperação *versus* as de competição. A competição surge quando diferentes jogadores valorizam resultados distintos. A cooperação pode surgir caso o melhor resultado só seja possível obter através de coordenação de estratégias.

Os jogos são normalmente classificados dependendo do número de jogadores presentes e dos valores dos seus *payoffs*. Em relação ao número de jogadores, para a resolução deste problema seria ideal adotar um jogo de 4 jogadores onde todos os concorrentes competissem entre si pelo melhor resultado. No entanto, como os *payoffs* são calculados através de funções de utilidade estamos restritos aos dados do último estudo feito para a RAVE. Por opção metodológica da *Steer Davis Gleave* (RAVE (2006)), as entrevistas de preferências declaradas para o modo na ligação Lisboa-Porto foram feitas apresentando sempre duas alternativas: AVF e cada um dos outros modos existentes, separadamente. Esta abordagem condicionou a definição do modelo de escolha discreta a modelo *logit* binomial entre a AVF e cada uma das alternativas existentes. Desta forma, só se pôde estimar a transferência potencial de passageiros de cada modo existente para a AVF, excluindo possíveis (e expectáveis) transferências ‘entre’ os modos existentes, perante o novo concorrente (i.e., AVF). Assim sendo, foi realizado um total de 3 jogos de 2 jogadores, AVF vs. Avião, AVF vs. Comboio convencional e AVF vs. Autocarro. Para além destes 4 jogadores, foi

⁴ O texto deste sub-capítulo foi todo baseado na referência Straffin,P.(1993)

incluído o automóvel particular, embora sem os mesmos graus de liberdade – i.e., alteração dos atributos da função utilidade que permitisse a maximização dos seus *payoffs*. O automóvel particular representa cerca de 75% do total das viagens realizadas no corredor em análise e não poderia ser desprezado pois pode contribuir de forma fundamental para a sustentabilidade do projeto da AVF (captação das viagens correspondentes). O automóvel particular opera na análise então como um elemento fixo, que não participa no ciclo de otimização, e cujo objetivo passa por perceber qual será a capacidade da AVF em conseguir captar alguma quota deste modo. Como já foi referido anteriormente o objetivo de cada jogo passa por um jogador tentar maximizar o seu *payoff*. Assim sendo, e de forma a tornar o problema mais complexo, em vez de se fazer a AVF competir apenas com 1 modo de cada vez maximizando o seu *payoff* individualmente em cada jogo, pôs-se a AVF a otimizar o seu *payoff* dos três jogos, em conjunto. Ou seja, em vez de se obterem valores distintos nos parâmetros consoante o modo com que a AVF está a competir, obteve-se um valor único que maximiza o seu lucro total.

Por exemplo, no caso de um jogo contra apenas o avião a estratégia da AVF passava por aumentar o preço do bilhete dados os custos fixos do avião serem demasiado altos. No entanto, esta abordagem contra o autocarro resultaria numa perda elevada da quota pois este modo apresenta valores mais baixos. No sentido de tornar o exercício mais próximo da realidade (e considerando as restrições acima descritas), optou-se pela otimização do *payoff* geral, ao invés de ter três exercícios separados. Na realidade passamos a ter 3 jogos de 2 jogadores mas a AVF em vez de maximizar o seu lucro em cada um destes jogos, maximiza o seu lucro no geral, assumindo assim um comportamento único no mercado que torna o problema mais real.

Em relação à caracterização dos *payoffs* existem dois tipos distintos:

- Os jogos com soma-zero, em que para cada combinação de estratégias, o ganho de um jogador representa sempre, na mesma proporção, a perda do outro; ou
- Os jogos de soma diferente de zero, em que os resultados combinados das estratégias podem ser tanto maiores ou menores do que a perda dos outros.

O nosso problema situa-se na segunda categoria dado que os *payoffs* serão iguais às funções de lucro da companhia, e por isso a perda de valor não é a mesma para várias companhias dado que possuem diferentes funções de custo e irão praticar preços distintos. Caso se pretendesse simplificar o problema, e representando um jogo com soma igual a zero, em vez de se recorrer às funções de lucro das empresas poderíamos cingir-nos apenas à quota de mercado, passando a ser o único objetivo da companhia angariar mais quota de mercado, que neste caso corresponderia diretamente à perda de quota do seu oponente. Esta solução é no entanto demasiado simplista dado que nem sempre uma maior quota de mercado se apresenta como um cenário vantajoso para a empresa e estaríamos a caracterizar a oferta só pelos dados da procura.

Então estamos perante três jogos de 2 jogadores com soma diferente de zero e que serão resolvidos usando o Equilíbrio de *Nash*. Adicionalmente será usado o princípio da

dominância, mas com algumas ressalvas. O princípio da dominância garante que nenhum jogador escolherá uma estratégia dominada. Uma estratégia domina a outra se todos os *payoffs* dessa estratégia forem pelo menos iguais aos da outra e pelo menos um deles é superior. O Equilíbrio de *Nash* é um conceito de solução de um jogo não-cooperativo, envolvendo dois ou mais jogadores, em que se supõe que cada jogador conhece as estratégias de equilíbrio dos outros jogadores, e nenhum jogador tem nada a ganhar mudando apenas sua própria estratégia unilateralmente. Ou seja, se cada jogador escolheu uma estratégia e nenhum jogador pode beneficiar mudando a sua estratégia enquanto os outros jogadores não mudarem a deles estamos na presença de um Equilíbrio de *Nash*. Simplesmente, um grupo de jogadores encontra-se no Equilíbrio de *Nash* se cada um está a fazer a melhor decisão que ele pode, tendo em conta as decisões dos outros. No entanto, este princípio pode não estar correto caso não siga o princípio de *Pareto*. Este princípio diz-nos que uma solução de um jogo só pode ser aceitável caso não exista nenhum outro resultado que dê melhores *payoffs* aos dois jogadores, ou pelo menos, melhor a um e igual a outro. Usando estes princípios para os jogos em que a soma dos *payoffs* difere de zero, os interesses dos jogadores podem não ser completamente opostos, o que dá espaço para que haja oportunidades de cooperação. No entanto, como apenas estamos a tratar da ligação entre Lisboa-Porto assumimos que não há oportunidade para um serviço ser, por exemplo, *feeder* de outro, excluindo desta forma qualquer hipótese de cooperação. No nosso problema, os jogadores assumem as suas estratégias ao mesmo tempo e sem conversarem uns com os outros.

Ainda assim e apesar da teoria de jogos ser a abordagem mais correta ao problema, ela enfrenta 3 grandes obstáculos:

1. Qualquer problema real é infinitamente complexo, sendo difícil definir todos os jogadores e impossível prever todas as estratégias possíveis e dizer quais serão exatamente os resultados a que cada uma leva. O melhor que podemos esperar é construir um jogo simples que consiga modelar os comportamentos mais importantes da situação real.
2. O pressuposto do comportamento racional dos jogadores nem sempre corresponde à realidade.
3. O terceiro, e talvez o problema mais complexo, é o facto de a teoria de jogos não ter uma solução para jogos de dois jogadores, ou mais, que não possuam interesses completamente opostos. Nestes casos a teoria de jogos apenas oferece uma variedade de sugestões, e soluções parciais.

3.3 – Métodos

A base de trabalhos desta tese e todos os modelos construídos foram baseados nas funções de utilidade obtidas pela empresa RAVE através do estudo da *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)). Este relatório impõe ainda que para a elaboração dos jogos apenas se possa considerar quatro variáveis fundamentais: o tempo de viagem, o preço do bilhete, o tempo de acesso e o *headway*. Apesar de poder ser visto como uma limitação do estudo, e tal como é demonstrado na revisão de literatura, estes são os principais parâmetros a ter em conta, podendo ainda ser adicionada a fiabilidade de serviço e a segurança. Todos os valores/resultados obtidos neste subcapítulo foram validados através de entrevistas com especialistas de cada um dos modos de transporte. Tentou-se apresentar numa entrevista os valores obtidos/escolhidos e saber se estes correspondiam à situação real. O modelo da entrevista pode ser observado no anexo 1.

3.3.1 – Escolha dos Jogadores

A definição dos jogadores que farão parte dos jogos cingiu-se na escolha dos principais operadores no *link*. O modo aéreo apenas tem um operador a fazer a ligação entre Lisboa-Porto, a TAP Portugal (<http://www.tapportugal.com>), e por essa razão todos os valores e entrevista foram obtidos junto de pessoas que trabalham nesta operadora. O comboio convencional apresenta-se na mesma situação que o modo aéreo existindo apenas a CP (Comboios de Portugal, E.P.E. - <http://www.cp.pt>) a fazer ligações entre as cidades, e por isso recorreu-se ao mesmo método que para a TAP. No caso do autocarro a situação é um pouco distinta, existindo pelo menos dois grandes operadores responsáveis por fazer a ligação: a Renex (<http://www.renex.pt>) e a Rede Nacional de Expressos (<http://www.rede-expressos.pt>). No entanto, se olharmos para os valores praticados por estas empresas podemos observar que não são tão díspares, e até alguns dos principais acionistas são os mesmos. Como tal, neste modo assumiu-se um comportamento único para o modo, ou seja, apenas um operador (jogador) a representar o autocarro. O concorrente escolhido foi a Rede Nacional de Expressos dado esta representar uma maior quota de mercado. Apesar de se considerar apenas um jogador do lado do autocarro, os valores obtidos basearam-se informações dos dois principais concorrentes. Em relação à alta velocidade considerou-se que os seus valores seriam baseados tanto na recolha de valores de relatórios anteriores bem como em entrevistas a especialistas na matéria.

3.3.2 – Estratégias possíveis dos operadores

As estratégias, tal como foi referido no capítulo sobre teoria de jogos, representam todos os cursos de ação que os jogadores podem tomar. Sendo que há pelo menos quatro variáveis e cada jogador tem a opção de manter o valor, aumentá-lo ou diminuí-lo, estaríamos numa situação de 81 estratégias possíveis (3^4). No entanto, há variáveis cujos valores não podem ser alterados. Em primeiro lugar assume-se fixo o tempo de viagem. Esta variável já foi alvo de várias otimizações por parte dos operadores, por exemplo no caso do transporte aéreo, a velocidade de viagem está otimizada para minimizar o consumo de combustível. Como tal, optou-se por tornar esta variável num valor fixo correspondente o mínimo tempo que o modo pratica atualmente. No caso da AVF será assumido o valor que foi o exigido pelo governo à data de 1 hora e 15 minutos, no caso da ligação direta. Usando os atuais valores de mercado e o tempo exigido pelo governo para a AVF, consegue reduzir-se o número de estratégias possíveis para 27 (3^3). A segunda variável que também terá um valor inalterado será o tempo de acesso. Dado que se pretende apenas estudar o comportamento dos operadores, e não dos gestores de infraestruturas, estes não têm capacidade para realocar os seus terminais ou estações de serviço o que fará com que a partir do momento em que se fixe o ponto de partida e o de chegada os valores do tempo de acesso permanecerão inalterados. Como tal, e assumindo que todos os autocarros partirão do Oriente, os comboios e a AVF também, e os aviões estão concionados pelos aeroportos, então consegue-se reduzir o número de estratégias possíveis para 9 (3^2). Foi então elaborado um quadro com os possíveis cursos de ação que cada jogador poderá realizar ao longo dos jogos.

Quadro 11 - Estratégias possíveis para cada operador

Estratégias Possíveis	Preço do Bilhete	Tempo de Viagem	Tempo de Acesso	Headway
1	-	-	-	-
2	↘	-	-	↗
3	↘	-	-	-
4	-	-	-	↗
5	↘	-	-	↘
6	↗	-	-	↘
7	-	-	-	↘
8	↗	-	-	↗
9	↗	-	-	-

3.3.3 – Caracterização dos *payoffs*

A caracterização dos *payoffs* foi dividida em dois grandes passos. O primeiro consistiu na elaboração de um cenário base onde a AVF será inserida no mercado (ver Figura 5). O segundo foi a construção de um modelo computacional que permita ao jogador escolher o caso mais favorável de entre os valores de *payoff* possíveis.

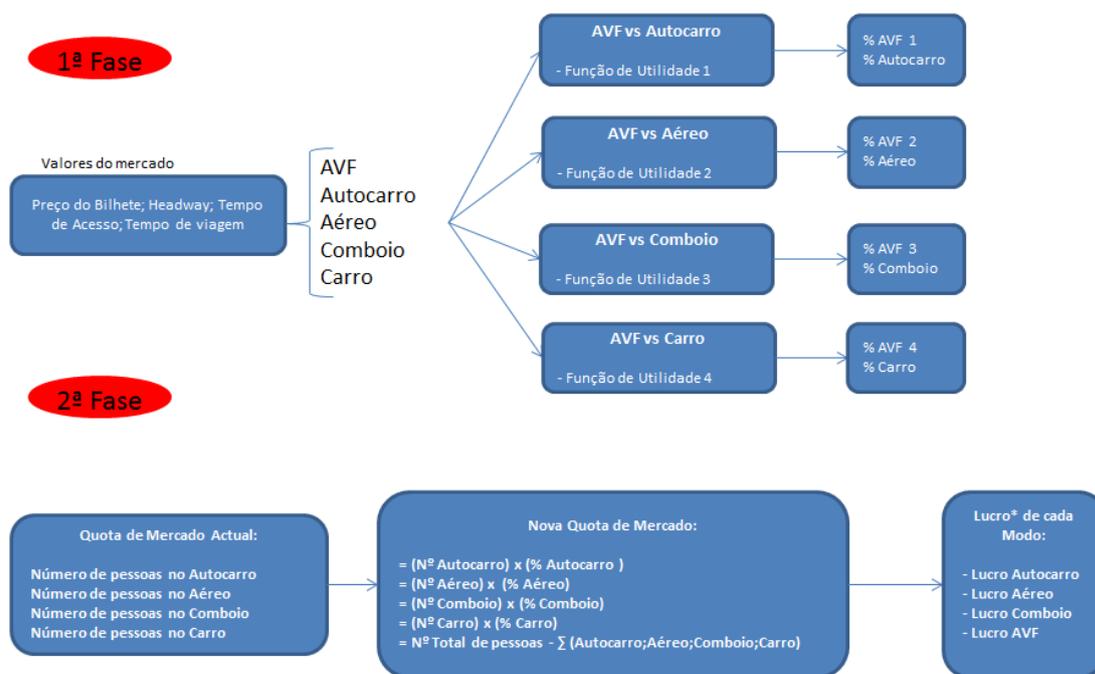


Figura 5 - Descrição da obtenção do cenário base

A formulação de um cenário base tem como principal objetivo a obtenção das quotas de mercado num cenário onde o serviço de AVF já estivesse implantado no mercado. Como tal, começou por se definir valores reais para as quatro variáveis de estudo do problema. Este passo tem alguma importância dado que os valores atribuídos à variável de tempo de viagem e à variável tempo de acesso manter-se-ão fixas ao longo de todo o problema podendo condicionar fortemente as funções de utilidade. Para se escolher então valores o mais próximo possível da realidade, começou-se por ir aos sites das respetivas empresas recolher a informação. Depois compararam-se os valores obtidos com os relatórios previamente realizados para ver se tinham a mesma ordem de grandeza. Por último, tentou-se que durante as entrevistas estes valores fossem validados pelos entrevistados. Após a escolha de cada um dos valores de base para cada um dos modos foi necessário utilizar as funções de utilidade de cada modo. Neste ponto, e tal como foi referido anteriormente, usou-se uma das formulações resultantes do relatório da *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)). Optou-se pela formulação A por ser a que mais se aproxima da forma *standard* de apresentação das funções de utilidade, sendo que a formulação B substitui o valor da constante específica de cada alternativa por uma variável binária. Utilizando então as funções utilidades para cada par (AVF vs. Autocarro, AVF

vs. Avião, AVF vs. Comboio) obtiveram-se as probabilidades de mudança de modo existente a favor da AVF. Através da multiplicação deste valor obtido pelo total da população afeta a cada modo obtém-se uma nova distribuição da quota do mercado com a AVF já inserida. Estas quotas de mercado serão fundamentais para conseguir estimar as funções de lucro de cada um dos modos.

A função de lucro será bastante simplificada sendo constituída por duas partes, uma correspondente às receitas e outra aos custos, seguindo a abordagem sugerida por vários autores que procederam a estudos semelhantes (entre outros, Hsu, Lee, & Liao (2010) e Adler, Pels, & Nash (2010)). A parte da receita depende apenas do número total de pessoas na ligação, da quota de mercado e preço do bilhete. Assumiu-se esta simplificação dado que apenas se pretende estudar o impacto das opções estratégicas tomadas para a ligação e por isso são desprezadas fontes mais gerais de rendimento, como por exemplo a publicidade. A obtenção das funções de custo foi a parte mais elaborada deste processo dado que houve pouca abertura por parte dos entrevistados em divulgar valores concretos, pelo que optou-se por usar as funções encontradas na revisão de literatura. Na revisão de literatura encontrou-se funções de custo para os modos de transporte terrestre. Estes possuem a mesma base, enquanto que a função encontrada para o transporte aéreo é bastante diferente. As funções de custo para os modos terrestres são compostas por duas partes distintas uma que representa os custos fixos e outra que representa os custos variáveis por quilómetro. Para além destes dois parâmetros foi acrescentado um parâmetro dependente da quota de mercado afeta ao modo, que refletirá a necessidade de aquisição de mais equipamento, traduzindo-se assim num aumento dos custos. Caso este parâmetro não fosse utilizado estaríamos perante uma situação em que um aumento da quota de mercado levaria, em condições de igualdade de preço de bilhete, a mais lucro, o que não traduz a realidade. Todos os parâmetros e pressupostos considerados para o cálculo da função de lucro serão apresentados no capítulo 4. No caso do transporte aéreo a função utilizada é uma função com parâmetros adimensionais e que apenas depende do número de lugares das aeronaves e da distância das rotas.

O segundo passo, a otimização, baseia-se na confrontação de todos os *payoffs* possíveis pelos jogadores, sendo que estes vão sempre tentar maximizá-los (ver Figura 3). O *payoff* para um jogador, vai depender exclusivamente de 4 valores: a sua frequência e o seu preço de bilhete bem como a frequência e preço de bilhete do seu concorrente. No caso da AVF tal como foi explicado anteriormente será o único operador do qual o seu *payoff* dependerá de todos os jogadores inseridos no modelo. Para iniciar então o ciclo de otimização foi necessário definir valores máximos e mínimos para as duas variáveis (preço e *headway*) para cada modo de transporte. Esta abordagem é necessária dado que os operadores possuem limites físicos que não podem ser ultrapassados, nomeadamente *slots* no aeroporto, tempo mínimo entre partidas, etc. Os valores foram, uma vez mais, limitados tendo por base os dados fornecidos nos sites dos operadores e foram validados através de entrevistas. Com os limites definidos, as funções de custo e respetivas quotas de mercado pode-se então começar a computação do problema.

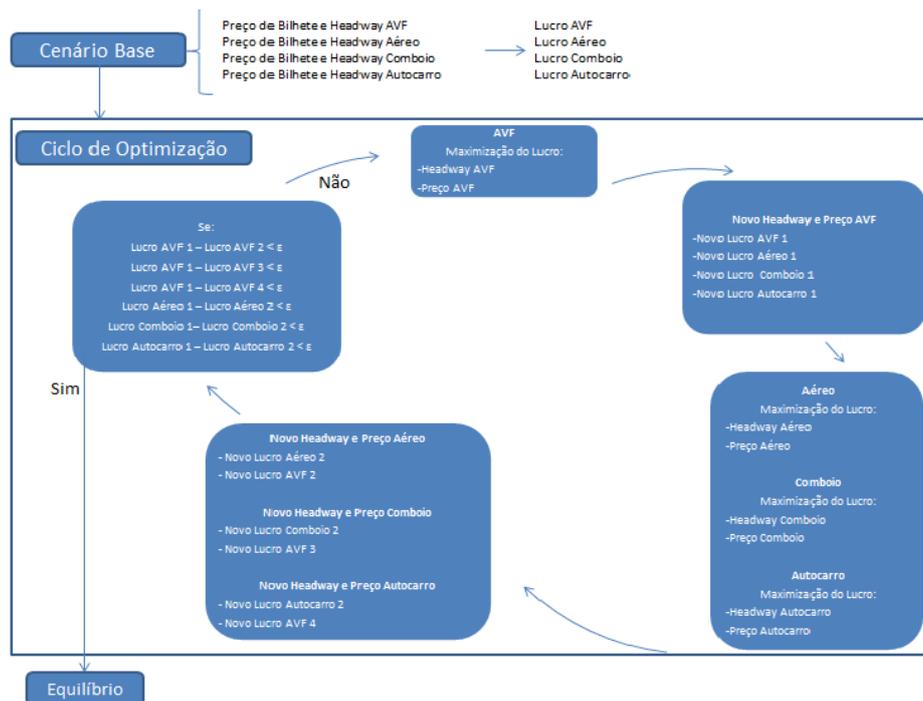


Figura 6 - Ciclo de otimização do modelo

O modelo escolhido para representar a teoria de jogos baseia-se num ciclo que representa as possíveis escolhas de cada operador. O ciclo inicia-se com os valores de base, ou seja a frequência e o preço da viagem serão iguais aos usados para o cenário base. De seguida usando uma função de maximização alteram-se as duas variáveis dentro de apenas um dos modos de transporte. Esta maximização levará a uma redistribuição das quotas de mercado e respetivos *payoffs* para os dois jogadores. Após este passo faz-se o mesmo processo para o outro modo de transporte, obtendo desta forma outras duas funções de lucro. A maximização para o caso da AVF será diferente pois ele jogará com os 3 modos ao mesmo tempo e dessa forma o processo é ligeiramente mais complexo. A complexidade advém do facto que este modo maximizará não o seu lucro enquanto joga com cada um dos outros operadores mas sim o seu lucro geral. Com a obtenção destas 4 funções é então necessário verificar se conseguiu-se chegar a um equilíbrio. Para estudar este equilíbrio foram comparados os dois valores de lucro obtidos através da variação dos parâmetros do primeiro modo com os valores obtidos com a variação de atributos do segundo modo. Para verificar se estamos perante uma situação de equilíbrio, foi definido um parâmetro de convergência que nos indica se os valores estão muito próximos (por exemplo com variações nos lucros anuais inferiores a 10000 €), fazendo com que o ciclo termine. Assim sendo, quando as diferenças entre ambas as receitas forem menores que o valor de convergência, o ciclo termina. Caso contrário, o ciclo continua até ser atingido este valor. Se este valor não for atingido, o problema não tem equilíbrio ou então a margem é demasiado reduzida.

4. Caso de estudo: AVF na ligação Lisboa-Porto

A ligação Lisboa-Porto tem uma extensão aproximada de 300km e serve um tráfego, segundo os dados de um estudo feito em 2000, de 16,8 milhões de passageiros por ano nos dois sentidos e em todos os modos (André, J. (2006)). No entanto, este é o tráfego que usa o eixo e não aquele que realiza o total do percurso. O tráfego que realiza o percurso de ponta a ponta é bastante menor sendo de 7.2 milhões de passageiros por ano nos dois sentidos e em todos os modos. Neste capítulo será feita uma caracterização dos operadores existentes no mercado, caracterizando tanto a oferta como a procura para cada modo de transporte. Para a caracterização da AVF será feita uma descrição mais profunda não enunciando apenas os valores para as variáveis escolhidas, mas dado que é um serviço novo serão pormenorizadas algumas das suas particularidades. Nos outros modos de transporte tal não será feito pois as características gerais do serviço já são conhecidas. A procura será caracterizada com base na amostra recolhida para as entrevistas feitas pela *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)), já que as funções de utilidade foram baseadas nesta amostra logo faz todo o sentido que sirvam para a caracterização da população. A oferta será baseada nas condições do mercado em 2012 através da consulta dos *sites* das operadoras. Numa segunda fase deste capítulo será apresentado um cenário base com a síntese das informações recolhidas e que terá como principal objetivo quantificar uma quota de mercado para a AVF no ano base.

4.1- Caracterização geral da oferta e procura

4.1.1- Comboio Convencional

A caracterização da oferta do comboio convencional, tal como a dos restantes modos de transporte, basear-se-á em 2 pontos fundamentais: as características físicas da rede e os valores médios das 4 variáveis, fundamentais para a resolução do problema.

O serviço ferroviário convencional, operado apenas pela CP, possui cerca de 336 km de comprimento (<http://www.cp.pt>). Sendo um percurso longo apenas é possível fazer a ligação direta através de um serviço Alfabendular (AP) ou Intercidades (IC), pelo que daqui em diante se excluíram os percursos feitos através de comboios regionais. Estes não apresentam uma competição real para a AVF e oferecem condições menos favoráveis em termos de custo e tempo que o transporte rodoviário coletivo, sendo por isso uma alternativa dominada que apenas acrescentaria “ruído” ao problema.

Os serviços AP e IC estão disponíveis em diversas estações de Lisboa e do Porto, no entanto para fazer a ligação sem nunca trocar de comboio o número de estações possíveis reduz-se. Em Lisboa a ligação direta apenas está disponível numa das seguintes 3 estações: Santa Apolónia, Oriente ou Entrecampos. No caso do Porto, apenas tem disponível a estação da Campanhã. No entanto, e como todos os comboios que partem de Lisboa passam pela estação do Oriente, esta será considerada a estação para a obtenção dos valores base das

diversas variáveis. Os serviços praticados pelo AP e pelo IC, são distintos no que respeita ao tempo de viagem, número de paragens intermédias, preço e frequência, sendo igual apenas o tempo de acesso.

Durante os dias de semana, o IC, tem 8 comboios distribuídos ao longo do dia que ligam a estação do Oriente à da Campanhã com preços para 1ª classe de 35.5€ e 24€ para 2ª classe. O tempo de viagem varia entre 3 horas e 3 minutos e 3 horas e 4 minutos. No sentido inverso (Campanhã-Oriente) existe menos um comboio, ou seja, apenas há 7 viagens por dia. Durante os dias de semana, o AP tem 11 comboios distribuídos ao longo do dia que ligam a estação do Oriente à da Campanhã com preços para 1ª classe de 42€ e 30€ para 2ª classe. O tempo de viagem varia entre 2 horas e 35 minutos e 2 horas e 43 minutos. No sentido inverso (Campanhã-Oriente) as condições oferecidas são idênticas com a exceção de os comboios poderem demorar até 2 horas e 46 minutos. O *headway*, medido em minutos entre serviços consecutivos, varia para o total da oferta dos dois serviços, entre 30 minutos de mínimo, e 120 minutos de máximo. Se considerarmos só AP, o mínimo entre serviços é 60 minutos e o máximo de 120 minutos. No caso do IC, o mínimo é 120 min e o máximo de 240 min. Na definição dos tempos de acesso, teve de se recorrer aos valores usados no relatório, pois não foi encontrada mais informação a respeito deste parâmetro para esta ligação. No relatório usam a comparação de tempos de acesso entre a AVF e o comboio convencional, e estimaram que o acesso ao comboio convencional pode demorar -35 minutos ou ir até aos +25 minutos, comparativamente ao AVF.

Para a caracterização da procura no comboio convencional, não foram feitas só perguntas para o corredor Lisboa-Porto mas sim para todas as paragens intermédias de forma a obter uma amostra mais aproximada das condições oferecidas pelo futuro serviço. O número de entrevistas teve de ser suficientemente vasto para que permitisse a segmentação por motivo de viagem (negócio/trabalho ou lazer/outros). Estas observações sobre a população inquirida são transversais a todos os modos pelo que não serão repetidas no início de cada modo, quando se procede à caracterização da procura de cada modo.

As principais conclusões são:

- A amostra obtida indica que há uma maior percentagem de utilizadores a fazer a viagem por motivos de trabalho, cerca de 60%.
- 20% das viagens são pagas pela empresa, enquanto que em 64% dos casos é o próprio entrevistado que assume a despesa da viagem. A família paga a viagem em 15% dos casos.
- Quanto à frequência de realização da viagem, 40% das pessoas declararam realizar a sua viagem de 1 a 3 vezes por semana e 33% ocasionalmente.
- De destacar o facto de 43% da amostragem não dispor de viatura própria, ou seja, ser dependente do transporte público.
- Cerca de 75% das pessoas demora 20 minutos ou menos a chegar da sua origem à estação ferroviária ou desta até ao seu destino final, pode-se ainda destacar que a

viatura particular é um dos mais utilizados (cerca de 30%), seguido do a pé (cerca de 23%).

- Como principais razões para escolher o comboio na situação actual destacaram-se o preço (42%) e a rapidez (20%). Diferenciando segundo o tipo de serviço, observa-se como o preço é mais relevante no caso dos comboios urbanos e intercidades, enquanto que no do alfa pendular, a rapidez é a causa mais relevante, seguido da comodidade e do preço.
- Quanto à caracterização socioeconómica, cabe destacar que há uma maior presença de homens na amostragem (57%), a faixa etária com maior representação corresponde à dos 16-34 anos (53%), que 46% das pessoas inquiridas tem um rendimento anual inferior a 27.000 euros e 42% dos entrevistados trabalha por conta de outrem.
- No caso das entrevistas consideradas válidas, as principais razões para escolha do comboio de alta velocidade face ao comboio convencional foram o tempo de viagem (95%) e a frequência (5%). Como motivos para escolher sempre o comboio convencional, destacou-se o preço (89%).

4.1.2- Autocarros

No caso do transporte rodoviário coletivo não é tão fácil obter dados para as variáveis escolhidas dado que não há só um operador no corredor. Para contornar este problema serão enunciados os valores de dois operadores (RNE e RENEX, líderes de mercado) e posteriormente serão escolhidos os valores que melhor representam a média da oferta. Em termos físicos o percurso tem cerca de 303 km sendo que grande parte deles é efetuada na A1 a uma velocidade média de 90 km/h. A capacidade máxima de transporte deste modo é de 46 pessoas. Do que se conseguiu averiguar há dois líderes de mercado neste sector, são a Rede Nacional de Expressos e a RENEX.

A Rede Nacional de Expressos tem o seu terminal de Lisboa em Sete Rios, e no Porto é na Rua Alexandro Herculano. Os serviços de autocarros, ao contrário do comboio convencional que apresenta uma oferta muito mais constante, variam consoante o dia de semana. No caso deste operador existem 27 autocarros a partir de Lisboa sextas-feiras enquanto que de terça a quinta, os dias de menor procura, o número desce para os 19, no sentido inverso a oferta é idêntica. O intervalo entre partidas (*headway*) varia entre 30 minutos e 90 minutos (02/2013). O preço pelo contrário é constante e igual a 18,10€ para adultos. Os tempos de viagem desta companhia têm um grande intervalo de variação podendo ir das 3 horas e 25 minutos, se for um serviço direto ou pode ascender às 4 horas e 25 minutos, caso hajam paragens.

A RENEX tem o seu terminal de Lisboa na Gare do Oriente. No Porto é perto do Campo Mártires da Pátria. Os seus serviços também variam consoante o dia de semana, sendo que existem 13 autocarros a partir de Lisboa sextas-feiras enquanto que de terça a quinta-feira o número desce para os 9. Assim sendo o intervalo mínimo entre serviços consecutivos é de 60 minutos e o máximo de 165 minutos. O preço também é constante e igual

a 19€ para adultos. Os tempos de viagem desta companhia são de 3 horas e 30 minutos, já que não existem paragens intermédias.

Para definir os tempos de acesso aos terminais rodoviários teve de se recorrer aos valores usados no relatório que estimam que será igual ao comboio convencional e por isso podem demorar -35min ou ir até a +25 min em comparação com a AVF.

As principais conclusões da descrição da procura de autocarros (bus) são:

- 41% das pessoas viaja por razões profissionais e 33% por lazer. Pode-se também destacar a percentagem de estudos (próximo de 14%).
- Com referência a quem assume o custo da viagem, de destacar o próprio entrevistado (78%), sendo reduzida a presença de pessoas a quem a empresa paga a viagem (8%).
- Relativamente à frequência da viagem, 42% das pessoas realiza a sua viagem de forma ocasional enquanto que 27% o faz de 1 a 5 vezes por semana.
- É especialmente significativa a percentagem de pessoas dependentes do transporte público (55% não dispõem de viatura própria).
- Os tempos de acesso e dispersão são semelhantes aos observados no comboio.
- Relativamente aos modos de acesso, os principais são o autocarro (27%) e a viatura particular (21%). Quanto aos modos utilizados na dispersão, de destacar o táxi (21%) e novamente o autocarro (21%).
- Quanto às razões assinaladas para escolha do autocarro como modo de transporte atual destaca-se o preço (68%).
- Quanto à caracterização socioeconómica, cabe destacar que há uma maior presença de homens na amostragem (64%), a faixa etária com maior representação corresponde à dos 16-34 anos (59%), que 68% das pessoas inquiridas tem um rendimento anual inferior a 27.000 euros e nenhum dos entrevistados tem um rendimento superior a 60.00 euros, e 53% dos entrevistados trabalha por conta de outrem, seguido dos estudantes (23%).
- Analisando o conjunto de escolhas, pode ver-se como entre as respostas consideradas válidas, as principais razões argumentadas para escolher sempre a alta velocidade foram o tempo de viagem (67%) e a comodidade (22%), enquanto que para escolher sempre o autocarro se indicou o preço (83%).

4.1.3- Transporte aéreo

O transporte aéreo tal como o comboio convencional só tem um operador neste corredor, a TAP. Para além da TAP, as empresas que fazem ligações entre Lisboa e Porto representam uma quota de mercado ínfima sendo deixadas de parte neste estudo. Estas são etapas de ligações internacionais a partir do *hub* da Portela com *layover* no aeroporto Francisco Sá Carneiro. Em termos de infraestruturas o aeroporto da Portela localiza-se a 7 km do centro. Por sua vez o aeroporto Francisco Sá Carneiro, no Porto, encontra-se a 15 km do centro. Estes valores servem para justificar o maior tempo de acesso que este modo de

transporte apresenta em relação aos restantes. Segundo os valores do relatório o intervalo do tempo de acesso pode variar, em comparação com a alta velocidade entre -10 minutos e +35 minutos. No entanto, para além do tempo de acesso, o transporte aéreo possui certas características que fazem com que se tenha de adicionar ao tempo de viagem de 55 minutos, um valor de 40 a 60 minutos correspondente ao embarque, tempo de *check-in* e saída. Sendo que a entrada na porta terá de ser feita com pelo menos 30 minutos de antecedência parece que o valor mais razoável para o total da viagem andará mais perto dos 115 minutos do que dos 95. O tempo de viagem nesta ligação passa então a ser muito semelhante ao do carro (modo mais escolhido). Como a viagem é muito mais cara pode-se assumir que este nicho de mercado valoriza bastante o aproveitar do tempo de viagem, a segurança e o descanso, comparativamente ao automóvel. A frequência do serviço é de 8 aviões por dia por sentido, sendo que o intervalo mínimo registado entre partidas consecutivas é de 45 min e o máximo, num dia, é de 225 min. Os aviões usados para fazer a ligação são os Airbus 319 com 132 lugares e os Airbus 320 com 150 lugares. Devido à sua técnica de *pricing*, esta variável possui um grande intervalo de variação podendo variar entre 30€ e 200€ para uma viagem.

As principais conclusões da descrição da procura são:

- 36% das pessoas entrevistadas fez a ligação de Lisboa-Madrid, 36% a de Porto-Madrid e 28% a de Lisboa-Porto.
- A distribuição por motivos mostra a dificuldade em encontrar viagens de lazer de avião. Assim, na amostragem, 70% das pessoas viaja por motivos profissionais/ negócios e apenas 18% de férias.
- A frequência no modo aéreo é inferior à registada no resto dos modos de transporte público: 56% dos entrevistados realiza a sua viagem de forma ocasional e apenas 32% o fazem de 1 a 3 vezes por mês.
- No modo aéreo, a empresa paga a viagem a 65% das pessoas.
- Quanto aos tempos de acesso, 31% demora 30 minutos ou mais a aceder ao aeroporto e 38% a chegar do mesmo ao seu destino. De destacar a percentagem de pessoas que demora mais de 60 minutos a chegar ao seu destino final (19%), superior ao registado nos outros modos de transporte público.
- 68% das pessoas dispõe de automóvel próprio para realizar essa viagem.
- Os modos de acesso e dispersão mais utilizados foram a viatura particular (cerca de 47%) e o táxi (cerca de 43%).
- A principal razão argumentada para escolher o avião como modo na situação atual foi o tempo de viagem (64%) seguido do preço (21%).
- Quanto às características socioeconómicas, o perfil da amostragem é o seguinte: 69% dos entrevistados é do sexo masculino, o grupo de idade com maior presença na amostragem é o de pessoas com idade compreendida entre os 35 e os 64 anos (58%), O poder de compra das pessoas é maior que o observado nos restantes modos de

transporte público: apenas 26% das pessoas têm um rendimento inferior aos 27.000 euros, enquanto que 42% têm um rendimento superior aos 45.000 euros. Quanto às atividades profissionais, 44% trabalha por conta de outrem e 27% pertence aos quadros superiores.

- No conjunto de preferências declaradas, observou-se que as razões argumentadas para escolher sempre o comboio de alta velocidade em todas as situações apresentadas foram a comodidade (40%), a segurança (27%) e o preço (20%), quanto à escolha do avião, destacou-se o tempo de viagem (84%).

4.1.4- Transporte Individual

O transporte individual apresenta características bastante distintas do transporte coletivo e muitas das variáveis usadas para resolver o problema não se aplicam. No entanto, é de extrema importância para a definição do cenário inicial contar com este modo de transporte por duas razões. Primeiro é um modo de transporte com um grande volume de tráfego pelo que poderá aumentar significativamente a procura da AVF. Em segundo lugar, mesmo não tendo um operador a gerir todos os parâmetros de negócio pode-se assumir que a BRISA poderá ser impelida a mudar a sua estratégia caso haja uma alteração significativa na sua quota de mercado. Para ver se esta possibilidade existe não se descartou este modo mas como foi referido anteriormente será um jogador “estático” em que os seus parâmetros serão sempre fixos e apenas se fará uma análise de sensibilidade.

Assim sendo, para o transporte individual as variáveis do *headway* e tempo de acesso deixam de existir pelo que a sua utilidade depende apenas do custo e do tempo total da viagem. Isto prende-se com o facto de o carro estar sempre disponível e a uma distância muito pequena do seu utilizador. O percurso tem cerca de 303 km, podendo ser efetuado através da A1 concessionada pela BRISA. A velocidade máxima de circulação é 120km/h pelo que os tempos de viagem rondam as 2 horas e 30 minutos a 3 horas. A componente custo é de difícil estimação pois depende do preço do combustível, do tipo e idade do carro, do tipo de condução, da velocidade de circulação, etc., e além de todas as variáveis dependentes do carro existe ainda as portagens cobradas pela BRISA. Foram então assumindo valores médios para os custos, tempo e ocupação média do veículo. Considerou-se então uma média de 2 pessoas por veículo (valor suportado pelo relatório – (RAVE (2006))), um tempo total de viagem de 180 minutos para ter em conta as menores velocidades praticadas nos centros urbanos e por último o custo do veículo foi de 52€, fazendo uma média de 26€ por pessoa. O valor do preço de viagem representa as portagens (20€) para um veículo ligeira da classe 1 que faça o troço da A1 compreendido entre Alverca e Grijó, mais o consumo de combustível (32€) representando um consumo médio de 6,5l aos 100 km e com o preço da gasolina 95 sem chumbo a 1,6€/l.

As principais conclusões da descrição da procura são:

- A ligação com maior presença na amostragem foi Lisboa-Porto.
- 49% dos entrevistados viaja por razões relacionadas com o trabalho, a distribuição mostra que 37% das viagens são de lazer e férias.
- A presença de viagens habituais é mais comum que nos restantes modos do inquérito, sendo que 25% dos entrevistados realiza essa mesma viagem de 1 a 4 vezes por semana e 41% de 1 a 3 vezes por mês.
- A presença das pessoas a quem a empresa paga a viagem ascende aos 30%.
- 22% dos entrevistados viaja com uma viatura da propriedade da empresa.
- Quanto às razões argumentadas para ter escolhido a viatura nesta ocasião, as principais foram a rapidez (42%), a comodidade (27%) e a adequação de horário (11%).
- Quanto às pautas de caracterização socioeconómica, destacam-se os seguintes aspetos: 58% das pessoas têm entre 35 e 64 anos, 75% das entrevistas consideradas válidas foram respondidas por homens, 48% têm um rendimento inferior aos 27.000 euros e apenas 22% da amostragem ultrapassa os 36.000 euros, 47% dos entrevistados trabalha por conta de outrem, enquanto que 16% é profissional liberal.

4.1.5- Alta Velocidade Ferroviária

A AVF ainda não está em funcionamento não sendo assim possível caracterizar a oferta através de observação. Como tal, serão usados valores de referência definidos nos relatórios disponibilizados pela RAVE e na revisão de literatura existente. O Governo Português exigiu como principais requisitos o tempo de percurso na ligação direta ser de 1 hora e 15 minutos e o eixo ser exclusivo de passageiros, onde serão consideradas 4 estações intermédias: Oeste, Leiria, Coimbra e Aveiro (RAVE (2006)). O facto de existirem estas estações intermédias não obriga à paragem de todos os comboios nas mesmas e tal gestão será feita por quem estiver encarregue da exploração. A AVF não se resume a tempos de viagem atrativos, devendo ser vista como um serviço integrado em prol do conforto de quem precisa de se deslocar. Os serviços de AVF pretendem elevar os níveis de fiabilidade e pontualidade (já que operam numa linha exclusiva), aumentar a possibilidade de rentabilização do tempo a bordo (disponibilizando um bom ambiente de trabalho) e garantir padrões de segurança irrepreensíveis. A médio-longo prazo as frequências previstas para os períodos de maior afluência são de 3 a 4 serviços por hora e por sentido. O recurso às tecnologias de informação e comunicação de vanguarda permitirá elevada comodidade aos clientes no planeamento da sua viagem e reserva de bilhetes, incluindo a possibilidade de existirem bilhetes integrados com outros modos de transporte. O bom ambiente de trabalho existente neste modo de transporte surge graças aos elevados padrões de qualidade e às funcionalidades dos serviços a bordo. Nomeadamente a possibilidade do uso de computadores portáteis e de equipamentos de escritório, o acesso à internet, a alimentação e lojas a bordo.

Embora não seja possível fixar preços dos diferentes serviços, pois estes estão fortemente ligados à estratégia comercial dos futuros operadores, espera-se que venha a surgir uma gama diferenciada de ofertas, como por exemplo descontos sobre tarifas base para passageiros frequentes, para viagens de ida e volta, para terceira idade, crianças, estudantes, etc. Em termos físicos o eixo terá cerca de 297 quilómetros, que para ser praticável o tempo de viagem previsto o comboio tem de circular a uma velocidade comercial de pelo menos 240km/h. Foi adoptado como velocidade máxima de projeto 300km/h. Para a exploração deste corredor considerou-se haver 3 tipologias de serviço distintas:

Serviço A: Utiliza a linha de AV até Coimbra e que servirá todas as estações entre Lisboa e Coimbra. A norte de Coimbra, estes serviços passarão a utilizar a linha convencional servindo de seguida as estações de Aveiro, Espinho, Gaia e Porto, sendo a ligação entre linha AVF e convencional garantida através de *bogies* intercambiadores. Este serviço terá um tempo total de viagem de 121 minutos. A frequência deste serviço será de 0,5 comboios por hora.

Serviço B: Utiliza a linha de AV em toda a sua extensão parando apenas em Leiria e Coimbra perfazendo um tempo total de viagem de cerca de 93 minutos.

Serviço C: Serviço direto entre Lisboa-Porto com um tempo de viagem de 75 minutos.

Os serviços que usam exclusivamente a nova linha terão uma frequência de 2 comboios de uma unidade por hora com um reforço nos períodos de ponta em que se considerou o reforço com uma unidade adicional ou manter o numero de circulações mas usando comboios de 2 unidades.

Quadro 12 - Serviços propostos para a AVF

Paragem	Distância [km]		Paragens / Tempo de viagem [minutos]		
	AVF & Linha Norte	AVF	Opção A - AVFL & Linha Norte	Opção B - AVF c/paragens	Opção C - AVF directo
Porto Campanhã	0	0	0	0	0
Villa Nova de Gaia	5		5		
Espinho	19		15		
Aveiro	63		36		
Coimbra-B	115	110	65	34	
Leiria	182	177	85	57	
Oeste	236	231	101		
Lisboa Oriente	302	297	121	93	75

Em relação aos valores dos parâmetros chave definiu-se que o custo da viagem varia em função da distância quilométrica entre os 0,09 e os 0,15 €/km para as relações de curta e média distância e os 0,10 e 0,18 €/km para as de grande distância. Para os tempos de viagem assumiu-se os seguintes valores:

Quadro 13 - Tempo de viagem entre cada estação.

Trajecto	Por Leiria, margem direita do Tejo	
	Distância (km)	Tempo de viagem
Lisboa – Ota	44	0:14
Ota – Leiria	81	0:22
Leiria – Coimbra	60	0:24
Coimbra – Aveiro	60	0:17
Aveiro – Porto	52	0:15
*Lisboa - Porto (directo)	297	1:15

(*) Para os serviços com paragem, o tempo de viagem aumenta até 1:30

A frequência deste modo depende do tipo de serviço, mas para considerar um valor médio de cálculo assumiu-se que para os comboios directos há um intervalo mínimo de um comboio a cada 30 minutos e um máximo de 90 minutos. Nos comboios com paragens, o intervalo máximo ascende aos 120 minutos mantendo-se o intervalo mínimo. Será ainda assumido um tempo de embarque de 10 minutos a adicionar ao tempo total de viagem. Este tempo extra pode ser justificado com o caso espanhol em que para aceder à plataforma de embarque são precisos passar alguns pontos de controlo. Em relação aos tempos de acesso, como já foi referido anteriormente, foram fornecidos valores em comparação com a AVF. Assim, comparando com o comboio convencional e o transporte rodoviário, este pode variar entre -25 minutos e +35 minutos. Em comparação com o avião, varia entre -35 minutos e +10 minutos.

4.2- Inserção da Alta Velocidade no mercado

4.2.1- Definição do cenário base

Como foi referido no capítulo 3, sobre a metodologia, para responder às questões levantadas nesta tese é necessário considerar um cenário em que o novo concorrente já esteja inserido no mercado. A inserção da AVF resume-se a duas etapas:

1. Primeiro, recolhem-se os valores de todas as variáveis escolhidas; e
2. Segundo, são estimadas as quotas de mercado onde através das funções de utilidade obtidas no relatório da *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)) e o respetivo lucro através das funções de custo definidas (ver capítulo 4.2.2.2).

O cenário obtido desta forma foi então considerado o cenário base. Para realizar então a primeira etapa da definição do cenário começa-se por resumir todos os valores obtidos em entrevistas, *sites* e relatórios sobre a ligação Lisboa-Porto. Sendo o resultado a Quadro abaixo:

Quadro 14 - Valores obtidos para cada variável

	Preço do Bilhete	Tempo de viagem	Tempo de Acesso ¹⁾	Headway ¹⁾	Tempo de Embarque ¹⁾
AVF	49€ ¹⁾	75 minutos ¹⁾	-25 a 35 min (Comboio e Autocarro)	Min: 30 min de intervalo	10 minutos
			-35 a 10 min (Avião)	Max: 90 min de intervalo	
Comboio - CP	AP: 30/42 € (2ª/1ª Classe) ²⁾	AP: 155 minutos ²⁾	-35 a 25 min (AV)	Min: 60 min de intervalo	-
	IC: 24/35,5€ (2ª/1ª Classe) ²⁾	IC: 180 minutos ²⁾		Max: 120 min de intervalo	
Min: 120 min de intervalo					
Max: 240 min de intervalo					
Aéreo - TAP	30 a 265 € ³⁾	55 minutos ³⁾	-10 a 35 min (AV)	Min: 45 min de intervalo	40 a 60 minutos
				Max: 225 min de intervalo	
Autocarro - RNE	18,10 € ⁴⁾	210 minutos ⁴⁾	-35 a 25 min (AV)	Min: 30 min de intervalo	-
				Max: 90 min de intervalo	
Autocarro - RENEX	19,00 € ⁵⁾	210 minutos ⁵⁾		Min: 60 min de intervalo	-
				Max: 165 min de intervalo	

Notas: ¹⁾ Valores obtidos através de RAVE(2006)

²⁾ Valores obtidos através do site: <http://www.cp.pt>

³⁾ Valores obtidos através do site: <http://www.flytap.com>

⁴⁾ Valores obtidos através do site: <http://www.rede-expressos.pt/>

⁵⁾ Valores obtidos através do site: <http://www.renex.pt/>

No entanto, e tal como foi referido anteriormente, é necessário definir valores fixos para duas das variáveis (tempo de acesso e tempo de viagem) e intervalos de valores para o *headway* e preço do bilhete. Como explicado na secção 3.3.2 (p.34), assumiu-se que o tempo de viagem já terá sido otimizado pelos operadores para quase todos os modos. Contudo, existem diversas ofertas, por exemplo os serviços com multi-paragem, para os quais este pressuposto não se aplica. Sendo assim e como se pretende estudar a competição apenas no corredor assumiu-se que o tempo de viagem seria o menor possível para o modo de transporte. Por exemplo, no caso do comboio convencional, considerou-se que o tempo de viagem seria o oferecido pelo serviço do AP em vez do IC, e no caso do autocarro considerou-se o tempo de viagem de um serviço direto. No caso do avião e AVF, tem de se adicionar o tempo de embarque ao tempo da viagem. Tal como foi referido anteriormente, foi definido um tempo extra de 60 minutos para o avião e 10 minutos extra para a AVF. O tempo de acesso foi definido como 0 para o autocarro e comboio convencional pois a partida da AVF será feita na Gare do Oriente, onde são também realizadas as partidas dos comboios convencionais e onde ainda se situa o terminal da Renex. No entanto, este valor poderia ser superior, por exemplo mais 10 min, porque a bacia de captação da AVF é superior o que faria com que a média de distâncias fosse maior e enviesando assim o tempo de acesso. Em relação ao aeroporto considerou-se que o tempo de

acesso é superior ao do acesso à gare do Oriente em 10 minutos, ou seja, o tempo de acesso para AVF em comparação com o avião é de -10 minutos.

Em relação às variáveis definidas por intervalos, o preço do bilhete e o *headway*, referem-se duas notas importantes:

1. Assumiu-se um comportamento único para os autocarros apesar destes terem duas companhias a operar no corredor. Sendo assim, para definir valores para o *headway* assumiu-se a disponibilidade de material circulante das duas companhias.
2. Foram definidos valores mínimos e máximos para as variáveis, no sentido de garantirem a convergência do modelo. Foram então definidos, com o auxílio dos entrevistados, valores mínimos para o preço e *headway*.

Os intervalos de variação permitidos têm que ser verosímeis na medida em que não queremos incorrer numa situação em que os preços praticados sejam inferiores aos custos, o que seria considerado ilegal por ser uma estratégia de *dumping*. O intervalo entre serviços consecutivos também não pode ser tão baixo que ultrapasse a capacidade da infraestrutura, deixando assim de retratar a situação real. Em relação aos valores máximos apenas foi necessário defini-los para o *headway*. Após alguns testes do modelo observa-se este valor tem alguma importância na convergência do modelo e caso o seu intervalo de variação seja muito grande pode não haver convergência. Por isso, sempre que nos resultados o modo esteja a praticar o máximo *headway* com o mínimo preço assumir-se-á que se trata de uma ligação não rentável e que provavelmente o modo em causa não terá nenhuma vantagem em mantê-la. O caso do preço do bilhete não precisar de limite máximo advém da presença do carro no modelo. Caso o carro não existisse e tivéssemos por exemplo o máximo do preço sem limite, por exemplo 1000€, incorreríamos numa situação irreal já que os ocupantes não podem sair do sistema, e assim sendo todos os modos aumentariam o preço numa estratégia de cartel. Com o carro incluído no modelo e sem possibilidade de alterar os seus parâmetros, estamos perante uma situação em que a AVF (ou outros modos) não pode aumentar indiscriminadamente os seus preços pois correria o risco de perder uma parte importante da sua quota de mercado potencial que é transferida principalmente do transporte individual -TI (cerca de 75% da quota prevista para o AVF vem do TI). Como a AVF está restringida nos seus preços os restantes modos também o estão pois se aumentassem o seu preço perderiam toda a quota de mercado. Com a inserção do carro deixa então de existir a possibilidade de haver uma estratégia de cartel entre os transportes públicos.

Tendo em conta os princípios a cima enumerados começou-se por obter os valores das atuais características de mercado. Sendo que a procura foi considerada uniforme ao longo do dia, estes valores representam médias diárias, nomeadamente no caso do *headway*. Para o cálculo deste valor considerou-se o número de viagens feitas por dia e dividiu-se pelas horas de operação do modo, assumindo aquela distribuição uniforme (embora reconheçamos que se trata de uma simplificação da realidade). Como simplificação assumiu-se que todos os modos

operam 18 horas por dia, compreendidas entre as 6 da manhã e a meia-noite. Para o caso do autocarro como tem 2 operadores, com um total de 37 viagens por sentido, o *headway* é aproximadamente de 40 minutos. Os valores base considerados para os bilhetes foram os observados nos *sites*, sendo que no caso do avião e AVF assumiram-se os valores definidos no relatório da *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)). Com estas premissas elaborou-se o quadro com os seguintes valores:

Quadro 15 - Valores definidos para o cenário base

	Preço do Bilhete	Tempo de Viagem	Headway	Tempo de Acesso
AVF	49	85	60	0
Aéreo	100	115	120	-10
Comboio	30	155	60	0
Autocarro	18	210	30	0
Carro	26	180	0	0

Pelas razões enunciadas anteriormente, apresentam-se também as Quadros com os máximos e mínimos definidos e validados pelas entrevistas nas Quadros 14.

Quadro 16 - Valores mínimos e máximos das variáveis

	Preço do Bilhete		Tempo de Viagem	Headway		Tempo de Acesso
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	
AVF	20	10000	85	20	240	0
Aéreo	20	10000	115	20	240	-10
Comboio	20	10000	155	20	240	0
Autocarro	20	10000	210	20	240	0
Carro	26		180	0		0

4.2.2- Reajustamento das quotas de mercado

Antes de proceder à mostragem dos resultados obtidos serão feitas algumas notas sobre os pressupostos usados para a elaboração dos mesmos. Nesta subsecção, são discutidos todos os valores usados. Além das Quadros apresentadas em cima e previamente justificadas existem outros dois dados que podem condicionar os resultados do modelo: as quotas de mercado iniciais e as funções de Lucro de cada modo.

4.2.2.1 - Quotas de mercado iniciais

As quotas de mercado apresentam-se como um dado importante para este problema, pois elas limitam o *stock* inicial da procura e subsequentemente a oferta dos operadores. A Quadro seguinte apresenta os dados de tráfego interurbano recolhidos nas fontes disponíveis:

Quadro 17 - Quotas modais do mercado

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	200.000	11,1%
Comboio	900.000	50,0%
Autocarro	700.000	38,9%
Total	1.800.000	100%

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	200.000	2,8%
Comboio	900.000	12,5%
Autocarro	700.000	9,7%
Carro	5.400.000	75%
Total	7.200.000	100%

Admitindo que os valores de tráfego não se alteraram, existem atualmente quase 2 milhões de passageiros a usar o transporte público na ligação direta Lisboa-Porto, nos dois sentidos. Pode-se observar que o transporte aéreo apresenta a menor quota de mercado, seguido do autocarro com quase 40% do total do transporte público, sendo o comboio convencional o modo dominante (50%). Caso seja considerado também o transporte individual, o total de viajantes cresce para cerca de mais de 7 milhões de pessoas por ano a fazer a extensão total da ligação, e onde o transporte público apenas representa 25% do total do mercado. Dado este parâmetro ser bastante condicionante será necessário fazer uma análise à influência do mesmo nos resultados do modelo, ou seja uma análise de sensibilidade.

4.2.2.2 - Funções de Lucro

As funções de lucro representam uma parte fundamental do problema dado que serão elas que condicionarão a maximização dos *payoffs*. Como o objetivo do exercício passa por estudar apenas a ligação desprezaram-se muitas das complexidades associadas a um negócio que tem operadores desta dimensão. Desta forma pretendeu-se apenas saber quais as fontes de receitas e despesas diretamente associadas à ligação entre Lisboa e Porto. Os entrevistados corroboraram com a ideia de que quase 100% das receitas advêm da venda dos bilhetes e por isso multiplicou-se a quota de mercado, pelo número total de passageiros e pelos preços praticados, como se pode observar na equação em baixo.

$$L_k = RM_k \times P \times Pr_k - CT_k \quad \text{Eq. 1}$$

onde, RM_k corresponde à repartição do modo k (%),

P corresponde à procura total de passageiros na ligação Lisboa Porto (passageiros),

Pr_k corresponde ao preço da viagem no modo k (€), e

CT_k corresponde aos custos totais do modo k , estimados pela respetiva função custo (€).

Relativamente aos custos, foi necessário estimar o custo unitário de produção de uma viagem entre Lisboa e Porto. Para isso recorreremos à literatura existente que formulasse funções de custo para cada modo e que fossem adequadas/aplicáveis ao nosso problema. Recorreremos à formulação proposta por Swan, W., Adler, N.(2006) para o custo de produção de

uma viagem de avião. Similarmente, utilizou-se a formulação de de Rus G., Nash C.(2007) para o custo de produção de um comboio convencional. Naturalmente, ambas as formulações produziram resultados adequados à realidade Portuguesa. No caso do autocarro, não foi encontrada nenhuma função do género. Contudo, André, J.(2006) propôs uma estruturação de custos associados a uma viagem de ida e volta entre Lisboa e Porto. A partir desta estrutura de custos, propomos uma função de custo para o autocarro. Usando estas diferentes formulações obtiveram-se os dados necessários para a construção do modelo. No entanto, e antes de pormenorizar todas as funções, há duas variáveis das quais todas as funções dependem: capacidade de transporte diária da frota (associada ao número máximo de viagens por dia que um veículo pode fazer e necessariamente à lotação dos mesmos) e a distância.

Todas as funções de custo obtidas têm pelo menos uma parcela que depende da distância e apesar de se tratar do mesmo arco, nem todos os modos apresentam o mesmo valor. O autocarro e o carro utilizam a mesma infraestrutura, considerando-se 303 km (obtidos a partir do *Google maps* – <https://maps.google.pt/> – para o percurso entre as estações do Oriente e Campanhã). O transporte aéreo possui uma distância ligeiramente inferior porque não se encontra condicionado pela infraestrutura linear e a sua distância é de 274 km. Em relação ao comboio convencional foi tomado o valor da linha do Norte que são 336 km, enquanto que a AVF terá uma linha nova e exclusiva, apresentando valores na ordem dos 297 km.

Quadro 18 - Valores das distâncias entre Lisboa e Porto para os vários modos

	AVF	Avião	Comboio	Autocarro	Carro
Distância (km)	297	274	336	303	303

O segundo ponto comum a todas as funções é a capacidade de transporte diária da frota que cada modo consegue garantir. Esta capacidade depende e pode ser condicionada por duas variáveis: *headways* e lotação dos veículos. Para saber então qual a limitação do número de veículos que a frota precisa, foi estimado o número de deslocações máximo diário (Dm_k) que um veículo ou composição conseguem assegurar devido ao tempo de viagem num sentido (TV_k) e o tempo de batimento (T_{bat}), segundo a expressão seguinte:

$$Dm_k = \frac{TT_{O,k}}{(TV_k + T_{bat})} \quad \text{Eq. 2}$$

onde, Dm_k corresponde ao máximo nº de viagens que um veículo pode fazer por dia (viagens/dia) do modo k ,

$TT_{O,k}$ corresponde ao tempo total de operação diária do modo k ,

TV_k corresponde ao tempo de viagem num sentido (minutos), e

T_{bat} corresponde a uma margem de tempo adicional necessária para a preparação para a viagem seguinte (inclui atividades como reabastecimento de combustível, limpeza, manobras, descanso do condutor/maquinista/piloto, e recuperação de tempos de atraso eventuais).

A Quadro em baixo apresenta o número máximo de deslocações diárias por veículo/composição para cada modo de transporte público.

Quadro 19 – Horário, tempo de viagem e frequência diária para cada modo

Modo	Realidade		Modelo			
	Horário	Nº Horas	Horas de Funcionamento $TT_{O,k}$	Tempo de Viagem (min) TV_k	Tempo Extra (min) T_{bat}	Deslocações máximas por dia por um veículo/composição Dm_k
Autocarro	6:15-00:15	18h	18h	210	60	4
Aéreo	7:30-23:40	16 h e 10 min	18h	105	60	6
Comboio	6:10-21:40	15 h e 30 min	18h	155	60	5
AVF	-	-	18h	85	60	7

Nota: Os valores foram arredondados à unidade inferior.

Como se pode observar na Quadro quase todos os modos possuem um horário de funcionamento muito semelhante e para simplificação dos cálculos foi então assumido que operam durante 18 horas por dia. O valor de 60 minutos assumido para o tempo de batimento (T_{bat}) pode ser inferior, e a incerteza associada será abordada no próximo capítulo na análise de sensibilidade (podemos adiantar que este valor não é condicionante na presente análise).

Observa-se que quanto mais rápido o modo mais se consegue rentabilizar o material circulante diminuindo o peso desta parcela nos custos de operação desse modo, visto que reduz o tempo de rotação de cada veículo/composição. Sabendo agora o número máximo diário de deslocações de cada modo, é necessário saber quantas pessoas cada veículo/composição pode transportar o longo de um dia (passageiros/dia), ou seja o número máximo de viagens produzidas/oferecidas por sentido, num dia, por cada modo k (Vg_k). A expressão usada foi:

$$Vg_k = Dm_k \times 0.8Lt_k \quad \text{Eq. 3}$$

onde Lt_k corresponde à lotação do veículo/composição do modo k .

Realça-se que para estimar quando seria necessário adquirir novos veículos/composições, assumiu-se uma taxa máxima de ocupação de 80%. Em relação às capacidades a Quadro a baixo mostra com que critérios são comprados novos materiais circulantes.

Quadro 20 - Limites de capacidade e de tempo para a compra de novo material circulante

Modo	Limites Capacidade			Limites de tempo
	Capacidade real Lt_k	0.8 * Capacidade	Max passageiros/dia Vg_k	Tempo Total de uma Viagem (min) $(TV_k + T_{bat})$
Autocarro	46	37	147	270
Aéreo	150	120	720	175
Comboio	300	240	1200	215
AVF	350	280	1960	145

Existem dois critérios para a compra de mais material circulante:

1. Procura diária excede o valor de Vg_k ; e
2. O intervalo entre passagens (*headway*) é inferior ao tempo total de viagem. Por exemplo e usando o cenário base da alta velocidade, neste momento o intervalo entre passagens consecutivas é de 60 minutos. Considerando que os comboios partem de Lisboa e do Porto ao mesmo tempo e têm velocidades comerciais idênticas nos dois sentidos, o tempo mínimo para ter um comboio disponível para a próxima viagem será de 145 minutos. Assim sendo e usando o *headway* de 60 min serão precisos pelo menos 3 comboios ($\sim 145/60=2.42$ comboios). Ou seja, para exercer o tempo entre serviços consecutivos de 60 minutos serão necessários no mínimo 6 comboios de alta velocidade (3 no Porto e 3 em Lisboa). Assim sendo vemos que para as condições atuais de mercado quantos veículos por dia são necessários.

Quadro 21 - Número de passageiros transportados por dia

Modo	Passageiros por ano	Passageiros por dia	Pass. por dia por direção
Autocarro	700.000	1918	959
Aéreo	200.000	548	274
Comboio	900.000	2466	1233

Quadro 22 - Frota necessária para cumprir os serviços de transporte

Modo	Max. Capacidade por dia	Veículos precisos pela capacidade	Headway	Veículos precisos pelo headway	Veículos Necessários
Autocarro	147	6,51	30	9,00	9
Aéreo	720	0,38	120	1,46	2
Comboio	1200	1,03	60	3,58	4

Como se pode observar na Quadro, atualmente todos os modos têm o tamanho da sua frota limitado pelos *headways* praticados. Isto implica então que todos estão a praticar taxas de ocupação bastante inferiores aos 80% (ver Quadro seguinte).

Quadro 23 - Taxas de ocupação de cada modo

	Passageiros por ano	Pass. por ano por sentido	Capacidade	Nº de viagens por dia	Tx. Ocupação
Aéreo	200.000	274	150	9	20%
Comboio	900.000	1233	300	18	23%
Autocarro	700.000	959	46	36	58%

Conclui-se que a frota atual é de 9 autocarros para cada cidade, operando com uma taxa de ocupação de cerca de 60 %. A frota do transporte aéreo é de 2 aviões por cidade com uma taxa média de ocupação de 20 %. Por último, a frota de comboios é de 4 composições em cada cidade e circulam com uma taxa média de ocupação de 23%. No entanto, há que referir que as taxas no caso do comboio e autocarro poderiam ser muito superiores caso fossem consideradas as pessoas que deixam o sistema nas estações intermédias da Linha do Norte. Isto quer dizer que na sua totalidade do trajeto é natural que os veículos/composições operem com taxas de ocupação bastante superiores, principalmente no caso do comboio.

Para finalizar os pressupostos usados na formulação das funções de lucro, serão apresentadas as funções de custo usadas para cada modo e serão também justificados os valores usados para cada parâmetro.

4.2.2.3 - Função de Custo da AVF

A função base usada no modelo para a AVF baseou-se na formulação proposta por de Rus G., Nash C.(2007), apresentada de seguida.

$$c_{AVF} = RS \left(\sum_k \frac{f_{kr} S_{kr}}{2(450)} \right) + \sum_k (\alpha_k^{oc} + \alpha_k^{ac}) (2f_{kr} GCD_{ij}) \quad \text{Eq. 4}$$

onde, RS corresponde ao custo fixo de comprar um comboio amortizado de 450 lugares,

α_k^{oc} corresponde ao custo operacional do comboio por quilómetro,

α_k^{ac} corresponde ao custo de acesso à infraestrutura,

f_{kr} corresponde à frequência, e

GCD_{ij} corresponde à distância (*Great Circle Distance*)

Após algumas simplificações conseguiu-se resumir a mesma para a seguinte expressão:

$$c_{AVF} = mc_{AVF} + (co_{AVF} + ca_{AVF}) \times d \quad \text{Eq. 5}$$

onde, c_{AVF} corresponde ao custo de produção de cada viagem em AVF (€/viagem),

mc_{AVF} corresponde ao custo de cada composição de AVF por viagem (€/viagem),

co_{AVF} corresponde ao custo operacional unitário em AVF (€/km),

ca_{AVF} corresponde ao custo de acesso à infraestrutura (€/km), e

d corresponde à distância do percursos a percorrer (km).

Para conseguir obter o valor representante do material circulante em apenas uma viagem (mc_{AVF}), recorreremos à equação seguinte. Partindo da simplificação que um comboio será amortizado a 40 anos, dividimos o custo do mesmo por 40 anos vezes os 365 dias por ano, obtendo desta forma o seu custo diário para o operador. Este valor foi considerado constante na nossa análise, apesar de ser tanto menor quanto mais viagens o comboio fizer por dia.

$$mc_{AVF} = \frac{MC_{AVF} \times \left\lceil \frac{f_{AVF}}{\max(Dm_{AVF})} \right\rceil}{f_{AVF}} \quad \text{Eq. 6}$$

onde, MC_{AVF} corresponde à estimativa do custo total de um comboio de AVF durante um dia,

f_{AVF} corresponde à frequência diária da AVF (composições/dia),

Dm_{AVF} corresponde às deslocações máximas de cada composição por dia (deslocações/dia).

Esta expressão permite saber quantos comboios são necessários por dia, bem como o número médio de viagens que cada um faz, pois como vimos anteriormente este problema da quantidade de material circulante depende de um de dois fatores: a capacidade ou o *headway*. Usando a fórmula de teto – ‘ $\lceil x \rceil$ ’ (que arredonda uma variável x para o número inteiro superior), estimam-se quantos comboios são necessários por sentido, a partir da frequência e do número máximo de viagens por dia necessários. Dividindo este rácio pela frequência, novamente, dá-nos o número médio de viagens de cada comboio. A frequência é o número de viagens por dia e, como se referiu anteriormente, está diretamente ligada às necessidades da capacidade e do *headway*.

$$f_{AVF} = \max \left(\frac{TT_{O,AVF}}{T_{i,AVF}}; \frac{Pax}{Lt_{AVF} \times 0,8} \right) \quad \text{Eq. 8}$$

onde, $TT_{O,AVF}$ corresponde às horas de operação consideradas neste estudo (min),

$T_{i,AVF}$ corresponde ao intervalo entre passagens inicial (*headway*) em AVF (min/composição),

P_{ax} corresponde à procura de passageiros num sentido por dia e por modo (passageiros), e

Lt_{AVF} corresponde à lotação de uma composição em AVF (passageiros/composição).

Desta forma obtemos então o custo médio por viagem que será multiplicado por 365 dias num ano e por 2, pois apenas é considerado um sentido para o cálculo do material circulante necessário. Obtém-se então:

$$C_{AVF} = c_{AVF} \times f_{AVF} \times 2 \times 365 \quad \text{Eq. 9}$$

De seguida ficam os valores tomados para cada um dos parâmetros usados nesta função:

Quadro 24 - Valores dos parâmetros da função de custo de AVF

Capacidade	318 lugares
Custo do material circulante	20.500.000 €
Durabilidade	40
Custo amortizado a 40 anos	1404 €/dia
Custo de Operação	12,57 €/km
Custo de Acesso à Infraestrutura	10 €/km
Distância	297 km

Os valores obtidos foram baseados no *Talgo-Bombardier Tipo S-102* que consegue atingir as velocidades necessárias para cumprir os requisitos estipulados no projeto (RAVE (2006)) O custo de acesso foi baseado numa análise de outros serviços já em operação (AVEP AEIE (2007)). No entanto, como estes valores poderão apresentar algum desvio da realidade, serão feitas análises de sensibilidade a alguns dos mesmos, nomeadamente, custo do material circulante, custos operacionais e de acesso.

4.2.2.4 - Função de custo do comboio convencional

A função usada para o comboio convencional é idêntica à da AVF e por isso apenas serão apresentados os parâmetros escolhidos para representar cada variável.

Quadro 25 - Valores dos parâmetros da função de custo do comboio convencional

Capacidade	300 lugares
Custo do material circulante	10.500.000 €
Durabilidade	40 Anos
Custo amortizado a 40 anos	720 €/dia
Custo de Operação	9,4 €/km
Custo de Acesso à Infraestrutura	1,35 €/km
Distância	336 km

Ao contrário da AVF onde se conseguiu obter todos os valores tendo em base um tipo de veículo para este modo tal já não foi possível. Através da consulta do *site* da CP conseguiu-se obter os custos operacionais do AP que em 2005-2006 variavam entre 9.15 e 9.65 euros por quilómetro, e por isso optou-se pelo uso do valor médio (9.4 €/km). Em relação ao preço do material circulante, recorreu-se às informações disponibilizadas por André, J. (2006) . Usou-se o preço de referência de 35.000€ por lugar, resultando num valor aproximado de 10 Milhões de euros por comboio (=300*35000), confirmados junto dos especialistas entrevistados, embora este valor possa estar minorado.

4.2.2.5 - Função de custo do autocarro

No caso do autocarro não foi possível encontrar funções que representassem o custo de uma viagem. No entanto, André, J. (2006) apresenta informações sobre os custos associados a uma viagem de ida e volta entre Lisboa e Porto para o ano 2000, em autocarro. Com base nesses dados, formulou-se a expressão seguinte, de forma semelhante ao modo ferroviário.

$$c_{BUS} = mc_{BUS} + (co_{BUS} + Port) * d \quad \text{Eq. 10}$$

onde, c_{BUS} corresponde ao custo unitário de produção de uma viagem em autocarro (BUS) – (€/viagem),

mc_{BUS} corresponde ao custo do material circulante numa viagem (€/viagem),

co_{BUS} corresponde ao custo operacional unitário uma viagem em autocarro (€/km),

$Port$ corresponde ao custo unitário das portagens em autoestrada (€/km), e

d corresponde à distância percorrida (km).

A principal diferença neste caso é que o custo do material circulante já está calculado para uma viagem não sendo por isso necessário recorrer ao mesmo processo explicado a cima onde o preço do material circulante diminui na função tendo em conta o aumento do número de viagens. Para além desta diferença foi substituído o custo de acesso à infraestrutura pelas portagens ($Port$). Os custos operacionais contabilizados foram os explicitados no livro e são:

$$co_{BUS} = fc_{BUS} + m_{BUS} + rh_{BUS} \quad \text{Eq. 11}$$

onde, fc_{BUS} corresponde ao custo unitário de consumo de combustível (€/km),

m_{BUS} corresponde ao custo unitário de manutenção do autocarro (€/km), e

rh_{BUS} corresponde ao custo unitário dos recursos humanos (i.e., condutor) (€/km).

Obtendo desta forma uma expressão para o custo semelhante aos modos anteriores:

$$C_{BUS} = c_{BUS} \times f_{BUS} \times 2 \times 365 \quad \text{Eq. 12}$$

onde f_{BUS} corresponde à frequência diária dos autocarros.

A Quadro seguinte apresenta os valores obtidos em André, J. (2006):

Quadro 26 - Valores dos parâmetros da função de custo do autocarro

Capacidade	46 lugares
Custo do material circulante por viagem	62,5 €/viagem
Custo de Operação	0,35 €/km
Portagens	0,12 €/km
Distância	303 km

4.2.2.6 - Função de custo para o transporte aéreo

A função de custo do transporte aéreo foi baseada na formulação proposta por Swan, W., Adler, N.(2006). A expressão calibrada tem como variáveis independentes a distância da viagem (d , expresso em km) e a lotação do avião ($L_{AVIÃO}$, expresso em lugares/voo).

$$c_{AVIÃO} = 0,019 \times (d + 722) \times (L_{AVIÃO} + 104) \times 2,2 \quad \text{Eq. 13}$$

onde $c_{AVIÃO}$ corresponde ao custo unitário de produzir um voo (€/viagem);

'0,019', '722' e '104' correspondem a parâmetros de calibração; e

'2,2' é um fator de conversão de dólares para euros (e respetivas taxas de conversão), sugerido Swan, W., Adler, N.(2006), visto que a expressão foi calibrada para o sistema americano (nota : como este parâmetro não se encontra devidamente justificado será também alvo de uma posterior análise de sensibilidade)..

Assim sendo e transformando esta função de custo de uma viagem para uma função de custo do modo, usou-se a seguinte formulação e os respetivos valores da Quadro:

$$C_{AVIÃO} = c_{AVIÃO} \times f_{AVIÃO} \times 2 \times 365 \quad \text{Eq. 14}$$

onde $f_{AVIÃO}$ corresponde à frequência diária de voos.

Quadro 27 - Valores dos parâmetros da função de custo do avião

Capacidade	150 lugares
Distância	279 km

4.2.2.7 - Quotas modais estimadas no ano base, com AVF

Os resultados obtidos com o modelo são os resultados financeiros da empresa, baseados no preço e no *headway* definidos, e o total de passageiros que seriam transportados durante um ano por cada modo. Os resultados apresentados na Quadro seguinte resultam da aplicação da função que estima o lucro dos operadores (ver subsecção 4.2.2.2) e respetivas funções de custo dos vários modos (ver subsecção 4.2.2.3 a 4.2.2.5).

Quadro 28 – Receitas e despesas do cenário base

AVF	Lucro (L_k)	Quota de Mercado (P)	Preço do Bilhete (Pr_k)	Headway
	- 26.156.000	1.223.600	49	60
Aéreo	Lucro (L_k)	Quota de Mercado (P)	Preço do Bilhete (Pr_k)	Headway
	- 73.341.000	7.980	100	120
Comboio	Lucro (L_k)	Quota de Mercado (P)	Preço do Bilhete (Pr_k)	Headway
	- 31.984.000	657.690	30	60
Autocarro	Lucro (L_k)	Quota de Mercado (P)	Preço do Bilhete (Pr_k)	Headway
	5.338.700	683.710	18	30

Para uma mais fácil observação da variação das quotas de mercado serão também fornecidos os valores da percentagem só para o transporte público e com o carro incluído.

Quadro 29 - Novas quotas modais do cenário base (após entrada da AVF)

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	7.980	0,4%
Comboio	657.690	36,5%
Autocarro	683.710	38,0%
AVF	450.620	25,0%
Total	1.800.000	100%

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	7.980	0,1%
Comboio	657.690	9,1%
Autocarro	683.710	9,5%
Carro	4.635.000	64,4%
AVF	1.223.600	17,0%
Total	7.200.000	100%

Como se pode observar, caso o cenário definido pela *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006)) fosse executado, o transporte de AVF iria capturar quase todos os passageiros do transporte aéreo e cerca de um terço do comboio convencional. O autocarro quase não sofre alterações na sua procura. A AVF poderia esperar então capturar cerca de 25% do mercado, sendo que quem passaria a ter maior quota de mercado no transporte público passaria a ser o autocarro. O facto de o autocarro não sofrer alterações significativas está de acordo com o esperado já que os seus clientes valorizam muito mais o dinheiro que o tempo de viagem. Pelo contrário, o avião perde todo o seu mercado, pois pratica piores tempos de acesso e de viagem total, para além de ser mais caro. Considerando o mercado global, pode-se observar que em termos absolutos o transporte por AVF é o que apresenta a maior quota de mercado com cerca de 17%, conseguindo capturar 800.000 pessoas ao transporte individual, seguido do carro. Em termos de lucro, apenas o autocarro apresentou um saldo positivo com um lucro anual de cerca de 5 milhões de euros. Por sua vez, e apesar de manter grande parte da sua quota de mercado, o transporte ferroviário convencional apresenta resultados bastante negativos, o que vem confirmar o que foi dito nas entrevistas, em que o preço dos bilhetes não consegue cobrir todos os custos. Tendo perdido o seu mercado, o avião fica com taxas de ocupação muito baixas apresentando prejuízos na ordem dos 70 milhões de euros por ano. Por último, a AVF não consegue obter resultados líquidos positivos, apesar de ter capturado bastante mercado ao

transporte individual. Chamamos a atenção para o facto de estes resultados estarem naturalmente condicionados pelos pressupostos assumidos anteriormente. Para terminar, este capítulo serão apresentadas as novas necessidades de veículos para os diversos modos.

Quadro 30 - Passageiros transportados por dia por modo para o cenário base

Modo	Passageiros por ano	Passageiros por dia	Pass. por dia por direção
Autocarro	683.710	1873	937
Aéreo	7.980	22	11
Comboio	657.690	1802	901
AVF	1.233.600	3380	1690

Quadro 31 - Veículos necessários para o cenário base

Modo	Max. Capacidade por dia	Veículos precisos pela capacidade	Headway	Veículos precisos pelo headway	Veículos Necessários
Autocarro	147	6,36	30	9,00	9
Aéreo	720	0,02	120	1,46	2
Comboio	1200	0,75	60	3,58	4
AVF	1960	0,86	60	2,42	3

Como não foram alterados os valores dos *headways*, as necessidades de veículos mantiveram-se constantes para o avião, o autocarro e o comboio convencional. Tal como os outros modos, a AVF irá necessitar de 3 composições partindo de cada origem (Lisboa e Porto) para garantir os *headways* definidos, sendo que pela lotação do modo, bastaria apenas uma composição.

Quadro 32 - Taxas de ocupação para o cenário base

	Passageiros por ano	Pass. por ano por sentido	Capacidade	Nº de viagens por dia	Tx. Ocupação
Aéreo	7.980	11	150	9	1%
Comboio	657.690	901	300	18	17%
Autocarro	683.710	937	46	36	57%
AVF	1.233.600	1676	318	18	29%

As taxas de ocupação de todos os modos são bastante baixas excetuando o caso do autocarro e daí que este seja o único a apresentar lucros nesta primeira iteração.

5 - Resultados e discussão

5.1 - Definição dos jogos: competição e cooperação entre operadores

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação da teoria de jogos através da qual se pretende demonstrar a adequação da metodologia para simular o comportamento estratégico dos operadores de transporte público interurbano, perante a entrada de um novo concorrente. Para uma comparação mais eficaz serão apresentados em Quadro os valores iniciais, baseados no relatório da *Steer Davies Gleave* (RAVE(2006)), e o resultado final do ciclo de otimização. O ciclo precisou apenas de quatro iterações para estabilizar. Volto a lembrar que se considera estabilizado o ciclo quando a diferença nas funções de lucro é inferior a 10.000€. Como estamos a falar em lucros, ou prejuízos, na ordem dos milhões de euros anuais este valor representa sempre uma variação inferior a 1%. As restantes iterações do ciclo poderão ser consultadas em anexo 2

Quadro 33 - Resultados do cenário de otimização e comparação com o cenário base

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro		Carro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	- 26.156,0	-253%	- 73.341,0	-51%	- 31.984,0	-92%	5.338,7	47%	-	-
	CF	39.977,0		- 35.863,0		- 2.528,4		7.857,5		-	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	1.223,6	186%	8,0	439%	657,7	-42%	683,7	-30%	4.627,0	-39%
	CF	3.496,0		43,0		383,7		477,2		2.800,1	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-24%	100	-76%	30	-33%	18	22%	26	0%
	CF	37		24		20		22		26	
Headway (min)	CB	60	-5%	120	100%	60	300%	30	103%	-	-
	CF	57		240		240		61		-	

Nota: CB – Cenário Base; CF – Cenário Final; (v.a.) – Valor absoluto.

Na Quadro são demonstrados os lucros, quotas de mercado, e valores das variáveis preço do bilhete e *headway*, para a situação do cenário base (CB) e para o final do ciclo (CF). Os resultados mostram que com esta nova distribuição todos os modos de transporte público conseguiram aumentar os seus lucros ou pelo menos minimizar as suas perdas (sinais de variação percentual negativos correspondem a redução das perdas, ao passo que os positivos aos aumentos dos ganhos). O transporte individual é o único modo que apresenta perdas, também por ser o único que não participa de forma activa no jogo. Primeiro será feita uma análise às alterações em cada modo e depois serão retiradas algumas ilações sobre os resultados obtidos.

A AVF conseguiu ser o modo que maiores lucros apresentou com quase 40 milhões de euros e uma quota de mercado muito próxima dos 50% dos passageiros totais. Para conseguir estes resultados só precisou de baixar o preço para os 37 euros e manter o *headway*. O Avião

apresenta prejuízos na ordem dos 35 milhões de euros, e uma quota de mercado bastante baixa com apenas 40 mil passageiros por ano. A sua estratégia passou por diminuir o preço do bilhete e aumentar o *headway* para o máximo possível. A estratégia do comboio convencional é bastante semelhante e apresenta prejuízos na ordem dos 2,5 milhões de euros e um tráfego total de cerca de 400 mil passageiros. O autocarro adotou uma estratégia interessante ao aumentar o preço ligeiramente assim como o *headway*. Assim, apesar da quebra na quota de mercado, conseguiu aumentar os seus lucros para quase 8 milhões de euros.

As principais conclusões que se podem retirar desta otimização são que a AVF com uma diminuição do preço para valores próximos dos praticados hoje em dia pelo comboio convencional consegue assimilar uma grande percentagem do mesmo e ainda um grande volume de passageiros do transporte individual. Por sua vez, o avião com a entrada em funcionamento da AVF, perde qualquer hipótese de competição e como tal resta-lhe apenas tentar minimizar as suas perdas diminuindo os voos para o mínimo possível e pôr o preço mais baixo possível. Estes resultados estão de acordo com a literatura publicada que se refere ao transporte aéreo como rentável apenas para distâncias superiores a 800 km e imbatível a partir dos 1500 km. Na entrevista realizada aos representantes da TAP também foi referido que seria de interesse comum à AVF e à TAP uma parceria dado que a única razão pela qual estes voos existem é para os passageiros de conexão e por isso a TAP teria todo o interesse em deixar de operar no mesmo. Em relação ao transporte ferroviário convencional eles tentam manter a operabilidade baixando o seu preço e aumentando o seu *headway*, desta forma conseguem manter alguma da sua quota mas não apresenta resultados líquidos positivos. Possivelmente uma das soluções possíveis seria a CP abandonar os serviços AP e servir de *feeder* a este novo operador, i.e. AVF. O autocarro é o modo menos afetado pela alta velocidade e tal pode-se dever ao facto do seu segmento de mercado ser um pouco distinto.

Estes resultados apresentam duas falhas passíveis de alguma interpretação. Primeiro, com os preços praticados pelo comboio e avião, provavelmente a quota de mercado do transporte individual seria ainda menor, pois estes são inferiores ao custo definido para o carro e o tempo de viagem é menor. No entanto, perante a restrição do modelo de escolha discreta binomial imposto pela abordagem metodológica das entrevistas de preferências declaradas da Steer Davis Gleave (RAVE(2006)), é impossível estimar a passagem de passageiros entre modos, i.e. a possibilidade de calibrar um modelo de escolha discreta multinomial. Em segundo lugar, como quase todos os modos diminuem ou mantêm o seu *headway* provavelmente poderia ocorrer a situação de que os passageiros fossem obrigados a recorrer ao transporte individual em certas horas do dia. Esta limitação deve-se uma vez mais ao modelo binomial usado. De seguida serão apresentadas as variações de percentagem no transporte público e no total e será feita uma análise ao mesmo.

Quadro 34 - Variação das quotas modais entre o cenário base e o cenário otimizado (com e sem TI)

Modo	Quota modal (%)		Variação (%)
	CB	CF	
Avião	0.4%	2.4%	439%
Comboio	36.5%	21.3%	-42%
Autocarro	38%	26.5%	-30%
AVF	25%	49.8%	99%

Modo	Quota modal (%)		Variação (%)
	CB	CF	
Avião	0,1%	0,6%	439%
Comboio	9,1%	5,3%	-42%
Autocarro	9,5%	6,6%	-30%
Carro	64,4%	38,9%	-40%
AVF	17,0%	48,6%	186%

Em relação ao cenário base, e olhando primeiro só para o mercado do transporte público, pode-se dizer que a AVF consegue dobrar a sua quota de mercado passando a ser o operador dominante. Este valor poderia ser superior pois provavelmente o avião não conseguiria operar com este preço de bilhete e a situação mais real seria sair do mercado. O comboio convencional também perde alguma quota e restaria saber se seria possível operar com os preços definidos, pois segundo a política atual da CP o preço do bilhete só cobra os custos variáveis, e até que ponto seria possível diminuir em quase 50% o preço atual. Em relação aos valores globais, a AVF passa a ser o maior transportador nesta ligação, tendo em conta apenas o serviço direto, conseguindo capturar mais 25% da quota do mercado ao transporte individual após a otimização face ao CB. No entanto, relembra-se que o transporte individual apresenta um comportamento estático, i.e. não tem reações 'estratégicas' face às iniciativas dos operadores de transporte público. Este seria um exercício com uma complexidade de análise que está fora do âmbito da presente análise, pois o comportamento do utente do TI não se rege pelos mesmos princípios de racionalidade económica e restrições regulamentares que o operador de transporte público. Contudo, poderíamos especular que o gestor da infraestrutura poderia participar ser um agente nestes jogos com uma alteração da sua própria estratégia, nomeadamente no que se refere aos preços de portagem definidos e perante uma ameaça potencial de perda de procura significativa. Por exemplo, a Brisa poderia oferecer uma redução nas portagens para minimizar o potencial impacto de perda de receitas por perda de procura. Também foi tomada em conta uma abordagem bastante conservadora para o transporte individual, sendo que o seu percurso está fixo em 3 horas para respeitar os máximos definidos pela autoestrada. Como o limite de velocidade nem sempre é respeitado será elaborado no próximo subcapítulo um cenário com diminuição do preço da viagem e o tempo de viagem será reduzido para 2 horas e 30 minutos tendo em conta que a velocidade média em autoestrada possa chegar aos 140km/h.

Agora será feita uma análise comparativa ao número de veículos necessários na frota de cada modo tendo em conta os *headways* e o número de passageiros estimados no cenário final (CF) otimizado.

Quadro 35 - Passageiros transportados por dia e por modo para o cenário otimizado

Modo	Passageiros por ano	Passageiros por dia	Pass. por dia por direção
Autocarro	477.150	1307	654
Aéreo	43.040	118	59
Comboio	383.660	1051	526
AVF	3.496.000	9578	4789

Nota: Admitindo que a procura global entre Lisboa e Porto se manteria, os passageiros transportados em TI seriam cerca de 2.8 milhões, ou seja, praticamente 40% de um total de 7,2 milhões de passageiros anuais.

Quadro 36 - Veículos necessários para o cenário otimizado

Modo	Max. Capacidade por dia	Veículos precisos pela capacidade	Headway	Veículos precisos pelo headway	Veículos Necessários
Autocarro	147	4,44	61	4,43	5
Aéreo	720	0,08	240	0,73	1
Comboio	1200	0,44	240	0,90	1
AVF	1960	2,44	57	2,54	3

Através da observação dos valores pode-se constatar que a razão pela qual todos conseguiram melhorar os resultados financeiros deve-se ao facto de as necessidades de frota por capacidade e por *headway* aproximaram-se. O único que manteve as necessidades da frota foi a AVF. Nos outros casos, com o aumento do *headway*, e no caso do autocarro com a respetiva perda de passageiros, as necessidades diminuíram. Passaram então a ser necessários apenas um comboio em cada cidade ao invés de quatro, um avião em cada cidade em vez de dois, e de cinco autocarros em vez de nove. Este excesso de frota não foi tomado em consideração nos custos pois assumiu-se que os mesmos podem ser realocados noutras ligações. Por último, pretende-se averiguar quais as variações ocorridas nas taxas de ocupação de todos os modos.

Quadro 37 - Taxas de ocupação para o cenário otimizado

	Passageiros por ano	Pass. por ano por sentido	Capacidade	Nº de viagens por dia	Tx. Ocupação
Aéreo	43.040	59	150	4	10%
Comboio	383.660	526	300	4	44%
Autocarro	477.150	654	46	18	79%
AVF	3.496.000	4789	318	19	79%

Quadro 38 - Variação das taxas de ocupação entre o cenário base e o cenário otimizado

Modo	Taxa de ocupação (%)		Variação (%)
	CB	CF	
Avião	1%	10%	900%
Comboio	17%	44%	159%
Autocarro	57%	79%	39%
AVF	29%	79%	172%

Através da observação das taxas de ocupação, podem retirar-se duas conclusões importantes. A primeira é que se confirma que todos os modos apresentam melhores resultados financeiros que no cenário base fruto do aumento das taxas de ocupação dos veículos. Em segundo lugar, a formulação da função objetivo de maximização do lucro e respetivas restrições, resultaram nos valores esperados, i.e. melhoria dos resultados financeiros quer fossem aumento de lucros ou redução de prejuízos. Tal fica claro nos exemplos do autocarro e da AVF em que estes aumentaram o preço até ao limite, pois caso diminuíssem incorreriam num aumento de procura e logo numa maior taxa de ocupação. Como eles encontram-se no limiar definido como a necessidade de compra de mais veículos (taxa de ocupação a 80%), eles não o fizeram preferindo manter a frota para não incorrer em mais gastos com material circulante e assim reduzir os lucros finais.

5.2 - Validação do Modelo

Como foi referido ao longo do trabalho houve várias situações em que a ausência de dados fez com que tivessem de ser assumidos alguns valores/princípios. Este subcapítulo serve para analisar de que forma esses pressupostos podem ter influenciado os resultados do modelo. Para averiguar esta situação fizeram-se dois testes:

- Teste de robustez do modelo, isto é, pretende-se averiguar se a forma como foi programado o modelo pode afetar o resultado final; e
- Análise de sensibilidade a alguns parâmetros das funções de custo.

5.2.1 - Análise da Robustez

A primeira análise feita ao modelo tentou perceber se a ordem da maximização dos *payoffs* pelos operadores influenciava significativamente o modelo. Então fizeram-se 1000 testes onde a ordem de maximização seria aleatória. Os resultados para a estimativa de passageiros transportados em cada modo após otimização (CF), foram os seguintes:

Quadro 39 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para aleatoriedade do início de processo de maximização

	Estimativa fixa (Quadro 23)	Estimativa probabilística		
		Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Avião	43,040	43,266	422	0.98%
Comboio	383,660	386,780	5,861	1.52%
Autocarro	477,150	477,334	1,694	0.35%
AVF	3,496,000	3,474,523	39,819	1.15%
Carro	2,790,138	2,818,097	32,423	1.15%

Como se pode observar os resultados não são muito distintos das estimativas fixas apresentadas anteriormente. Tal reflete-se nos baixos valores dos coeficientes de variação. Podemos então concluir que a ordem de maximização não afeta de forma significativa os resultados obtidos.

O segundo teste realizado consistia em perceber até que ponto as variáveis do cenário base poderiam influenciar o resultado final. Neste caso fizeram-se variar os parâmetros do preço do bilhete e do *headway* de forma aleatória em todos os modos, dentro dos limites definidos segundo uma distribuição uniforme. Após 1000 testes os resultados são:

Quadro 40 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para os valores das variáveis Preço e *headways* no cenário base

	Estimativa fixa (Quadro 33)	Estimativa probabilística		
		Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Avião	43,040	42,967	12,825	29.85%
Comboio	383,660	429,260	37,242	8.68%
Autocarro	477,150	486,030	31,273	6.43%
AVF	3,496,000	3,735,251	235,780	6.31%
Carro	2,790,138	2,506,491	241,230	9.62%

Como se pode observar os resultados do transporte aéreo não são tão satisfatórios pois apresentam um coeficiente de variação mais elevado. Através da observação dos 1000 testes feitos constata-se que quando o preço inicial do avião é muito alto ele não consegue maximizar o seu *payoff*. Dos 1000 testes realizados, em 33 casos a quota modal do avião foi fixada em 0%, bloqueando o exercício nessa solução. Para o Autocarro também surgiu o mesmo problema mas em apenas 4 dos 1000 testes. Após a eliminação destes 37 casos da nossa análise para evitar a respetiva distorção dos resultados, os coeficientes de variação melhoraram substancialmente.

Quadro 41 - Valores do desvio-padrão e coeficiente de variação obtidos para os valores das variáveis Preço e headways no cenário base, após exclusão dos casos problemáticos

	Estimativa fixa (Quadro 33)	Estimativa probabilística		
		Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Avião	43,040	43,788	2,099	4.79%
Comboio convencional	383,660	427,276	22,310	5.22%
Autocarro	477,150	487,969	5,325	1.09%
AVF	3,496,000	3,747,933	136,849	3.65%
Carro	2,790,138	2,493,034	156,846	6.29%

Para completar a complexidade desta análise, testou-se então de que forma o modelo se comporta quando tanto a ordem de maximização e os valores iniciais do modelo são aleatórios. Após 1000 testes os resultados são:

Quadro 42 - Valores do desvio-padrão e coeficientes de variação obtidos para aleatoriedade dos dois cenários estudados anteriormente

	Estimativa fixa (Quadro 33)	Estimativa probabilística		
		Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Avião	43,040	43,149	13,469	31.22%
Comboio	383,660	429,199	39,364	9.17%
Autocarro	477,150	485,628	35,112	7.23%
AVF	3,496,000	3,729,451	254,138	6.81%
Carro	2,790,138	2,512,573	258,612	10.29%

Uma vez mais, em 1000 testes o modelo não funcionou apropriadamente em 36 casos (31 do avião e 5 do autocarro). No entanto, após a limpeza dos dados os valores obtidos são bastante satisfatórios e demonstram que os resultados obtidos não variam significativamente com os valores do cenário base nem com a ordem de maximização.

Quadro 43 - Resultados finais após exclusão dos casos problemáticos

	Estimativa fixa (Quadro 33)	Estimativa probabilística		
		Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Avião	43,040	43,724	501	1.15%
Comboio	383,660	426,574	20,940	4.91%
Autocarro	477,150	488,019	6,896	1.41%
AVF	3,496,000	3,744,530	136,450	3.64%
Carro	2,790,138	2,497,153	158,771	6.36%

O quarto teste baseou-se na variação dos parâmetros iniciais da alternativa Transporte Individual (TI). Pretendeu-se avaliar se perante valores diferentes desta alternativa à AVF, esta alteraria a sua estratégia, nomeadamente perante condições de maior competitividade do TI.

Para isso recorreu-se à diminuição do preço de viagem do TI em 4€ passando para 22€ por pessoa, e reduziu-se o tempo para 2 horas e 30 minutos, assumindo que a velocidade média praticada em autoestrada é de 140km/h. O quadro em baixo mostra os valores do cenário base e os resultados do cenário de otimização.

Quadro 44 - Resultados obtidos para diminuição do preço e do tempo de viagem do carro

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro		Carro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	- 51.106,0	-	- 73.300,0	-51%	- 34.079,0	-88%	4.334,0	54%	-	-
	CF	21.967,0	143%	- 35.766,0		- 3.933,9		6.653,4		-	-
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	714,5		8,0	478%	657,7	-52%	683,7	-34%	5.136,2	-25%
	CF	2.535,6	255%	46,1		313,4		452,3		3.852,6	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-31%	100	-75%	30	-33%	18	11%	22	0%
	CF	34		25		20		20		22	
Headway (min)	CB	60	32%	120	100%	60	300%	30	113%	-	-
	CF	79		240		240		64		-	-

Nota: CB – Cenário Base; CF – Cenário Final; (v.a.) – Valor absoluto.

Quadro 45 - Quotas modais obtidas para a diminuição do preço e tempo de viagem do carro

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	46.149	2,6%
Comboio	313.380	17,4%
Autocarro	452.280	25,1%
AVF	988.191	54,9%
Total	1.800.000	100%

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	46.149	0,6%
Comboio	313.380	4,4%
Autocarro	452.280	6,3%
Carro	3.852.591	53,5%
AVF	2.535.600	35,2%
Total	7.200.000	100%

Os valores definidos para o transporte individual não condicionaram as estratégias dos operadores. A principal diferença passa pelo aumento do *headway* da AVF para 80 minutos e uma ligeira diminuição no preço do bilhete. Este aumento do *headway* pode ser justificado pelo menor número de passageiros transportados, não existindo necessidade de intervalos entre serviços consecutivos tão reduzidos. No anexo 3, estão dispostas as sete iterações necessárias bem como o estudo só para a diminuição do preço e só para a diminuição do preço de viagem.

O quinto teste elaborado teve como objetivo averiguar se o número máximo de viagens que cada veículo pode fazer teria uma influência relevante nos resultados do modelo. Para

isso, o tempo extra, que contempla o reabastecimento, limpeza, troca de pessoal, foi minimizado para 30 min. Fez-se então variar para cada um dos modos individualmente e depois para todos. Os resultados são apresentados na Quadro seguinte.

Quadro 46 - Quota modal com o aumento do número máximo de viagens por dia para cada modo

Nº Máximo de viagens por dia	Nova Quota Modal				
	AVF	Aéreo	Comboio	Autocarro	Carro
7,6,5,4	3.497.337	43.025	383.434	476.957	2.799.246
9,6,5,4	3.531.301	42.682	378.667	473.482	2.773.868
7,7,5,4,	3.497.337	43.025	383.434	476.957	2.799.246
9,7,5,4	3.531.301	42.682	378.667	473.482	2.773.868

Com a redução do tempo extra para 30 minutos, apenas a AVF e o avião conseguiram aumentar a sua frequência diária máxima. Assim sendo, a AVF conseguiria no máximo efetuar 9 serviços diários, enquanto um avião passa a conseguir fazer 7. Através da observação da Quadro conseguimos compreender que existe apenas uma diferença residual entre o cenário “otimizado” e os novos. No caso de o avião poder fazer mais uma viagem por dia não altera nada na sua quota de mercado (comparando com o cenário “otimizado”). Em relação à AVF, o facto de poder aumentar o número de viagens implica um acréscimo de 40.000 passageiros por ano, cerca de 1% da quota total do transporte, sendo por isso pouco significativo. Este resultado é explicado pelo facto que o custo do material circulante tem um peso muito baixo nas quotas de mercado, o que será demonstrado posteriormente.

O último dos testes realizados passou pelo aumento dos valores máximos e mínimos escolhidos, pois existem dois modos (avião e comboio convencional) que a sua estratégia estava limitada por estas Quadros. Assim sendo, foi elaborado um novo modelo onde o *headway* máximo foi de 1080 minutos, o que consiste em apenas uma viagem por dia. O preço do bilhete também foi diminuído para 10€ para verificar se a estratégia do comboio se alteraria.

Quadro 47 - Resultados obtidos através de um alargamento dos máximos e mínimos dos valores de preço e *headway*

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro		Carro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	- 26.156,0	-	- 73.341,0	-89%	- 31.984,0	-98%	5.338,7	48%	-	-
	CF	39.546,0	251%	- 8.200,0		- 625,7		7.892,9		-	-
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	1.223,6	181%	8,0	-68%	657,7	-30%	683,7	-30%	4.627,0	-39%
	CF	3.443,2		2,5		462,1		477,8		2.814,3	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-24%	100	-81%	30	-57%	18	22%	26	0%
	CF	37		19		13		22		26	
Headway (min)	CB	60	-3%	120	800%	60	533%	30	103%	-	-
	CF	58		1080		380		61		-	-

Quadro 48 – Quotas modais obtidas com o alargamento dos máximos e mínimos dos valores de preço e *headway*

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	2.528	0,1%
Comboio	462.140	25,7%
Autocarro	477.830	26,6%
AVF	857.502	47,6%
Total	1.800.000	100%

Modo	Passageiros por ano	%
Aéreo	2.528	0,0%
Comboio	462.140	6,4%
Autocarro	477.830	6,6%
Carro	2.814.302	39,1%
AVF	3.443.200	47,8%
Total	7.200.000	100%

O que se pode deduzir dos resultados é que as estratégias da AVF e autocarro mantêm-se. O avião por sua vez desiste desta ligação, aumentando o seu *headway* para 1080 minutos e o preço praticado é o suficiente para atingir a lotação desse único avião. Por sua vez o comboio convencional aumenta o seu *headway* e baixa bastante o preço de bilhete numa tentativa de manter a sua quota de mercado. Estas opções têm sucesso na medida em que ambos os modos conseguiram reduzir as suas perdas. Contudo, não foi o suficiente para obter lucros. Apesar dos resultados obtidos provou-se que os limites não estão a condicionar as estratégias de nenhum dos operadores pois estas foram as mesmas.

5.2.2 - Análise de Sensibilidade

Nesta análise de sensibilidade pretende-se saber quais são os atributos que contribuem de maior forma para a variação dos resultados finais (*output*), ou seja quotas de mercado, ou em última instância das funções de lucro. Foram então considerados os atributos das funções de custo, nomeadamente o preço do material circulante (mc_k), os custos variáveis por quilómetro (custos de operação mais custo de acesso) e ainda o fator de conversão usado na função de custo do avião. Outro dos parâmetros ao qual fizemos esta análise foi o número de pessoas transportadas e a respetiva quota inicial de cada modo. Este teste tem uma importância fundamental pois, como referido anteriormente, o modelo de escolha discreta binomial não permite a migração entre modos. Para identificar os parâmetros que mais contribuem para a variabilidade do *output* do modelo, calcularam-se os coeficientes de regressão linear (*Pearson*) e de correlação de ranking de classificação de Spearman não paramétrica (*Spearman's Rho*), que medem a sensibilidade do *output* para cada variável ou parâmetro. A necessidade de ter dois parâmetros que medem o grau de correlações passa pelo facto do coeficiente de *Pearson* apenas medir a correlação linear, enquanto o outro mede também correlação não-linear. Quanto maior for a correlação entre os *inputs* e os *outputs*, mais determinante é o *input* na determinação do valor do *output*.

Os resultados da análise de sensibilidade são apresentados na forma de Quadros com os respetivos coeficientes de correlação. Em relação aos coeficientes de *Spearman's Rho*,

estes vêm acompanhados do *p-value* e do *t-stats* que servem para testar a significância do valor obtido. Apenas seria necessário um deles mas na literatura vêm sempre dispostos os dois pelo que aqui se seguirá o mesmo princípio. Assim sendo, quanto maior foi o valor do *p-value*, ou seja mais perto de 1, menos significativo é o teste (i.e., a hipótese de que a correlação entre *inputs* e *outputs* é nula, é confirmada). O que quer dizer que caso fossem feitos mais mil ensaios, seria provável obter outro valor de correlação, não querendo obrigatoriamente dizer que esse valor fosse elevado. Ele apenas seria diferente. Os valores de significância geralmente usados para o *p-value* são de 0.05 ou 0.01. Nas Quadros a baixo podem-se observar então as correlações obtidas com a quota modal de cada um dos modos.

Quadro 49 - Correlação entre a quota modal da AVF e os diversos parâmetros

Parâmetro	Coeficiente de Correlação de Pearson's	Spearman's Rank		
		Correlação	T-stats	P-value
Custo do Material Circulante - AVF	-0,0260	-0,0294	-0,9301	0,3525
Custo do Material Circulante - Comboio	0,0045	0,0000	-0,0002	0,9998
Custo do Material Circulante - Autocarro	0,0077	0,0080	0,2526	0,8006
Custo de Operação e Acesso - AVF	-0,3889	-0,3637	-12,3340	0,0000
Custo de Operação e Acesso - Comboio	-0,0165	-0,0152	-0,4798	0,6315
Custo de Operação e Acesso - Autocarro	0,0446	0,0320	1,0109	0,3123
Coeficiente de Conversão - Aéreo	-0,0428	-0,0349	-1,1026	0,2705
Número total de Passageiros	0,8913	0,9000	65,2130	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Aéreo	0,0225	0,0161	0,5077	0,6118
Quota de Mercado Inicial - Comboio	0,1726	0,1616	5,1736	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Autocarro	0,1062	0,1017	3,2302	0,0013
Quota de Mercado Inicial - Carro	0,8705	0,8813	58,9206	0,0000

Quadro 50 - Correlação entre a quota modal do Avião e os diversos parâmetros

Parâmetro	Coeficiente de Correlação de Pearson's	Spearman's Rank		
		Correlação	T-stats	P-value
Custo do Material Circulante - AVF	0,0472	0,0456	1,4407	0,1500
Custo do Material Circulante - Comboio	0,0202	0,0204	0,6447	0,5193
Custo do Material Circulante - Autocarro	0,0018	0,0007	0,0206	0,9835
Custo de Operação e Acesso - AVF	0,2616	0,2409	7,8410	0,0000
Custo de Operação e Acesso - Comboio	0,0495	0,0524	1,6573	0,0978
Custo de Operação e Acesso - Autocarro	-0,0190	-0,0123	-0,3896	0,6969
Coeficiente de Conversão - Aéreo	0,0677	0,0625	1,9780	0,0482
Número total de Passageiros	-0,2661	-0,2457	-8,0059	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Aéreo	0,9027	0,9167	72,4659	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Comboio	-0,0580	-0,0506	-1,5996	0,1100
Quota de Mercado Inicial - Autocarro	-0,0525	-0,0472	-1,4922	0,1360
Quota de Mercado Inicial - Carro	-0,2897	-0,2701	-8,8614	0,0000

Quadro 51 - Correlação entre a quota modal do comboio e os diversos parâmetros

	Coeficiente de Correlação de Pearson's	Spearman's Rank		
		Correlação	T-stats	P-value
Custo do Material Circulante - AVF	-0,0241	-0,0255	-0,8052	0,4209
Custo do Material Circulante - Comboio	0,0042	0,0066	0,2080	0,8353
Custo do Material Circulante - Autocarro	-0,0017	-0,0011	-0,0334	0,9733
Custo de Operação e Acesso - AVF	0,4475	0,4269	14,9136	0,0000
Custo de Operação e Acesso - Comboio	0,0366	0,0334	1,0564	0,2911
Custo de Operação e Acesso - Autocarro	0,0277	0,0258	0,8141	0,4158
Coeficiente de Conversão - Aéreo	-0,0486	-0,0527	-1,6686	0,0955
Número total de Passageiros	0,1305	0,1267	4,0337	0,0001
Quota de Mercado Inicial - Aéreo	0,0078	0,0091	0,2860	0,7749
Quota de Mercado Inicial - Comboio	0,8873	0,8949	63,3533	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Autocarro	0,0327	0,0383	1,2094	0,2268
Quota de Mercado Inicial - Carro	-0,0166	-0,0150	-0,4745	0,6352

Quadro 52 - Correlação entre a quota modal do autocarro e os diversos parâmetros

Parâmetro	Coeficiente de Correlação de Pearson's	Spearman's Rank		
		Correlação	T-stats	P-value
Custo do Material Circulante - AVF	-0,0304	-0,0320	-1,0115	0,3120
Custo do Material Circulante - Comboio	0,0215	0,0209	0,6613	0,5086
Custo do Material Circulante - Autocarro	-0,0464	-0,0437	-1,3808	0,1677
Custo de Operação e Acesso - AVF	0,1306	0,1290	4,1103	0,0000
Custo de Operação e Acesso - Comboio	-0,0211	-0,0216	-0,6827	0,4949
Custo de Operação e Acesso - Autocarro	-0,0459	-0,0452	-1,4287	0,1534
Coeficiente de Conversão - Aéreo	0,0187	0,0179	0,5652	0,5720
Número total de Passageiros	0,1643	0,1598	5,1153	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Aéreo	-0,0049	-0,0060	-0,1891	0,8500
Quota de Mercado Inicial - Comboio	0,0504	0,0493	1,5600	0,1191
Quota de Mercado Inicial - Autocarro	0,9948	0,9951	316,7509	0,0000
Quota de Mercado Inicial - Carro	0,0329	0,0323	1,0211	0,3075

Devido à dificuldade inerente à interpretação de tantos valores, estes foram resumidos em gráficos “*Tornado*” onde o eixo horizontal demonstra a alteração no output face à mudança de um desvio padrão em qualquer dos *inputs*.

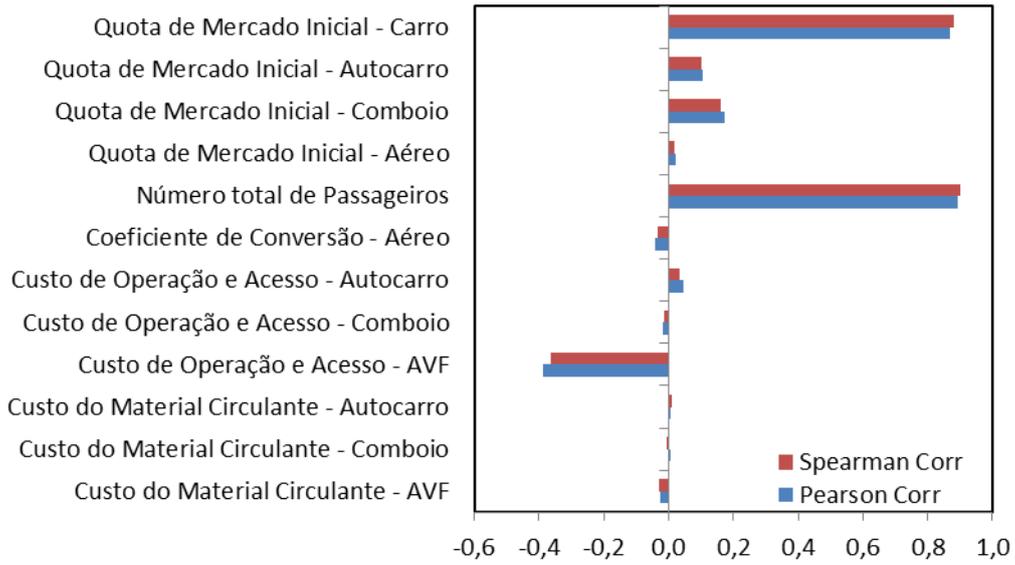


Figura 7 – Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para a AVF

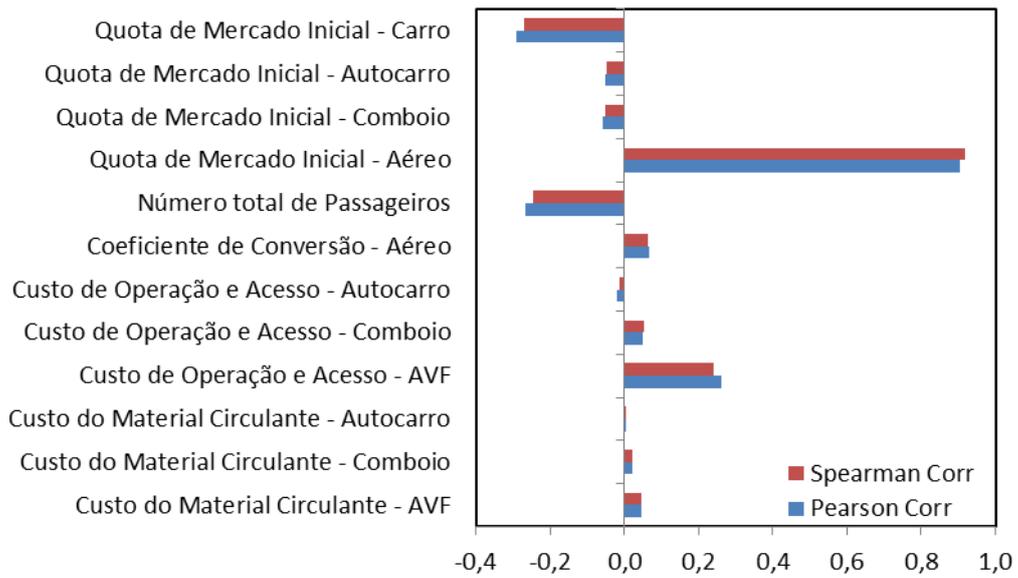


Figura 8 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o avião

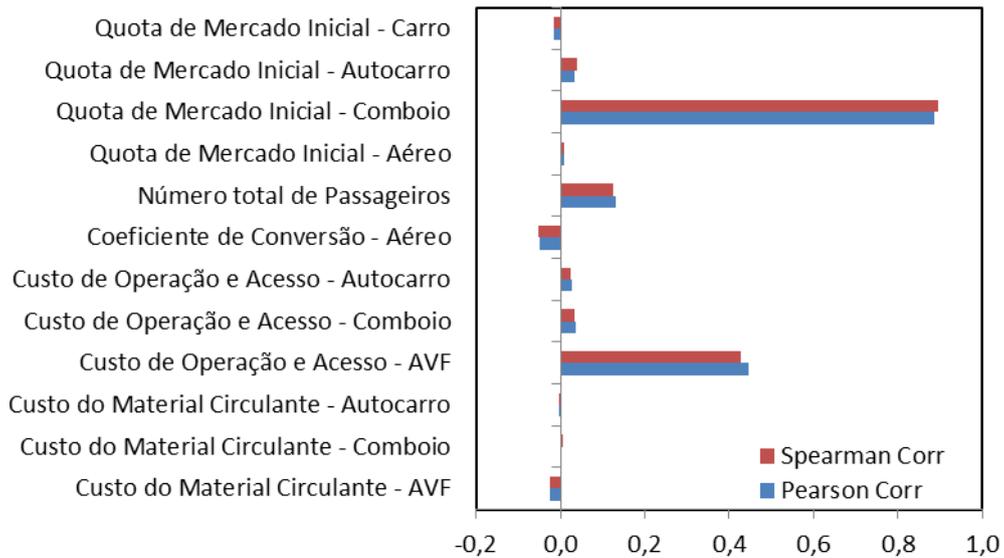


Figura 9 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o comboio

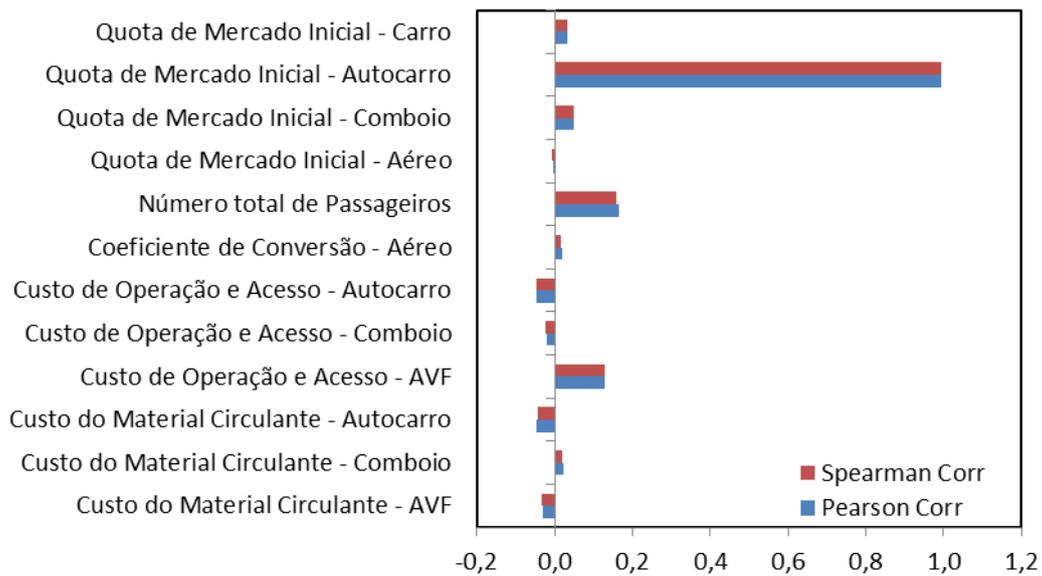


Figura 10 - Análise de sensibilidade aos pressupostos iniciais para o autocarro

Todos os gráficos apresentam uma correlação muito forte entre o número de pessoas que viajam inicialmente no seu modo e as respetivas quotas de mercado, o que está em acordo com o esperado pois não há saídas nem entradas de passageiros no sistema, nem transferências entre modos (excluindo para a AVF). Assim, quanto mais pessoas viajam inicialmente maior será a respetiva quota dos operadores. No caso da AVF, o número de passageiros que viaja de carro tem uma correlação também bastante forte com a sua quota de

mercado, o que se explica pelo facto de este ser o maior fornecedor de passageiros no sistema e também pelo facto da AVF ser o único modo que consegue capturá-los.

Com um coeficiente de correlação médio (-0.4) aparecem os custos operacionais. Estes são os custos que mais influenciam (negativamente) os resultados da AVF. No caso do avião, apresenta uma correlação negativa baixa (-0.2) em relação à quota de mercado inicial do carro e ao número total de passageiros no sistema. Esta correlação com o carro pode estar ligada com o facto de quanto maior o volume de tráfego do transporte individual maior será o interesse da AVF, fazendo baixar os preços para níveis em que consegue capturar a quota de mercado quase total do avião. Apresenta ainda uma correlação baixa positiva (0.2) com os custos variáveis por quilómetro da AVF, ou seja quanto maiores os custos maior a quota de mercado do avião. Os outros valores relacionados com os restantes modos apresentam-se como residuais, o que se deve ao facto de não poder haver transferência entre os vários modos, fazendo com que os parâmetros dos restantes modos apenas possam influenciar o avião através da AVF.

No caso do comboio convencional, este apresenta, tal como o avião, uma relação positiva mas de valor médio (0.5) com os custos variáveis da AVF. Relativamente ao autocarro, confirma-se o esperado, i.e. para além do fator referido em cima (da quota de mercado inicial do modo) nenhum outro parâmetro apresenta correlações significativas. Isto vem confirmar que o transporte coletivo rodoviário não entra numa real competição com a AVF e apenas mantém o seu nicho de mercado.

6 - Conclusões e recomendações

Neste capítulo, e para terminar, será feita uma abordagem ao trabalho realizado num todo para se perceber quais os contributos e principais conclusões. Serão também fornecidas indicações para estudos futuros e são apresentadas principais limitações do estudo.

6.1 - Principais conclusões

Este trabalho conseguiu alcançar o seu objetivo principal, visto que se demonstrou que a teoria de jogos é uma ferramenta que pode contribuir de forma quantitativa e conclusiva para a análise do comportamento estratégico dos operadores de transporte público de passageiros interurbano para diferentes cenários de procura. A abordagem metodológica proposta permite-nos otimizar o comportamento dos operadores e antecipar quais poderão ser as possíveis reações que se podem esperar, numa perspetiva de racionalidade económica. Ao contrário do que tem sido feito até agora, onde apenas se insere os parâmetros num cenário já existente e se estima a procura que deriva dessa simulação (nomeadamente através do modelo clássico dos 4 passos), a teoria de jogos consegue antecipar o comportamento dos jogadores. Ela consegue, com as suas limitações que iremos recapitular de seguida, prever vários cenários num mercado dinâmico o que não se tem feito até agora. Como tal, o objetivo inicial foi cumprido, tendo-se demonstrado que a teoria de jogos pode ajudar à criação de cenários dinâmicos de resposta dos operadores face ao mercado.

Em relação ao estudo realizado sobre a ligação Lisboa-Porto ficam aqui listadas as conclusões retiradas pelos resultados obtidos no modelo e com base nas funções de utilidade do relatório da *Steer Davies Gleave* (RAVE (2006))

- Se a AVF entrasse neste corredor, com os pressupostos definidos no relatório, será um concorrente muito forte, ameaçando mesmo a subsistência de alguns dos modos.
- Os resultados obtidos para o modo aéreo confirmam o que foi revelado nas entrevistas, onde a TAP apenas manteria esta ligação para os passageiros de conexão para outros destinos. Surgem portanto condições para ser feita uma parceria com a AVF. Confirma-se também que o transporte aéreo não é competitivo para distâncias tão curtas, confirmando os relatórios da União Europeia que afirmam ser um forte concorrente para distâncias superiores a 800km.
- A linha do Norte poderia ver o seu tráfego bastante reduzido. Sendo este uma das poucas ligações lucrativas para a CP, deveria ser elaborado um plano de contingência para esta eventualidade, caso não fosse permitido a esta empresa competir para a concessão da exploração da ligação em AVF entre Lisboa e Porto. Em alternativa, a CP poderia colaborar numa parceria com o futuro concessionário, servindo de *feeder* ao novo modo. Teria também como vantagem a libertação de capacidade numa ligação fortemente saturada, dando resposta

nomeadamente ao transporte de mercadorias assim como aumentar a oferta para ligações de curta e média distância, i.e. suburbanos e regionais.

- O autocarro é o modo menos ameaçado pela entrada deste novo concorrente. Os seus utilizadores valorizam bastante o custo do bilhete face à duração da viagem sendo por isso difícil à AVF conseguir obter uma grande quota de mercado capturada por este modo. Atualmente fica também constatado que os autocarros atacam um nicho de mercado que prefere viajar de noite, pois são o único modo a oferecer viagens até à meia-noite com uma frequência aceitável.

- A AVF seria, tirando os custos de infraestruturas e empresariais, bastante lucrativa nesta ligação. A sua quota de mercado rondaria os 50% e, para além de absorver uma grande fatia dos passageiros que usam o transporte público, seria um grande concorrente do transporte individual se praticasse os preços resultantes do exercício de otimização no cenário final.

- Como se constatou no cenário definido como base face ao cenário final otimizado, o transporte de AVF teria muito a ganhar caso apostasse numa política de baixos preços, pois dessa forma conseguiria capturar viagens ao modo mais concorrencial que é o transporte individual.

6.2 - Limitações do estudo

Este estudo apresenta diversas limitações, e como foi referido anteriormente pretende demonstrar a adequação de uma metodologia para simular e antever o comportamento estratégico de agentes num sistema de transportes onde existem condições de concorrência pela procura de passageiros. Para isso, recorreu-se a uma simplificação da realidade, para facilitar o exercício sem contudo reduzir a sua representatividade mínima. Ficam listadas alguns dos principais problemas encontrados:

- A principal limitação do estudo e que impediu uma abordagem mais complexa ao mesmo foi o facto de os dados serem baseados num modelo *logit* binomial, o que impediu um verdadeiro cenário de competição entre todos os modos, i.e. o comportamento estratégico dos operadores (refletido na alteração de preço de bilhete e *headway*) resultar em transferências entre todos os modos e não apenas entre o avião, comboio convencional, autocarro e TI, para a AVF.

- Por limitação de informação disponível (quer na literatura consultada quer na informação facultada pelos operadores durante as entrevistas), as funções de custo foram necessariamente simplificadas podendo conduzir a resultados enviesados. No entanto, este fator de enviesamento foi minimizado pelas análises de sensibilidade feitas ao modelo.

- Por se tratar de um estudo em que apenas é contemplada numa ligação ponto a ponto, não surgem muitas oportunidades de cooperação. Caso este estudo fosse inserido numa rede mais complexa, poderiam ser surgir cooperações com reafecção dos veículos, podendo verificar-

se a realocação de veículos dos vários modos para servir viagens em horas distintas, nomeadamente um serviço ser *feeder* do outro. Ainda poderiam ser incluídos diversos tipos de oferta com paragens intermédias, por exemplo.

- Outro dos problemas do modelo está ligado às variáveis. A variável *headway* é um valor médio de passagens entre serviços consecutivos. No entanto, a procura varia bastante ao longo do dia e como tal as necessidades nas horas de ponta poderiam ser bastante superiores aos valores usados. Isto constitui também um problema que os *headways* praticados pelos modos de transporte público nunca foram inferiores a 1 hora, o que numa situação real poderia levar ao abandono deste tipo de transporte.

- Por último o carro apresenta-se como o principal modo nas ligações entre Lisboa e Porto, e por isso a sua importância é vital para que a AVF seja rentável. Neste estudo assumiu-se que as pessoas poderiam substituir cada modo livremente o que não retrata bem a realidade pois muitas destas viagens partem de necessidades de trabalho, e por isso em muitos casos há quem não possa abdicar do carro.

6.3 - Recomendações para estudos futuros

Neste subcapítulo e de forma a conseguir resolver algumas das limitações aqui apontadas será feita uma pequena reflexão relativamente a estudos futuros. Para tornar este exercício de modelação mais robusto, seria necessário um modelo *logit* multinomial, hierárquico ou misto, pois apenas dessa forma poder-se-ia simular uma competição real entre todos os modos do sistema, com a possibilidade de transferência entre todos e não centralizado na AVF. As funções de custo também são de extrema importância, pois elas condicionam fortemente a função objetivo do exercício de otimização, influenciando significativamente a maximização dos *payoffs* de cada operador. Num estudo futuro talvez se deva procurar novamente as companhias e mostrar-lhes os benefícios deste modelo, e talvez aí se mostrem mais disponíveis para ceder algumas informações. Da forma como está construído, o modelo não se apresenta na sua máxima complexidade. Caso se pretenda uma caracterização mais perfeita da realidade seria necessário incluir esta ligação numa rede, podendo dessa forma contornar alguns dos problemas a cima mencionados. Por último, e uma vez mais com o intuito de aumentar a complexidade do problema, seria interessante num estudo futuro considerar a possibilidade da pessoa sair do sistema ou entrar nele, pois da forma como está construído atualmente apenas serve para uma população estática e com necessidades do serviço

Referências

- Adler, N., Pels, E., & Nash, C. (2010). High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), 812–833. doi:10.1016/j.trb.2010.01.001
- André, J. (2006). “Transporte Interurbano em Portugal. O sistema actual e os seus desafios (Volume 1)”, publicado por IST Press, Maio 2006
- AVEP AEIE (2007), “Estudo do modelo de exploração dos serviços de passageiros na ligação Lisboa-Madrid”, elaborado por SENER para AVEP AEIE, 2007
- Behrens, C., & Pels, E. a. J. H. (2009). Intermodal Competition in the London-Paris Passenger Market: High-Speed Rail and Air Transport. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1416663
- Comissão Europeia (2007). Directiva 2007/58/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Directiva 91/440/CEE do Conselho relativa ao desenvolvimento dos caminhos-de-ferro comunitários e a Directiva 2001/14/CE relativa à repartição de capacidade da infra-estrutura ferroviária e à aplicação de taxas de utilização da infra-estrutura ferroviária, Bruxelas, 23 de Outubro de 2007.
- Comissão Europeia (2009). “European high-speed rail – An easy way to connect”, elaborado por MvV Consulting and Tractebel Engineering para a CE, Bruxelas
- Comissão Europeia (2011). “WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system”, Bruxelas
- Comissão para o Transporte Integrado (2004). “High-speed rails: international comparisons”, elaborado por Steer Davies Gleave para CfIT, Londres
- de Rus G., Nash C., 2007. In what circumstances is investment in HSR worthwhile? ITS Working Paper 590, Institute for Transport Studies University of Leeds. <http://www.eprints.whiterose.ac.uk/2559/>.
- Dobruszkes, F. (2011). High-speed rail and air transport competition in Western Europe: A supply-oriented perspective. *Transport Policy*, 18, 870–879. doi:10.1016/j.tranpol.2011.06.002
- González-Savignat, M. (2004). Competition in Air Transport The Case of the High Speed Train, 38(April 2003), 77–107.
- Gunn, H. (2001): “Spatial and Temporal Transferability of Relationships between Travel Demand, Trip Cost and Travel Time.” *Transportation Research, E*, 37, 163–89.
- Hsu, C.-I., & Chung, W.-M. (1997). A model for market share distribution between high-speed and conventional rail services in a transportation corridor. *The Annals of Regional Science*, 31(2), 121–153. doi:10.1007/s001680050042
- Hsu, C.-W., Lee, Y., & Liao, C.-H. (2010). Competition between high-speed and conventional rail systems: A game theoretical approach. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 3162–3170. doi:10.1016/j.eswa.2009.09.066
- McFadden D. (1974): “The Measurement of Urban Travel Demand.” *Journal of Public Economics*, 3, 303–25.

Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2000) Airport and Airline Competition for Passengers Departing from a Large Metropolitan Area. *Journal of Urban Economics*, 48(1), 29-45.

Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2000) Airport and Airline Competition for Passengers Departing from a Large Metropolitan Area. *Journal of Urban Economics*, 48(1), 29-45.

RAVE (2006). “Modelo Integrado de Procura de Passageiros, Rede Ferroviária de Alta Velocidade, Inquérito de Preferências Declaradas”, elaborado por Steer Davies Gleave para Rave, Lisboa

RAVE (2009). “Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto. Lote A – Troço Aveiro/Vila Nova de Gaia. Estudo Prévio. Tomo 18.1- Relatório Síntese”, elaborado por COBA para RAVE, Lisboa

Román, C., Espino, R., & Martín, J. C. (2007). Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid–Barcelona. *Journal of Air Transport Management*, 13(5), 277–284. doi:10.1016/j.jairtraman.2007.04.009

Shyr, O. F., & Hung, M. (2010). Intermodal competition with high speed rail- a game theory approach, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 18(1), 32–40.

Small, K.A., Rosen, H.S., 1981. Applied welfare economics with discrete choice models. *Econometrica* 49 (1), 105–130.

Swan, W., Adler, N., 2006. Aircraft trip cost parameters: a function of stage length and seat capacity. *Transportation Research Part E* 42 (2), 105–115

Straffin, P. (1993). *Game Theory and Strategy*, publicado por The Mathematical Association of America

Teixeira, P. (2012). “Material de apoio da disciplina de Engenharia Ferroviária”, IST 2011/2012 url: https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1066050/1/Slides%20EF_2011-12_Parte_1.pdf

<http://www.cp.pt>

<http://www.flytap.com>

<http://www.renex.pt/>

<http://www.rede-expressos.pt/>

Anexos

Anexo 1 - Entrevista

Group 1. Strategy Overview

1. Are the strategies presented similar to those that your organization uses to compete with other services? If not, what is different?
2. What are your most frequently used tools for strategic competition? Prices? Frequency? Marketing? Customer Service? Comfort Aspects? Other?
3. Is the organization driven chiefly by short term, medium term or long term market behaviour? Please explain.
4. Specifically, how are your Pricing Strategies restricted by company policy, by Government Regulation or by market forces?
5. Would you describe your organization as more proactive or more reactive? Which criteria do you use when you choose your strategy to respond to the competitors' retaliation? Which other considerations may influence this choice and in which way?
6. How do you analyse your competitors' behaviour in the market? Does your analysis vary by mode?
7. Please, order the modes below from the one which poses the greatest threat to your business to the most insignificant:
 - bus, train, private car, other
8. If the high speed rail enters the market, do you think that would be a threat? Have you defined a plan for this occurrence? Which strategies seem more likely to be performed in this situation?
9. Please, choose from the list below the range corresponding to your market share on the link Lisbon-Porto: 10-20%, 20-30%,...80-90%. Below from which percentage does your business becomes unsustainable: 10-20%, 20-30%,...80-90%
10. In addition to selling passengers tickets what other sources of revenue are associated with this link? What is your profit margin per ticket charged:0-5€,5-10€,10-20€, more than 20€?

Group 2. Strategy Analysis

1. What attributes do you think your passengers value more or make them choose your services?
 - travel time
 - accessibility
 - comfort
 - reliability
 - travel cost
 - frequency
 - security
 - other
2. Regarding the travel time between which values can you vary it? Are you operating at the minimum travel time?
3. In relation to the price of the Lisbon-Porto,trip, is it possible for you to say the upper and lower bounds?
4. Are you able to increase the service frequency? Does the infrastructure have the capacity to allow an increase? Do you have an idea of the results of an increase/decrease in the frequency?
5. In a scenario of increased frequency would you have to acquire more vehicles? If so, do you know what the expected cost is?
6. In relation to the time and cost of access to the service, have you done some study on this parameter? What measures do you think could make this less onerous for the passengers?
7. Could you please order the four main attributes (travel time, cost of travel, access time and frequency) depending on ease for you to change them in order to respond to competitors (the easiest to change – the first)?
8. Could you please name exogenous factors influencing the travel cost, (for example, fuel cost, inflation, competitors behaviour, etc.) and order these factors from the most significant to the least significant?

Group 3. Service Costs

1. Do you have any cost function for your service? Do you know how much it costs to transport a passenger / km for your business? If not, could you help us develop an estimate for our models?
2. What strategies, events, or periods typically have the greatest positive or negative effect on your costs?
3. What do you estimate is the percentage of your overall costs that are *NOT* directly from operations, and what items does this number contain? (e.g. administration, marketing, overhead, license fees etc.)

Anexo 2 - Passos Intermédios do modelo base

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 1									
Lucro (k€)	CB	- 26.156,0	-256%	- 73.341,0	-51%	- 31.984,0	-94%	5.338,7	56%
	CF	40.794,0		- 35.789,0		- 1.791,9		8.325,7	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	1.223,6	171%	8,0	469%	657,7	-36%	683,7	-29%
	CF	3.310,7		45,4		420,5		483,0	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-22%	100	-76%	30	-33%	18	28%
	CF	38		24		20		23	
Headway (min)	CB	60	2%	120	100%	60	300%	30	100%
	CF	61		240		240		60	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 2									
Lucro (k€)	CB	38.720,0	4%	- 35.871,0	0%	- 2.574,6	0%	7.633,3	3%
	CF	40.282,0		- 35.871,0		- 2.574,6		7.832,6	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.310,7	7%	45,4	-6%	420,5	-9%	483,0	-1%
	CF	3.533,8		42,8		381,4		476,7	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	38	-3%	24	0%	20	0%	23	-4%
	CF	37		24		20		22	
Headway (min)	CB	61	-7%	240	0%	240	0%	60	2%
	CF	57		240		240		61	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 3									
Lucro (k€)	CB	39.409,0	1%	- 35.863,0	0%	- 2.530,6	0%	7.854,9	0%
	CF	39.960,0		- 35.863,0		- 2.530,6		7.855,9	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.533,8	-2%	42,8	1%	381,4	1%	476,7	0%
	CF	3.465,6		43,0		383,6		476,9	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	37	0%	24	0%	20	0%	22	0%
	CF	37		24		20		22	
Headway (min)	CB	57	0%	240	0%	240	0%	61	0%
	CF	57		240		240		61	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 4									
Lucro (k€)	CB	39.975,0	0%	- 35.863,0	0%	- 2.528,4	0%	7.857,4	0%
	CF	39.977,0		- 35.863,0		- 2.528,4		7.857,5	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.495,6	0%	43,0	0%	383,6	0%	476,9	0%
	CF	3.496,0		43,0		383,7		477,2	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	37	0%	24	0%	20	0%	22	0%
	CF	37		24		20		22	
Headway (min)	CB	57	0%	240	0%	240	0%	61	0%
	CF	57		240		240		61	

Anexo 3 - Passos Intermediários do modelo com diminuição do custo e tempo de viagem do carro

PASSO 1		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	- 51.106,0	-145%	- 73.341,0	-51%	- 31.984,0	-89%	5.338,7	30%
	CF	22.953,0		- 35.712,0		- 3.455,1		6.963,3	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	714,5	246%	8,0	499%	657,7	-49%	683,7	-33%
	CF	2.469,0		47,8		337,3		459,3	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-29%	100	-75%	30	-33%	18	17%
	CF	35		25		20		21	
Headway (min)	CB	60	35%	120	100%	60	300%	30	110%
	CF	81		240		240		63	

PASSO 2		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	22.953,0	-4%	- 35.712,0	0%	- 3.455,1	12%	6.963,3	-4%
	CF	22.119,0		- 35.757,0		- 3.856,3		6.699,6	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.469,0	2%	47,8	-3%	337,3	-6%	459,3	1%
	CF	2.523,2		46,4		317,3		462,5	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	35	-3%	25	0%	20	0%	21	-5%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	81	-2%	240	0%	240	0%	63	0%
	CF	79		240		240		63	

PASSO 3		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	22.119,0	-1%	- 35.757,0	0%	- 3.856,3	2%	6.699,6	-1%
	CF	21.887,0		- 35.763,0		- 3.929,7		6.653,1	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.523,2	0%	46,4	0%	317,3	-1%	462,5	-3%
	CF	2.527,7		46,2		313,6		448,7	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	34	0%	25	0%	20	0%	20	0%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	79	0%	240	0%	240	0%	63	3%
	CF	79		240		240		65	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 4 Lucro (k€)	CB	21.887,0	1%	- 35.763,0	0%	- 3.929,7	-1%	6.653,1	0%
	CF	22.006,0		- 35.761,0		- 3.899,8		6.674,7	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.527,7	0%	46,2	0%	313,6	0%	448,7	1%
	CF	2.527,9		46,3		315,1		452,7	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	34	0%	25	0%	20	0%	20	0%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	79	0%	240	0%	240	0%	65	-2%
	CF	79		240		240		64	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 5 Lucro (k€)	CB	22.006,0	0%	- 35.761,0	0%	- 3.899,8	0%	6.674,7	0%
	CF	21.977,0		- 35.763,0		- 3.917,4		6.663,4	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.527,9	0%	46,3	0%	315,1	0%	452,7	0%
	CF	2.531,1		46,2		314,2		452,6	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	34	0%	25	0%	20	0%	20	0%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	79	0%	240	0%	240	0%	64	0%
	CF	79		240		240		64	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 6 Lucro (k€)	CB	21.977,0	0%	- 35.763,0	0%	- 3.917,4	0%	6.663,4	0%
	CF	21.970,0		- 35.764,0		- 3.925,7		6.658,3	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.531,1	0%	46,2	0%	314,2	0%	452,6	0%
	CF	2.533,2		46,2		313,8		452,5	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	34	0%	25	0%	20	0%	20	0%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	79	0%	240	0%	240	0%	64	0%
	CF	79		240		240		64	

PASSO 7		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	21.970,0	0%	- 35.764,0	0%	- 3.925,7	0%	6.658,3	0%
	CF	21.967,0		- 35.766,0		- 3.933,9		6.653,4	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	2.533,2	0%	46,2	0%	313,8	0%	452,5	0%
	CF	2.535,6		46,1		313,4		452,3	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	34	0%	25	0%	20	0%	20	0%
	CF	34		25		20		20	
Headway (min)	CB	79	0%	240	0%	240	0%	64	0%
	CF	79		240		240		64	

Anexo 4 - Passos Intermediários do modelo com alteração dos valores mínimos e máximos das variáveis

PASSO 1		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	- 26.156,0	-256%	- 73.341,0	-89%	- 31.984,0	-93%	5.338,7	55%
	CF	40.815,0		- 8.200,0		- 2.319,4		8.268,8	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	1.223,6	173%	8,0	-66%	657,7	-95%	683,7	-29%
	CF	3.340,6		2,7		35,6		484,5	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	49	-22%	100	-81%	30	-67%	18	28%
	CF	38		19		10		23	
Headway (min)	CB	60	0%	120	800%	60	1700%	30	100%
	CF	60		1080		1080		60	

PASSO 2		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	40.815,0	14%	- 8.200,0	0%	- 2.319,4	-120%	8.268,8	9%
	CF	46.400,0		- 8.200,0		471,3		8.979,7	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.340,6	1%	2,7	7%	35,6	1328%	484,5	1%
	CF	3.388,3		2,9		508,9		491,0	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	38	3%	19	0%	10	50%	23	4%
	CF	39		19		15		24	
Headway (min)	CB	60	-2%	1080	0%	1080	-66%	60	-2%
	CF	59		1080		362		59	

PASSO 3		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
Lucro (k€)	CB	46.400,0	-12%	- 8.200,0	0%	471,3	-4%	8.979,7	-9%
	CF	40.625,0		- 8.200,0		452,6		8.133,9	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.388,3	0%	2,9	-10%	508,9	-25%	491,0	-2%
	CF	3.395,3		2,6		383,6		482,4	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	39	-3%	19	0%	15	-13%	24	-8%
	CF	38		19		13		22	
Headway (min)	CB	59	0%	1080	0%	362	4%	59	2%
	CF	59		1080		375		60	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 4									
Lucro (k€)	CB	40.625,0	-2%	- 8.200,0	0%	452,6	-253%	8.133,9	-4%
	CF	39.780,0		- 8.200,0		- 693,7		7.832,0	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.395,3	3%	2,6	-4%	383,6	20%	482,4	-1%
	CF	3.495,2		2,5		458,7		475,2	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	38	-3%	19	0%	13	0%	22	0%
	CF	37		19		13		22	
Headway (min)	CB	59	-3%	1080	0%	375	2%	60	2%
	CF	57		1080		382		61	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 5									
Lucro (k€)	CB	39.780,0	-1%	- 8.200,0	0%	- 693,7	1%	7.832,0	0%
	CF	39.521,0		- 8.200,0		- 699,0		7.823,8	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.495,2	0%	2,5	0%	458,7	0%	475,2	0%
	CF	3.479,9		2,5		458,5		476,7	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	37	0%	19	0%	13	0%	22	0%
	CF	37		19		13		22	
Headway (min)	CB	57	2%	1080	0%	382	0%	61	0%
	CF	58		1080		382		61	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 6									
Lucro (k€)	CB	39.521,0	0%	- 8.200,0	0%	- 699,0	-10%	7.823,8	1%
	CF	39.487,0		- 8.200,0		- 631,0		7.887,3	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.479,9	-1%	2,5	1%	458,5	1%	476,7	0%
	CF	3.441,7		2,5		461,9		477,7	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	37	0%	19	0%	13	0%	22	0%
	CF	37		19		13		22	
Headway (min)	CB	58	0%	1080	0%	382	-1%	61	0%
	CF	58		1080		380		61	

		AVF		Avião		Comboio		Autocarro	
		(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)	(v.a.)	(%)
PASSO 7									
Lucro (k€)	CB	39.487,0	0%	- 8.200,0	0%	- 631,0	-1%	7.887,3	0%
	CF	39.546,0		- 8.200,0		- 625,8		7.892,9	
Quota de mercado (kpassageiros)	CB	3.441,7	0%	2,5	0%	461,9	0%	477,7	0%
	CF	3.443,2		2,5		462,1		477,8	
Preço Médio do Bilhete (€)	CB	37	0%	19	0%	13	0%	22	0%
	CF	37		19		13		22	
Headway (min)	CB	58	0%	1080	0%	380	0%	61	0%
	CF	58		1080		380		61	