



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

O MacBeth como ferramenta MCDA para o Benchmarking de Aeroportos

José Miguel Baptista Proença Braz

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Aeronáutica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva

Covilhã, Outubro de 2011

*“It is not really necessary to look too far into the future;
we see enough already to be certain it will be magnificent.
Only let us hurry and open the roads.”*

– Wilbur Wright

Agradecimentos

A realização desta Dissertação de Mestrado só foi possível graças à colaboração e ao contributo, de forma directa ou indirecta, de várias pessoas. Agradecer a todos que ajudaram a construir esta dissertação não é tarefa fácil. O maior perigo que se coloca no agradecimento selectivo não é decidir quem incluir, mas decidir quem não mencionar.

Em primeiro lugar à minha família, especialmente aos avós, pais e irmãs pelo amor incondicional, pelo apoio, compreensão inestimáveis, pelos diversos sacrifícios suportados e pela formação que me deram.

Ao Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva, orientador da dissertação, agradeço o apoio, partilha do conhecimento, incentivo e disponibilidade demonstrada em todas as fases que levaram à concretização deste trabalho.

A todos os colegas e Professores do Departamento de Ciências Aeroespaciais da Universidade da Beira Interior pelo companheirismo e ensinamentos ao longo de todos os anos de curso.

Por fim, mas não menos importante, aos meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e sugestões para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão.

A todos... **Muito Obrigado!**

Resumo

O *Benchmarking* de Aeroportos é visto hoje em dia como uma ferramenta de importância fulcral para os decisores do ramo aeronáutico, sejam eles: Estados/Governos, Companhias Aéreas, Gestores de Empresas, Passageiros, ou a própria Administração aeroportuária.

Quando se pretende efectuar o *benchmarking* de aeroportos é necessária a produção de *rankings*. Para tal, além da identificação dos critérios que melhor possam responder ao que se pretende estudar e à avaliação da atractividade de cada um deles, a identificação de qual o melhor método para executar os referidos *rankings* assume extrema importância.

Pretende então este trabalho fornecer aos decisores uma ferramenta de fácil utilização para a realização de *rankings* de desempenho e de eficiência de um conjunto de aeroportos, ou para a execução de *self-benchmarking* de um aeroporto em particular. Para tal foi utilizada a ferramenta MacBeth da abordagem Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA).

Palavras-Chave: *Benchmarking* de Aeroportos, *Rankings* de Aeroportos, MCDA, MacBeth.

Abstract

Airport Benchmarking is seen nowadays as an important tool to the stakeholders of the aeronautical field whether they are: States/Governments, Airlines, Business Managers, Passengers, or Airport Administration itself.

To make the airport benchmarking is needed the construction of rankings. To do so, besides the selection of the criteria that could better answer to what is intended to be studied and the attractiveness of each one, the identification of which is the best methodology to construct the above mentioned rankings assumes extreme importance.

This work intends to give to the stakeholders an user-friendly tool for the construction of performance and efficiency rankings of a set of airports, as well as to do self-benchmarking of an airport in particular. To do so, the tool used in this work was the MacBeth software, an MCDA approach.

Key-words: Airport Benchmarking, Airport Ranking, MCDA, MacBeth.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice	x
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Acrónimos.....	xv
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1.Enquadramento do Tema	1
1.2.Objectivo do trabalho	4
1.3.Estrutura da Dissertação	4
Capitulo 2 - Benchmarking de Aeroportos e Indicadores de Desempenho	6
2.1.Introdução	6
2.2. <i>Benchmarking</i> de Aeroportos.....	6
2.3.Indicadores de Desempenho.....	8
2.4.Conclusão	10
Capitulo 3 - Análise Multicritério de Apoio á Decisão e MacBeth	11
3.1.Introdução	11
3.2.Avaliação do Desempenho de Aeroportos	11
3.2.1.Metodologias para avaliar o desempenho de um aeroporto..	11
3.3.Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA).....	13
3.3.1.Vantagens e desvantagens dos principais métodos de MCDA	15
3.4. <i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i> (MacBeth)	17
3.4.1.Aspectos gerais da ferramenta MacBeth	18
3.4.2.Matriz dos julgamentos de valor	21
3.4.3.Inconsistência nos julgamentos de valor	22
3.4.3.1.Inconsistência semântica	22

3.4.3.2. Inconsistência cardinal	22
3.4.4. Formulação matemática	23
3.4.4.1. 1º Problema de programação linear	24
3.4.4.2. 2º Problema de programação linear	25
3.4.4.3. 3º e 4º Problemas de programação linear	26
3.4.5. Determinação dos pesos para os critérios	27
3.5. Conclusão	28
Capítulo 4 - Casos de Estudo	29
4.1. Introdução	29
4.2. <i>Ranking</i> de Aeroportos Utilizando Indicadores Simples	30
4.2.1. <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos portugueses.....	30
4.2.2. <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos portugueses com opinião incorporada de especialistas	32
4.2.3. <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos ibéricos.....	39
4.2.4. <i>Ranking</i> de desempenho de um conjunto de aeroportos a nível mundial e com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS)	42
4.3. <i>Ranking</i> de Aeroportos Utilizando Indicadores Complexos.....	45
4.3.1. <i>Ranking</i> de eficiência de um conjunto de aeroportos a nível mundial	45
4.4. <i>Self-Benchmarking</i> de eficiência de aeroportos portugueses	51
4.5. Conclusão	54
Capítulo 5 - Conclusões	55
5.1. Síntese da Dissertação	55
5.2. Considerações Finais	56
5.3. Perspectivas de Evolução Futuras	56
Referências Bibliográficas	57

Lista de Figuras

Figura 1.1. - Previsão da evolução do transporte aéreo de passageiros a nível mundial, para o período entre 2008 e 2027	2
Figura 1.2. - Evolução do transporte aéreo em Portugal, verificado (linha verde) e previsto (linha cinzenta), entre 1985 e 2050	3
Figura 3.1. - Exemplo de representação numérica de semi-ordens múltiplas por limites constantes de Doignon	21
Figura 3.2. - Matriz de juízos de valor	22
Figura 3.3. - Exemplo de inconsistência cardinal	23
Figura 3.4. - Métodos e ferramentas para a avaliação do desempenho de um aeroporto	28
Figura 4.1. - Casos de estudo desenvolvidos no âmbito desta dissertação	29
Figura 4.2. - Árvore de decisão para o 1.º caso de estudo.	30
Figura 4.3. - Informação sobre os aeroportos portugueses	31
Figura 4.4. - Peso dos critérios para o 1.º caso de estudo.	31
Figura 4.5 - <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos portugueses para o 1º caso de estudo.	32
Figura 4.6. - Atractividade dos critérios segundo a opinião dos especialistas	33
Figura 4.7. - Coeficientes de ponderação para os indicadores de desempenho ..	34
Figura 4.8. - <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos portugueses para o 2º caso de estudo	35
Figura 4.9. - Análise de robustez para o 2.º caso de estudo	36
Figura 4.10. - Análise de sensibilidade do peso do critério AM	37
Figura 4.11. - Análise de sensibilidade do peso do critério AM para os aeroportos da Horta e do Porto Santo.	38
Figura 4.12. - Aeroportos ibéricos e respectivos códigos IATA.	39
Figura 4.13. - Informação sobre os aeroportos ibéricos.	40
Figura 4.14. - <i>Ranking</i> de desempenho dos aeroportos ibéricos.	41
Figura 4.15. - <i>Ranking</i> de desempenho de aeroportos mundiais com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS)	43
Figura 4.16. - Análise de sensibilidade do peso dos critérios AM, CP e Cg para os aeroportos LIS e JED.	45
Figura 4.17. - Informação sobre um conjunto de aeroportos mundiais	46

Figura 4.18. - Informação sobre um conjunto de aeroportos mundiais (indicadores complexos).....	47
Figura 4.19. - Árvore de decisão para o ranking de eficiência.....	47
Figura 4.20. - Peso (atractividade) dos critérios complexos.	48
Figura 4.21. - <i>Ranking</i> de eficiência de um conjunto de aeroportos a nível mundial.....	48
Figura 4.22. - <i>Ranking</i> de eficiência de um conjunto de aeroportos mundiais obtido por Ferreira <i>et al.</i> (2010)	49
Figura 4.23. - Análise de sensibilidade ao peso do critério A para os aeroportos de Tegel e Munich.	50
Figura 4.24. - Informação sobre o aeroporto do Porto (OPO), (indicadores complexos).....	52
Figura 4.25. - Informação sobre o aeroportos do Funchal (FNC), (indicadores complexos).....	52
Figura 4.26. - <i>Ranking</i> de eficiência do aeroporto do Funchal, (2006-2010).....	53
Figura 4.27. - <i>Ranking</i> de eficiência do aeroporto do Porto (OPO), (2006-2010). 53	

Lista de Tabelas

Tabela 3.1. - Metodologias de avaliação do desempenho de um aeroporto	12
Tabela 4.1. - Informação sobre aeroportos mundiais com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS), (ACI, 2006).....	45
Tabela 4.2. - Informação sobre os aeroportos do Porto (OPO) e do Funchal (FNC), 2006 - 2010	53

Lista de Acrónimos

ATAG - Air Transport Action Group

IATA - International Air Transport Association

ICAO - International Civil Aviation Organization

NAER - Novo Aeroporto de Lisboa

ACI - Airport Council International

MCDA - Multi-Criteria Decision Analysis

MacBeth - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique

AUT - Teoria da Utilidade Multiatributo

AHP - Analytic Hierarchy Process

ELECTRE - ELimination and Choice Expressing Reality

TODIM - TOMada de Decisão Interativa Multicritério

PROMETHÉE - Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento do Tema

Os sistemas de transporte tendem a evoluir de modo a que subsistam os que melhor se adaptam às necessidades quer económicas quer sociais em cada momento. A característica comum deste padrão de substituição é o aumento da rapidez com que o utilizador se desloca do ponto de partida ao ponto de chegada, relativamente ao meio de transporte utilizado anteriormente. No caso das viagens entre cidades, por exemplo, em distâncias acima dos 1.000 km os automóveis têm vindo a ser gradualmente substituídos por sistemas de transporte de alta velocidade, onde o transporte aéreo tem vindo a dominar essa substituição (Schafer, 2000 in Lee *et al.*, 2001).

A aviação tem evoluído de maneira a poder proporcionar aos seus utilizadores uma rede de transporte rápida a nível global, sendo utilizada neste momento por cerca de 2.2 mil milhões de passageiros anualmente (Silva, 2010). Em termos de mercadorias o valor destas, transportadas por este meio de transporte, representa 35% do comércio internacional e em termos de turismo cerca de 40% dos turistas internacionais viajam por via aérea.

Cerca de 2.000 companhias aéreas, em todo o mundo, operam uma frota com um total que se aproxima das 23.000 aeronaves servindo cerca de 3.750 aeroportos através de uma rede de rotas de vários milhões de quilómetros, administrada por cerca de 160 prestadores de serviços de navegação aérea (ATAG, 2008).

Nas últimas décadas este meio de transporte tem vindo a ser sujeito a grandes alterações influenciadas por decisões políticas (liberalização, desregulamentação e privatização da indústria). As principais tendências podem ser definidas por:

- Forte aumento da procura do transporte de passageiros e de carga, sendo esperado um crescimento de cerca de 5% ao ano (IATA, 2007 in Ott *et al.*, 2007);
- Alterações nos modelos de negócio das companhias aéreas, como é o exemplo das companhias *low cost*;
- Reforço considerável da capacidade aeroportuária, com a construção de novos aeroportos e aumento dos existentes, especialmente na Ásia;
- Expansão de aeroportos locais e esforços a nível regional para a conversão de antigos aeroportos militares em aeroportos civis;
- Evolução na concepção das aeronaves, com a introdução do Airbus A380 e do Boeing 787 Dreamliner, diminuindo significativamente os custos por km;

- Aumento da cooperação entre companhias (criação de alianças como, por exemplo, a Star Alliance e a One World).

Durante o último terço do século XX houve um crescimento médio global do número de passageiros das companhias aéreas que, a longo prazo, foi cerca de 6% ao ano incluindo períodos de estagnação e períodos de crescimento acima da média. A taxa de crescimento abrandou nas últimas décadas do século para cerca de 4% verificando-se, de qualquer modo, valores que se situam entre uma duplicação e uma triplicação do tráfego ao longo de 25 anos (Neufville and Odoni, 2003).

Após este período de forte crescimento é esperado que, a curto prazo, o tráfego global de passageiros tenha um crescimento a um ritmo mais lento visto que factores como a desaceleração das economias a nível global associada à crise do crédito e ao aumento do preço dos combustíveis têm um impacto negativo nos consumidores e consequentemente no número de viagens aéreas.

Embora se espere que o tráfego de passageiros recupere na maior parte dos países é também esperada uma diminuição em muitos países à medida que os mercados amadurecem. Espera-se que o volume global de passageiros processados alcance um valor perto dos 11 mil milhões anuais, em 2027, (Silva, 2010).

A Figura 1.1 apresenta a evolução do tráfego aéreo de passageiros prevista para o período entre 2008 e 2027.

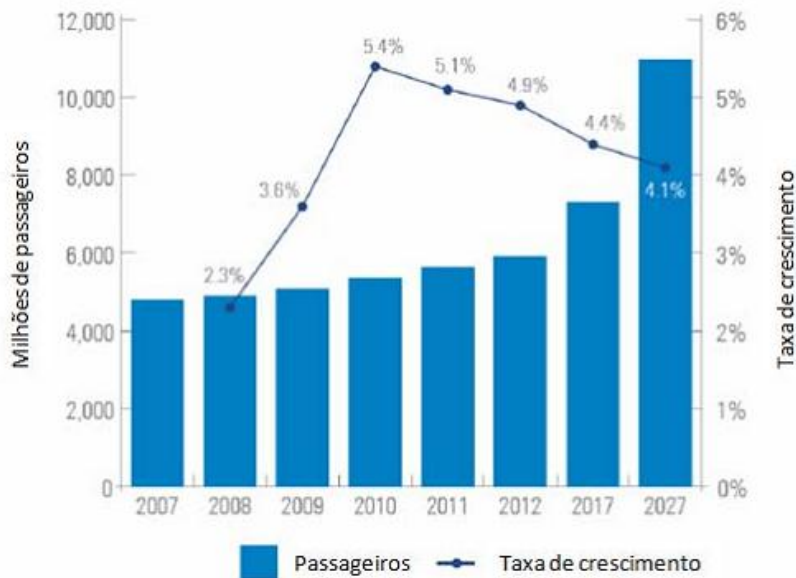


Figura 1.1. Previsão da evolução do transporte aéreo de passageiros a nível mundial, para o período entre 2008 e 2027 (ICAO, 2008).

No caso de Portugal, o transporte aéreo tem registado um crescimento contínuo do número de passageiros, com um valor médio anual de 6.1% entre 1985 e 2007. Prevê-se que o crescimento anual entre 2007 e 2050 se situe entre 1.9% e 3.6% (Figura 1.2), (NAER in Silva, 2010).

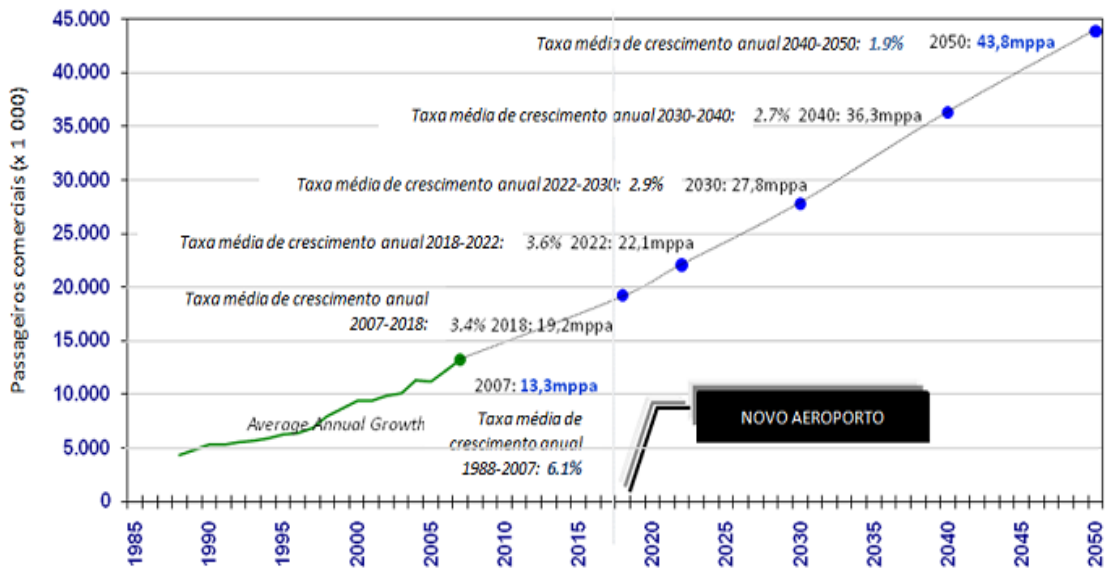


Figura 1.2. Evolução do transporte aéreo em Portugal, verificado (linha verde) e previsto (linha cinzenta), entre 1985 e 2050 (NAER in Silva, 2010).

É neste contexto social e económico que se encontra todo o sistema de transporte aéreo português. Tempos de crise como os que se vivem actualmente, normalmente potenciam a eficiência das empresas e das infra-estruturas de modo a que continuem a ser sustentáveis. Assim, para que todo o sistema de transporte aéreo continue a ser sustentável é necessário que, quer as empresas de navegação aérea, quer os próprios aeroportos adaptem os seus *modus operandi*.

Relativamente à sustentabilidade do transporte aéreo podem distinguir-se três sectores técnicos principais:

- Aerodinâmica e motores das aeronaves;
- Gestão do espaço aéreo, assim como as rotas e a duração dos voos, etc.;
- Infra-estruturas aeroportuárias, operações e optimização da capacidade.

Nestes três sectores o que mais melhorias tem conseguido implementar é o sector da Engenharia produzindo aeronaves cada vez mais eficientes com melhorias no consumo de combustível de 70% desde o início da década de 1970. Embora exista ainda muito espaço para melhorias neste sector,

há ainda muito por fazer quanto à eficiência e organização dos aeroportos e à gestão do espaço aéreo.

É no sector da eficiência e organização dos aeroportos que esta dissertação se baseia, aplicando o método de *benchmarking* para comparar aeroportos, e identificando quais os mais eficientes e os de melhor desempenho.

O sector aeroportuário reconhece o valor do *Benchmarking*, num meio globalmente competitivo, como ferramenta de análise de desempenho e eficiência de cada aeroporto e também para a definição de objectivos com base no desempenho e eficiência dos seus pares.

Com a evolução das teorias e abordagens da gestão e o aumento da competição dos mercados, surgiu a necessidade das organizações se orientarem para as estratégias e a eficiência. Neste contexto, o *benchmarking* tornou-se numa poderosa ferramenta para apoiar e identificar essas novas abordagens, para aumentar a eficiência e para monitorizar de forma contínua o sucesso das estratégias (ACI, 2006).

1.2. Objectivo do trabalho

Este trabalho tem como objectivo a produção de *rankings* quer de desempenho quer de eficiência de vários aeroportos com a utilização do *software* do MacBeth, ferramenta de análise multicritério de apoio à decisão. Em primeiro lugar os aeroportos que serão alvo de análise serão os portugueses, seguidos dos ibéricos para a elaboração de um *ranking* de desempenho. Após os *rankings* de desempenho o objectivo será a elaboração de *rankings* de eficiência quer de um grupo de aeroportos mundiais quer de dois aeroportos portugueses ao longo de vários anos.

1.3. Estrutura da Dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao estudo, apresentando um enquadramento do tema de investigação, os principais objectivos e a estrutura da dissertação.

Nos dois capítulos seguintes é feita uma abordagem teórica acerca do *benchmarking* de aeroportos e indicadores de *performance*, capítulo 2, e acerca da análise de multicritério de apoio à decisão e da ferramenta MacBeth, capítulo 3, comentando-se as razões para a utilização deste tipo de abordagem neste estudo.

No capítulo 4 são mencionados os casos de estudo que foram desenvolvidos no âmbito deste trabalho. Os casos de estudo números 1 e 2 são os *rankings* de desempenho dos aeroportos

portugueses avaliados em contextos distintos, o caso de estudo número 3 é o *ranking* de desempenho dos aeroportos ibéricos, o caso de estudo número 4 é o *ranking* de desempenho de um conjunto de aeroportos mundiais com um volume de passageiros semelhante ao do aeroporto de Lisboa, o caso de estudo número 5 é o *ranking* de eficiência de um conjunto de aeroportos mundiais, e o caso de estudo número 6 é a comparação individual da eficiência do aeroporto do Porto e do aeroporto da Madeira ao longo de vários anos.

No quinto capítulo apresenta-se a síntese da dissertação, tecem-se algumas considerações finais e apresentam-se perspectivas de investigação futura deixadas em aberto com este trabalho.

Capítulo 2. *Benchmarking* de Aeroportos e Indicadores de Desempenho

2.1. Introdução

Este capítulo tem como objectivo caracterizar a ferramenta de apoio à gestão que dá pelo nome de *benchmarking*. Quando é que esta ferramenta deve ser aplicada, quais os resultados que podemos obter, quem está interessado nos resultados obtidos por esta ferramenta, quais os tipos de *benchmarking* que existem e quais as etapas que constituem o mesmo, são as respostas a que se procura responder. Assim, damos uma ideia geral sobre todo o processo de *benchmarking* e de tudo o que lhe está inerente como, por exemplo, os indicadores de desempenho, simples e complexos, necessários para a criação de *rankings*, de desempenho e de eficiência.

2.2. *Benchmarking* de Aeroportos

O *benchmarking* é uma ferramenta de auto-aperfeiçoamento para qualquer organização: permite identificar os pontos fracos e fortes, compara-los com outras organizações, e descobrir como melhorar a eficiência. O *benchmarking* é um modo fácil de encontrar e adoptar as melhores práticas para atingir os resultados desejados.

Graham (2005) sublinha que o *benchmarking* começou a ser aceite dentro da indústria aeronáutica como um progresso importante na gestão há apenas quinze ou vinte anos já que no passado as pressões quer na área comercial quer na área de negócios eram menos pronunciadas e os aeroportos estavam quase na sua totalidade nas mãos dos respectivos governos.

O *benchmarking* de aeroportos é um componente chave para o processo de planeamento dos mesmos. É um processo que sendo estatístico é também contabilístico sendo utilizado para monitorizar os indicadores de desempenho do aeroporto. O *benchmarking* é uma característica chave para a implementação do plano estratégico dos aeroportos e a sua importância vai até à identificação das melhores práticas para aumentar a eficiência e a qualidade.

O ACI (2006) sumariza o processo de *benchmarking* da seguinte forma:

- Tem a ver com a gestão e com a mudança organizacional em primeiro lugar, seguidas pela medição e tecnologia;

- Oferece uma ferramenta de diagnóstico para verificar se todo o sistema está alinhado e a trabalhar adequadamente;
- Uma base de *benchmarking* dentro de uma organização é uma excelente ferramenta de gestão para monitorizar melhorias no desempenho;
- Sendo externo é uma forma eficaz de identificar melhores práticas verificando se estas podem ser incorporadas dentro de uma organização e de identificar práticas deficientes verificando se estas podem ser eliminadas;
- É uma ferramenta de ligação entre vários objectivos estratégicos, incluindo o envolvimento e a produtividade dos trabalhadores.

and Francis(2002) enumera aqueles que poderão estar particularmente interessados no processo de *benchmarking* de aeroportos:

- Estados/Governos, por questões económicas e de regulação do meio ambiente;
- Companhias aéreas, para compararem preços e *performance* entre aeroportos;
- Gestores de empresas, para o desenvolvimento do seu próprio negócio;
- Passageiros, para avaliar o modo como são servidos;
- A própria Administração dos aeroportos, para perceber o desempenho da área de negócio e a forma de recuperar o investimento.

Para cumprir todos estes requisitos, o processo de *benchmarking* pode ser feito em duas versões diferentes (ACI, 2006):

- De uma forma parcial, avaliando e comparando processos e funções individuais, ou até serviços;
- De uma forma holística, assumindo uma aproximação sistemática para definir e avaliar um conjunto crítico de processos, funcionamento e serviços, que quando tomados em consideração em conjunto podem dar uma indicação precisa acerca do desempenho relativo de uma organização.

Sendo assim, podem existir também dois tipos diferentes de *benchmarking*:

- Interno, comparando o desempenho de processos, funcionamento e serviços ao longo do tempo numa determinada organização;
- Externo, comparando desempenhos entre organizações num preciso momento e ao longo do tempo.

Após uma revisão da literatura sobre as metodologias de *benchmarking* verificou-se que a maior parte delas realiza as mesmas funções da chamada análise de lacunas de desempenho (Karloff e Ostblom, 1993). A regra é identificar em primeiro lugar as lacunas de desempenho no que diz respeito à produção e consumo na organização, e depois desenvolver métodos para colmatar essas lacunas.

Segundo Karloff e Ostblom (1993) o processo de *benchmarking* de uma organização é composto por cinco etapas, nomeadamente:

- Fase de Decisão, onde se escolhem os indicadores que vão ser submetidos ao processo de *benchmarking*;
- Fase de Identificação, onde se identificam as organizações com as quais se vai fazer a comparação;
- Fase de recolha da informação;
- Fase de análise, no âmbito da qual é produzido o *ranking*;
- Passagem à acção, onde se aplicam as melhores práticas de modo a incrementar o desempenho e a eficiência da organização.

No âmbito deste trabalho vamos cumprir as quatro primeiras etapas: identificando os indicadores e as organizações para comparação, e recolhendo as informações e produzindo os *rankings*. A quinta etapa é da responsabilidade de cada organização envolvida que estabelecendo as metas a atingir recorrem aos meios e implementam as medidas que achem adequadas para subirem no *ranking*.

2.3. Indicadores de Desempenho

O *benchmarking* é apenas possível quando existe uma quantidade limitada de indicadores a ter em conta. A limitação no número de indicadores além de ajudar na focalização do objectivo do *ranking* a ser elaborado tem a função de permitir que este se torne exequível, visto que em torno de um aeroporto existem centenas, senão milhares, de características passíveis de ser medidas. Apesar deste infundável número de características é necessário tomar em atenção a razoabilidade da sua interconexão; por exemplo, não fará qualquer sentido incluir o valor médio do vencimento dos trabalhadores do aeroporto num *ranking* produzido especificamente para os passageiros.

É então importante estabelecer prévia e cuidadosamente o objectivo do *ranking* que vai ser produzido. Se o objectivo diz respeito à gestão do aeroporto o número de passageiros será um elemento chave, mas se o objectivo for a satisfação dos passageiros o número de pistas poderá não fazer qualquer sentido. É portanto crucial escolher o conjunto adequado para cada parte interessada.

Existem vários trabalhos acerca de *benchmarking* de aeroportos, cada um usando diferentes indicadores de desempenho. Alguns utilizam indicadores simples como, por exemplo, o número de posições de estacionamento de aeronaves, enquanto outros consideram indicadores complexos como, por exemplo, o número de passageiros por área de terminal de passageiros. A utilização de indicadores simples no processo de *benchmarking* produz *rankings* de desempenho, por sua vez a utilização de indicadores complexos produz *rankings* de eficiência.

Os indicadores simples podem ser divididos em dois grandes grupos: de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*), como segue:

- de Entrada: Pistas, Posições de Estacionamento de Aeronaves, Área do Terminal de Passageiros, Área do Terminal de Carga;
- de Saída: Movimentos, Passageiros, Carga.

Os indicadores complexos são baseados nestes indicadores simples de entrada e de saída, como segue:

- Número de Passageiros Processados / Área do Terminal de Passageiros;
- Volume de Carga / Área do Terminal de Carga;
- Número de Operações de Aeronaves / Número de Posições de Estacionamento de Aeronaves;
- Número de Operações de Aeronaves / Número de Pistas.

Da extensa revisão bibliográfica a jusante desta dissertação constatámos como Liebert e Niemeier (2010) descrevem, quase na totalidade, os trabalhos feitos até ao momento em matéria de desempenho de aeroportos.

Naturalmente que cada um dos 59 trabalhos referidos por estes autores utiliza conjuntos distintas de indicadores. No entanto, de entre indicadores de entrada mais citados predominam: o número de portas de embarque, as áreas dos terminais de passageiros e de carga, o número de pistas, e os custos operacionais; dos menos citados fazem parte: o tamanho da(s) pista(s), a área do terminal, o número de balcões de *check-in*, e o número de lugares de estacionamento para veículos automóveis.

De entre os indicadores de saída utilizados com mais frequência nestes 59 trabalhos destacam-se: a quantidade de passageiros e de carga processada, e o número de movimentos de aeronaves; menos utilizados, mas igualmente em destaque como indicadores de saída estão: as receitas aeronáuticas e não aeronáuticas, e os atrasos.

Como mencionado anteriormente o objectivo deste trabalho passa pela elaboração de *rankings* de aeroportos usando uma (nova) abordagem multicritério que permita a cada uma das partes interessadas (administração, companhias aéreas, passageiros, etc.) seleccionar os indicadores que mais lhes interessa e atribuir-lhes o peso que julguem mais apropriado. Como constataremos oportunamente este método permite ainda a comparação do desempenho e da eficiência quer com outros aeroportos com características similares quer com o próprio aeroporto ao longo de vários anos.

2.4. Conclusão

Pode dizer-se que o *benchmarking* é, actualmente, e em qualquer tipo de actividade, uma ferramenta essencial à vida das organizações. O meio aeronáutico, em particular, marcado por uma competitividade crescente que começou nas companhias aéreas e que se estende já a todos os serviços de um aeroporto e da sua área envolvente, é um sector de actividade no qual só conseguem subsistir os que conseguem obter desempenhos e eficiências mais elevados. Portanto, faz todo o sentido que o *benchmarking* seja aqui utilizado como meio de gestão e de planeamento.

Capítulo 3. Análise Multicritério de Apoio à Decisão e MacBeth

3.1. Introdução

Após a revisão bibliográfica sobre *Benchmarking* de Aeroportos e respectivos Indicadores de Desempenho, importa neste capítulo investigar sobre quais os métodos existentes para a avaliação do desempenho de aeroportos, escolhendo o mais adequado aos nossos objectivos. Após a escolha do método é necessário analisar todas as ferramentas existentes para o método escolhido, optando por aquela que mais se adapta também às necessidades deste trabalho. Por fim, após a escolha do método e da sua ferramenta, serão explicados em detalhe o seu funcionamento, virtudes e limitações.

3.2. Avaliação do Desempenho de Aeroportos

A avaliação dos aeroportos é essencial para o respectivo processo de *Benchmarking*, tema do capítulo anterior. Apenas avaliando o seu desempenho cada aeroporto é capaz de se comparar com infra-estruturas do mesmo género.

Para esta avaliação existem vários métodos que foram usados no passado com resultados interessantes. No âmbito deste trabalho importa analisar todos esses métodos tendo em conta quais os resultados que se pretendem, e escolhendo aquele que mais se adapta ao pretendido. Cada um dos métodos tem vantagens e desvantagens em relação aos demais. Portanto, é necessário que esta análise seja a mais cuidada possível de modo a que o método escolhido seja realmente aquele que é pretendido.

No subcapítulo seguinte é feita esta análise das diferentes metodologias, tendo em conta quais os objectivos de cada método e quais os seus pontos fortes e fracos.

3.2.1. Metodologias para avaliar o desempenho de um aeroporto

As metodologias normalmente empregues para avaliar o desempenho de aeroportos dividem-se em dois grupos: Unidimensionais e Multidimensionais. De entre as Unidimensionais o destaque vai para o Método da Medida Parcial. As Multidimensionais dividem-se por sua vez em 3 subgrupos: os

métodos de Abordagem de Média (Total Factor Productivity - TFP, e Ordinary Least Square - OLS), os de Abordagem de Fronteira (Stochastic Frontier Analysis - SFA, e Data Envelopment Analysis - DEA), e a Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA). A MCDA é uma das mais utilizadas. Outras, puramente matemáticas, como a SFA e a DEA, têm fundamentações mais complexas que excedem os propósitos deste trabalho. A Tabela 1 resume as diferenças principais entre as várias metodologias para avaliar o desempenho de um aeroporto.

Tabela 3.1: Metodologias de avaliação do desempenho de um aeroporto.

	Metodologia	Limitações
Medida Parcial	Este método usa dados parciais para comparar o desempenho do aeroporto-alvo numa única dimensão como, por exemplo, na vertente económica.	Este método foca-se apenas em factores específicos do desempenho de um aeroporto. O resultado da sua avaliação não permite uma compreensão melhor do desempenho global.
TFP	Em economia, o TFP é a variável que toma em consideração os efeitos na(s) saída(s) dos processos que não foram causados pela(s) entrada(s). O TFP permite a aferição dos impactos da rentabilidade e das diferenças de produtividade no desempenho do aeroporto. Este método também pode ser utilizado para inferir acerca do impacto das variações dos preços de entrada e saída no desempenho.	O TFP requer a agregação de todas as saídas num índice com pesos, assim como de todas as entradas noutro índice com pesos, que são pré definidos, mas cuja definição pode conduzir a resultados distorcidos.
OLS	O Método dos Mínimos Quadrados, ou OLS (do inglês Ordinary Least Squares), é uma técnica de optimização matemática que procura encontrar o melhor ajustamento para um conjunto de dados, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados.	Este modelo é linear nos parâmetros, ou seja, admite que as variáveis apresentam uma relação linear entre si, o que nem sempre acontece na realidade. Este método é pouco utilizado neste tipo de avaliações de desempenho.
SFA	O SFA, por vezes referido como Abordagem de Fronteira Econométrica, é um dos métodos paramétricos mais utilizados para avaliar a eficiência aeroportuária.	Apesar das abordagens paramétricas tomarem em conta o erro do resultado, que não é considerado nas abordagens não paramétricas, elas continuam a experimentar alguma dificuldade para separar o erro ocasional da eficiência.
DEA	A DEA é uma abordagem não paramétrica que não requer	A principal desvantagem deste método é que não

	suposições de forma funcional para calcular o desempenho de cada aeroporto relativamente a todos os outros.	permite o erro ocasional nos dados, assumindo o erro e a sorte como factores que influenciam o resultado, o que pode implicar uma eficiência/ineficiência algo distorcida.
MCDA	Trata-se de um dos métodos mais utilizados. A sua aplicação é subdividida em dois passos: o primeiro é a selecção dos indicadores e a atribuição dos seus pesos relativos, e o segundo é a classificação das diferentes opções.	Como a selecção dos indicadores e a respectiva atribuição de pesos relativos é feita através da opinião de especialistas o resultado pode ser afectado por factores subjectivos.

Da análise cuidada sobre os diferentes métodos para avaliar o desempenho de um aeroporto, suas características, vantagens e desvantagens, aquele que escolhemos para desenvolver o nosso trabalho foi o da Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) e por motivos que fundamentaremos oportunamente.

3.3. Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA)

Desde o início da História que o Homem toma decisões. Provavelmente esta será uma das mais banais tarefas da Humanidade. Todos os dias cada um de nós se depara com um conjunto de problemas e decisões sobre os mesmos que não são nem fáceis nem lineares. Aquando de uma decisão geralmente tomam-se em conta critérios mais ou menos conflituosos. Numa situação de *stress* em que é necessário considerar apenas um factor normalmente a opção é por aquele que é mais relevante. De acordo com Barrico (1998), citado por Raposo (2008), os processos de decisão multicritério são, por exemplo:

- Escolher o sítio para a construção de uma ponte, onde os critérios podem ser o custo, o impacto no próprio rio (quer ambiental quer na sua utilização), o volume de tráfego, o impacto nas margens do rio, a estética, a tarifa de passagem, etc.;
- Encontrar as rotas mais económicas para fazer a recolha/levantamento de produtos para os clientes de uma determinada empresa, onde os critérios podem ser o tempo, a distância, o atraso, o tráfego, etc..

Para cada um dos exemplos descritos acima existem conflitos entre os diferentes critérios tendo então o decisor de considerar os prós e os contras de cada um para chegar a uma solução final, que se espera óptima. Esta é a base de um problema de decisão multicritério.

De acordo com Gomes *et al.*, citados por Raposo (2008), pode definir-se a Análise Multicritério de Apoio à Decisão, ou simplesmente Análise de Decisão Multicritério (MCDA), como o conjunto de técnicas que tem como objectivo investigar um conjunto de alternativas sobre múltiplos critérios em conflito.

Boyssou (1990), citado por Raposo (2008), classifica desta forma as vantagens da MCDA:

- Constroi uma base para o diálogo entre analistas e decisores, que fazem uso de diversos pontos de vista comuns;
- Facilita a incorporação de incertezas sobre os dados em cada ponto de vista;
- Interpreta cada alternativa como um compromisso entre os objectivos em conflito. Esse argumento destaca o facto de que raramente será encontrada uma situação em que exista uma alternativa superior às restantes sobre todos os pontos de vista.

Outra das vantagens do MCDA é que este tipo de abordagem produz uma boa ordenação das alternativas (essencial quando se pretende construir *rankings*) enquanto em outros métodos como, por exemplo, no DEA, esta ordenação é menos eficiente já que podem ser encontradas várias alternativas, todas com 100% de eficiência.

A principal desvantagem deste método, tal como referido oportunamente, reside na escolha dos indicadores de desempenho, mas sobretudo na atribuição dos respectivos pesos relativos, que naturalmente envolvem algum grau de subjectividade. No entanto, é nossa opinião que esta desvantagem pode ser mitigada através de consultas alargadas (e mesmo periódicas) a vários grupos de especialistas na(s) matéria(s) em apreço. Grupos diferentes de especialistas com experiencias e opiniões distintas, mas necessariamente complementares, poderão ser consultados com alguma periodicidade para aferir indicadores e pesos de acordo com a evolução das conjunturas regionais, nacionais e internacionais, aproximando tanto quanto possível da realidade os indicadores de desempenho do aeroporto.

Classicamente podem ser definidas três problemas multicritério: ordenação, escolha e alocação em classes (Soares de Mello *et al.*, 2003). Neste trabalho, como o objectivo é a construção de *rankings*, trata-se portanto de casos típicos de ordenação.

3.3.1. Vantagens e desvantagens dos principais métodos de MCDA

Da explicação anterior é de fácil entendimento o quão importante pode ser para as partes interessadas num aeroporto a abordagem MCDA suportando o processo de tomada de decisão; sendo este trabalho baseado precisamente nesse método é necessário agora escolher a ferramenta mais adequada de entre as disponíveis, também baseadas em MCDA; no entanto:

- Em primeiro lugar, é necessário definir os requisitos, isto é, que seja simultaneamente eficiente e funcional não deixando de ser consistente;
- Em segundo lugar, tem de ser de fácil utilização já que os decisores necessitam de uma ferramenta que permita uma análise intuitiva dos resultados à medida que os pesos dos critérios são alterados.

Então importa analisar previamente os diferentes métodos de MCDA para encontrar aquele que melhor se adapta aos nossos objectivos.

Durante o processo de revisão bibliográfica estudamos os seguintes métodos: a MAUT (Teoria da Utilidade Multiatributo), o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), o ELECTRE (ELimination and Choice Expressing Reality), a TODIM (TOmada de Decisão Interativa Multicritério) e o PROMETHÉE (Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations).

A MAUT é uma técnica que se baseia na teoria da utilidade que, segundo Gomes *et al.* (2002), permite avaliar as consequências através de um levantamento de preferências e incorpora-las no problema, isto é, nas escolhas do Decisor assim como no seu comportamento em relação ao risco. Este método visa determinar as preferências do decisor como funções de utilidade. A função de utilidade pode ser determinada de diversas formas dependendo quer das propriedades dos critérios analisados quer das preferências dos decisores.

As vantagens deste método são essencialmente três: a sua base teórica muito sólida alicerçada em cálculo matemático, a possibilidade de uma identificação fácil de violações de coerência e de independência entre atributos e alternativas, e a aplicabilidade a uma gama alargada de problemas. Contudo, é necessário um profundo conhecimento e detalhe das variáveis e suas relações além de uma grande habilidade por parte do utilizador para definir as funções de utilidade. Além disso, o método conduz a um cálculo muito complexo envolvendo muitas variáveis. Quando uma alternativa complexa tiver de ser avaliada, também cada atributo deve ser avaliado, visando tornar a avaliação robusta e aumentar a consistência do julgamento.

Podemos considerar que outra grande vantagem da Teoria da Utilidade é que a sua aplicação é possível não apenas em análises de decisões que envolvam resultados quantitativos, mas também que envolvam resultados qualitativos. A quantificação é efectuada pela associação de um valor abstracto de utilidade para cada uma das situações possíveis. Portanto, um evento que não tem um correspondente numérico pode ser transformado em valor de utilidade. A principal desvantagem desta opção centra-se na subjectividade excessiva.

O método MacBeth, acrónimo de Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (Bana e Costa e Vansnick, 1995), permite avaliar opções tendo em conta múltiplos critérios. A distinção fundamental entre o MacBeth e outros métodos de Análise de Decisão Multicritério é que aquele requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atractividade entre elementos para gerar pontuações para as opções em cada critério e para ponderar os critérios. O MacBeth compara as alternativas em estudo não só entre si mas também com referências, que podem ser melhores ou piores que as alternativas, constituindo-se portanto como uma ferramenta ideal para construir *rankings*. A principal desvantagem é a subjectividade que pode ser induzida pelos questionários mas, tal como referido anteriormente, esta subjectividade pode ser reduzida, senão eliminada.

Os métodos da família ELECTRE utilizam a modelação de preferências baseada nas relações de sobreclassificação entre pares de acções. Ou seja, são definidos previamente os conjuntos de alternativas e critérios, estes já com pesos relativos atribuídos pelo Decisor, sendo então depois estabelecidas as relações de dominância. Assim, são calculados índices de concordância e discordância que reflectem as vantagens e desvantagens das alternativas. Uma das críticas a este método é a da arbitrariedade com que são estabelecidos os limites de preferência e indiferença necessários para avaliar os desempenhos das alternativas (Lopes, 2008).

O AHP é uma das técnicas mais utilizadas no apoio à decisão e na resolução de conflitos. O problema é decomposto hierarquicamente o que facilita a sua compreensão, estruturação e avaliação. Uma das grandes vantagens deste método é a maneira como os decisores expressam suas preferências. A expressão na forma qualitativa proporciona uma interacção mais natural e também mais fácil com os actores que estão envolvidos no processo. Isto é particularmente importante quando lidamos com várias pessoas, de interesses e níveis de conhecimento diferentes. No entanto, este método pode ser criticado devido à forma de determinação dos pesos dos critérios, e à possibilidade do processo se tornar muito cansativo caso envolva um grande número de critérios (Lopes, 2008).

O método TODIM tem na sua estrutura as características mais relevantes, tal como a estruturação com base no paradigma da Teoria dos Prospectos. Por esse motivo este método permite ter em

conta o risco na modelação dos problemas de decisão multicritério. Assim, ao contrário do método AHP, o TODIM possui características relevantes na sua formulação, como a possibilidade de trabalhar explicitamente com as atitudes dos agentes de decisão face ao risco. Como desvantagem também pode ser apontada a sua subjectividade (Lopes, 2008).

Os métodos PROMÉTHÉE têm como vantagem proporcionar aos decisores um melhor entrosamento e entendimento da Metodologia de Apoio à Decisão com a qual estarão envolvidos (Gartner, 2001). Esta metodologia actua na construção de relações de superação valorizadas, incorporando conceitos e parâmetros que possuem alguma interpretação física ou económica, e de fácil compreensão pelo decisor. Uma grande vantagem da utilização de uma técnica multicritério como esta é que ela está ancorada numa modelação matemática robusta e transparente que apresenta um encadeamento lógico e racional das premissas e preferências por parte do decisor no que diz respeito a cada um dos atributos verdadeiramente importantes e tomados em consideração durante o processo de análise. Uma desvantagem é também a sua subjectividade.

Em suma, a escolha da ferramenta MCDA a ser utilizada é um processo cuidadoso que deve tomar em consideração não só as vantagens e desvantagens de cada método e a exequibilidade da sua aplicação ao problema em questão, mas também as preferências individuais dos decisores que estão envolvidos no processo. Para cada problema em concreto certamente que haverá uma metodologia de apoio a decisão multicritério mais apropriada para auxiliar à tomada da decisão mais acertada.

Foram ainda estudadas outras metodologias mais simples e de utilização mais limitada no passado como o *Weighted Sum Model (WSM)* e o *Weighted Product Model (WPM)*. Devido às características intrínsecas de ambas não as consideramos no âmbito deste trabalho.

Em face do exposto optamos por utilizar a ferramenta MacBeth. Pela simplicidade do método, pela exequibilidade da sua aplicação aos problemas em questão, mas sobretudo porque o consideramos mais *user-friendly* na relação com os decisores. É certo que tem como desvantagem a subjectividade induzida na escolha dos indicadores mas sobretudo nos pesos relativos. Mas há formas de mitigar essas desvantagens e sobre elas falaremos mais em detalhe, oportunamente.

3.4. Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MacBeth)

Como Bana e Costa *et al.* (2004) sublinham o MacBeth é uma abordagem de decisão multicritério de fácil utilização que requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de valor de

modo a ajudar o decisor, ou um grupo de decisores, a quantificar a atractividade relativa de um conjunto de opções.

O MacBeth é uma ferramenta Humanística, Interactiva e Construtiva (Bana e Costa *et al.*, 1995):

- Humanística, no sentido que deve ser usada para ajudar os decisores a ponderar, comunicar e discutir os seus sistemas de valores e preferências;
- Interactiva, porque o seu processo de reflexão e aprendizagem pode ser estendido através de uma facilitação social sustentada por protocolos simples de pergunta-resposta;
- Construtiva porque assenta na ideia de que nem os decisores nem cada membro de um grupo de decisão têm convicções fortes sobre o tipo de decisão a ser tomada, mas é possível fornecer-lhes ajuda para formar essas convicções e construir preferências robustas acerca das diferentes opções para resolver o problema.

3.4.1. Aspectos gerais da ferramenta MacBeth

Na opinião de Soares de Mello *et al.* (2003) o MacBeth é um auxiliar importante na resposta a duas questões essenciais:

1. Para cada critério determina uma função que a cada alternativa faça corresponder um número real. Essa função deve atribuir números maiores a alternativas com maior atractividade, de tal forma que a maiores diferenças de atractividade correspondam maiores diferenças no número real correspondente. É assim construída uma escala cardinal de valores. Se o valor nulo for atribuído a uma alternativa (real ou fictícia) (atractividade zero) obtém-se uma escala cardinal *ratio*, ou de razões, que tem as propriedades matemáticas de uma função utilidade monocritério.

Em alguns casos existe uma forma natural de atribuir valores, sendo o custo de uma mercadoria o exemplo clássico. Em outros casos a avaliação é qualitativa sendo necessário transforma-la em quantitativa. Mesmo no caso em que há uma forma natural de atribuir valores pode ser desejável o auxílio do MacBeth; é o caso em que atractividade de uma alternativa não respeita a relação de proporcionalidade com o valor atribuído pela escala usada.

2. Tendo-se os valores de cada alternativa e relativos a cada critério, é necessário agrega-los em valor de síntese através de uma soma ponderada. O problema consiste na atribuição de coeficientes de ponderação aos vários critérios, respeitando as opiniões dos decisores. Note-se que, embora os coeficientes de ponderação sejam,

tecnicamente, coeficientes de escala, é usada normalmente a expressão *pesos* para os designar.

Para o problema de construção da escala cardinal é usado o módulo *scores* do programa MacBeth. Neste contexto, quando em determinada situação forem solicitados ao decisor julgamentos de valor sobre as acções potenciais (alternativas), ele fá-lo-á em termos da atractividade que sente por essa alternativa. O próprio programa faz a análise de coerência cardinal (transitividade) e semântica (relações entre as diferenças) sugerindo, em caso de incoerência, como resolve-la. Através da utilização de técnicas de programação linear é sugerida uma escala de valores e os intervalos em que eles podem variar sem tornar o problema inconsistente (PPL inviável). É ainda facultado ao decisor o ajuste gráfico do valor dos pesos atribuídas dentro dos intervalos permitidos para tal.

Como explica Bana e Costa e Vansnick (1995) esta tarefa é definida como a construção de uma função critério v_j , tal que:

- Para $a, b \in A$, $v(a) > v(b)$ se, e somente se, para o avaliador, a é mais atractiva (localmente) que b ($a P b$);
- Qualquer diferença positiva $v(a) > v(b)$ representa numericamente a diferença de valor entre a e b , com $a P b$ sempre em termos de um ponto de vista fundamental j (PVF $_j$), ou critério j .

Assim, para $a, b, c, d \in A$ com a mais atractiva que b , e c mais atractiva que d , verifica-se que $v(a) - v(b) > v(c) - v(d)$ se, e somente se, a diferença de atractividade entre a e b é maior que a diferença de atractividade entre c e d .

Ainda segundo Bana e Costa e Vansnick (1995:19), *dados os impactos $ij(a)$ e $ij(b)$ de duas alternativas a e b de A segundo um ponto de vista fundamental PVF $_j$ (critério), sendo a julgada mais atractiva que b , a diferença de atractividade entre a e b é “muito fraca”, “fraca”, “moderada”, “forte”, “muito forte” ou “extrema”.*

Por *Ponto de Vista Fundamental* entende-se *qualquer aspecto da realidade que um actor (pessoa ou organização) considera como importante para escolher entre as várias alternativas (de um contexto decisório)*, (Bana e Costa et al., 1995:21).

É introduzida uma escala semântica formada por categorias de diferença de atractividade, com o objectivo de facilitar a interacção entre o decisor e o analista. O decisor deverá escolher aquela, e só aquela, categoria que pensa ser a mais próxima da realidade de entre as seis disponíveis.

Se por um lado, o método MacBeth introduz um intervalo da recta real associado a cada uma das categorias, por outro lado este intervalo não é fixado *à priori*, sendo determinado simultaneamente com a escala numérica de valor v de que se está à procura.

Assim, este método tem ligação ao problema teórico de representação numérica de semi-ordens múltiplas por limiares constantes de Doignon (1987), representado por m relações binárias ($P^{(1)}, P^{(2)}, \dots, P^{(k)}, \dots, P^{(m)}$), onde $P^{(k)}$ representa a relação de preferência tanto mais forte quanto maior é k , dado um critério j .

As preferências são representadas por uma função v e por funções limiares s_k : $a P^{(k)} b, s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1}$, ou seja, é possível a representação numérica das categorias semânticas de diferença de atractividade através de um intervalo de números reais.

Portanto, no MacBeth a expressão dos julgamentos do decisor é feita por uma escala semântica formada por seis categorias de dimensão não necessariamente igual:

- C_1 - diferença de atractividade muito fraca: $C_1 =]s_1, s_2]$ e $s_1=0$;
- C_2 - diferença de atractividade fraca: $C_2 =]s_2, s_3]$;
- C_3 - diferença de atractividade moderada: $C_3 =]s_3, s_4]$;
- C_4 - diferença de atractividade forte: $C_4 =]s_4, s_5]$;
- C_5 - diferença de atractividade muito forte: $C_5 =]s_5, s_6]$;
- C_6 - diferença de atractividade extrema: $C_6 =]s_6, +++[$.

As categorias são delimitadas por limiares constantes s_1, \dots, s_6 , determinados simultaneamente com a obtenção da escala de valor v .

A Figura 3.1 ilustra um exemplo de um problema de semi-ordens (Corrêa, 1996).

O decisor fez os seus julgamentos absolutos de diferença de atractividade entre as três alternativas presentes, obtendo-se os limiares e os valores para as alternativas, hierarquizando assim a , b e c com 100, 93 e 30 pontos, respectivamente.

O resultado indica que a diferença de valor entre as alternativas a e b é de sete unidades ($v(a) - v(b) = 7$), o que está de acordo com os limiares da categoria C_1 (diferença de atractividade muito fraca) definida entre os valores 0 e 10 unidades (para este exemplo). A diferença de atractividade entre as alternativas b e c foi considerada como sendo forte pelos decisores, ou seja, categoria C_4 . A escala construída gerou uma diferença de valor entre as alternativas de 63 unidades ($v(b) - v(c) = 63$), valor este que está entre os limites da categoria C_4 , definida entre 44 e

67 unidades. Para o par (a,c), a diferença de atractividade foi considerada forte (categoria C_5), devendo a diferença de valor entre as duas alternativas estar entre os valores dos limiares da categoria C_5 , ou seja, entre 67 e 92 unidades. A respectiva diferença é 70 pontos ($v(a)-v(c) = 70$), dentro do esperado.

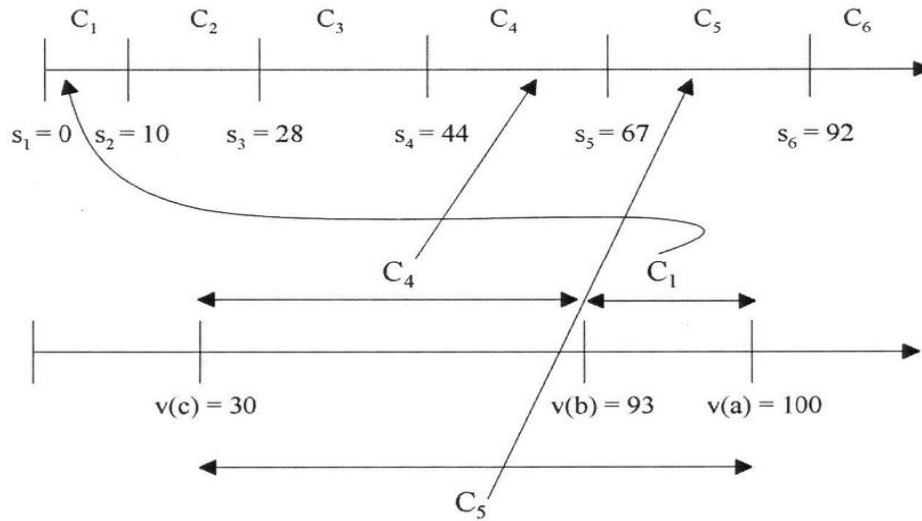


Figura 3.1 - Exemplo de representação numérica de semi-ordens múltiplas por limites constantes de Doignon, (Corrêa, 1996).

3.4.2. Matriz dos julgamentos de valor

Para facilitar a expressão dos julgamentos absolutos de diferença de atractividade entre os pares de alternativas é muito útil a construção de matrizes de juízos de valor. A Figura 3.2 mostra a matriz triangular superior construída para cada critério, na qual se supõe que $A = \{a_n, a_{n-1}, \dots, a_1\}$ é o conjunto de n alternativas a avaliar, e que estas são ordenadas por ordem decrescente de atractividade $a_n P a_{n-1} P \dots P a_1$, não existindo indiferença em nenhum caso para este critério.

	a_n	a_{n-1}	...	...	a_2	a_1
a_n		$X_{n,n-1}$	...	...	$X_{n,2}$	$X_{n,1}$
a_{n-1}$			...	...	X_{n-1,2}$	$X_{n-1,1}$
...			
...				
a_2						$X_{2,1}$
a_1						

Figura 3.2 - Matriz de juízos de valor (Corrêa, 1996).

Cada elemento $x_{i,j}$ da matriz toma o valor k ($k=1,2,3,4,5,7$) se o decisor julgar que a diferença de atratividade do par (a_i, a_j) pertence à categoria C_k . Estes números não têm qualquer significado matemático, e apenas servem de indicadores semânticos de qual foi a categoria de diferença de atratividade que foi atribuída ao par respectivo.

3.4.3. Inconsistência nos julgamentos de valor

Nos casos em que as matrizes de valor são grandes torna-se difícil avaliar em coerências todas as alternativas. Nestes casos é vulgar o aparecimento de inconsistências nos julgamentos de valor do decisor. Existem dois tipos de inconsistência: a semântica (quando a atribuição de categoria de atratividade a um par de alternativas não é logicamente aceitável), e a cardinal (se a representação dos julgamentos não é possível através de uma escala cardinal dentro dos números reais).

3.4.3.1. Inconsistência semântica

Supondo que um decisor atribuiu aos pares de alternativas (a,b) e (b,c) categorias de diferença de atratividade C_k e C_{k^*} , respectivamente. Sendo $k > k^*$, então a é mais atractiva que b e mais atractiva que c . A transitividade exige que a diferença de atratividade entre a e c pertença a uma categoria $C_{k^{**}}$, sendo $k^{**} \geq k$, o que significa que a diferença de atratividade entre o par (a,c) é pelo menos tão grande quanto aquela entre o par (a,b) .

A utilização do teste de consistência em casos reais faz com que os decisores refaçam os seus juízos de valor quando envolvidos em situações de inconsistência.

3.4.3.2. Inconsistência cardinal

A inconsistência cardinal ocorre em situações em que o decisor gera um conjunto de julgamentos que são semanticamente consistentes, mas que não podem ser representados numericamente. É

conhecido da teoria (Doignon, 1987; Bana e Costa e Vansnick, 1995) que a representação numérica de semi-ordens múltiplas por limiares constantes nem sempre é possível.

A Figura 3.3 representa uma situação de inconsistência cardinal nos julgamentos de valor do decisor (Corrêa, 1996).

O julgamento da diferença de atractividade entre as alternativas a e c foi indicada pelo decisor como pertencente à categoria C_4 . A diferença de valor entre as alternativas deveria ser então um valor entre s_4 e s_5 . Pela Figura 3.3 verifica-se que isto não é possível, uma vez que a diferença de valor entre a e c ($v(a)-v(c) = 70$) é maior que o limiar $s_5 = 67$. Assim, torna-se impossível construir os limiares constantes (representados na recta superior) já que a condição teórica não pode ser respeitada. Este problema não tem solução apesar de ser semanticamente possível.

Importa destacar que o que se deseja é que a diferença de valor entre as alternativas seja um número compreendido entre os valores absolutos s_k e s_{k+1} . Se a diferença de atractividade entre duas alternativas for, por exemplo, forte, isto não significa que a amplitude da categoria C_4 seja grande mas sim que os valores absolutos dos limiares desta categoria são elevados.

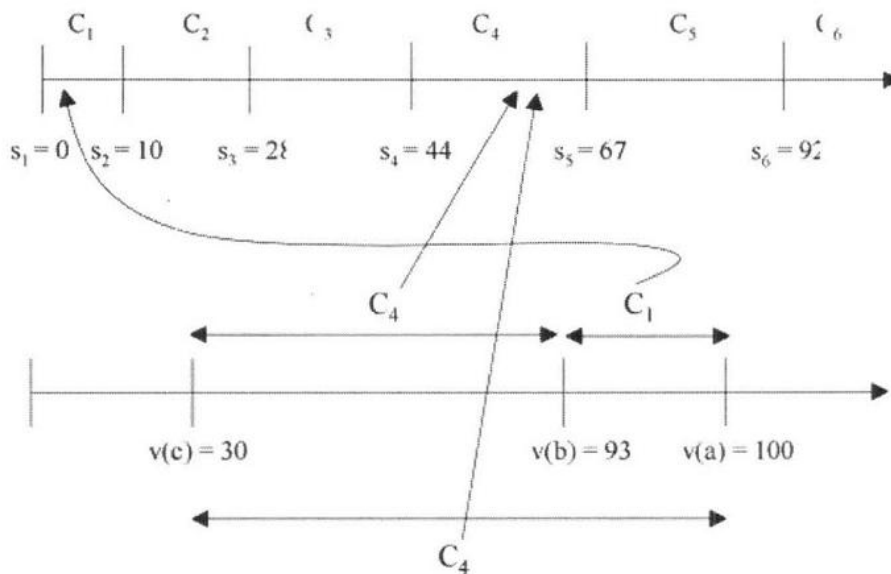


Figura 3.3 - Exemplo de inconsistência cardinal, (Corrêa, 1996).

3.4.4. Formulação matemática (Corrêa, 1996)

Matematicamente, a ferramenta MacBeth é constituída por quatro problemas de programação linear (PPLs) sequenciais subjacentes que garantem a análise de consistência cardinal e a construção da escala de valor cardinal, e trazem à evidência eventuais fontes de inconsistência.

3.4.4.1. 1º Problema de programação linear

O 1º PPL verifica a existência de inconsistências cardinais. Matematicamente é representado por da seguinte forma (I):

Min c

Sujeito a:

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_1) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, a \in P a_1$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1.000$$

$$r4) k = \{1, \dots, 6\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \geq s_{k+1} - c$$

$$r5) k = \{1, \dots, 5\}, (a, b) \in C_k: v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1 + c$$

A Função Objectivo (FO) de (I) é a minimização da variável auxiliar c , cuja utilidade é verificar se existe inconsistência nos julgamentos do decisor (para $c = 0$, não existem inconsistências).

A restrição $r0$ garante a condição de não negatividade para todas as variáveis do problema. As restrições $r1$ e $r2$ fixam uma origem para a escala, garantindo que o limiar inferior da categoria de diferença de atractividade C_1 e o valor da alternativa menos atractiva sejam iguais a zero. A restrição $r3$ estabelece que o tamanho mínimo de cada categoria seja igual a 1.000 unidades, valor arbitrário escolhido de maneira a que o erro introduzido nas duas restrições seguintes não tenha um valor significativo. As restrições $r4$ e $r5$ são a aplicação da fórmula de Doignon para o problema de semi-ordens múltiplas: $a \succ^{(k)} b, s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1}$, ou seja, para cada par de alternativas deve garantir-se que a diferença de valor esteja entre os limites da categoria de atractividade que lhe foi atribuída. De modo a que seja possível a utilização de programação linear, a equação acima foi transformada em duas, representadas pelas restrições $r4$ e $r5$. Como na programação linear não é possível a utilização de desigualdades estritas foi incluída uma constante, com o valor de 1 unidade, fazendo com que a condição teórica seja respeitada.

Quando existem inconsistências cardinais o problema de representação numérica de semi-ordens múltiplas não tem solução. Com a introdução da variável c , o PPL (I) tem sempre solução, ou seja, irá sempre produzir uma escala que represente os julgamentos de valor do decisor. Quando

o valor da FO for diferente de zero ($c \neq 0$) há inconsistências, ou seja, a escala não representa fielmente os julgamentos do decisor.

3.4.4.2. 2º Problema de programação linear

O 2º PPL é responsável pela construção da escala de valor cardinal que representa o conjunto de julgamentos do decisor. Matematicamente toma a forma seguinte (II):

$$\text{Min } \{\Sigma[\varepsilon(a,b) + \eta(a,b)] + \Sigma[\alpha(a,b) + \delta(a,b)]\}$$

Sujeito a:

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_1) = 0, \text{ onde } \forall a \in A; \text{ vale a P } a_1$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1.000$$

$$r4) k = \{1, \dots, 6\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) \geq s_{k+1}$$

$$r5) k = \{1, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1$$

$$r6) k = \{1, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) = 0.5(s_k + s_{k+1}) + \varepsilon(a,b) - \eta(a,b)$$

$$r7) (a,b) \in C_6: v(a) - v(b) = s_6 + 1 - \alpha(a,b) + \delta(a,b)$$

O problema da representação numérica de semi-ordens por limiares constantes, quando construído conforme o método MacBeth, admite infinitas soluções. O critério adoptado por Bana e Costa e Vansnick (1995) para a escolha da solução é a minimização dos desvios absolutos entre a diferença de valor de duas alternativas ($v(a) - v(b)$) e o ponto médio da categoria de diferença de atractividade à qual pertencem ($0.5(s_{k+1} + s_k)$), para $k \neq 6$. Para a categoria C_6 o critério escolhido foi a minimização dos desvios absolutos entre a diferença de valor das alternativas e o ponto $s_6 + 1$. A FO de (II) representa, portanto, a minimização da soma dos desvios absolutos.

A restrição r0 garante a condição de não negatividade para todas as variáveis do problema. As restrições r1, r2 e r3 são iguais às do PPL (I). As restrições r4 e r5, da mesma forma, são similares aquelas já apresentadas, apenas não havendo necessidade de incluir a variável auxiliar c , uma vez que todas as fontes de inconsistência já foram analisadas. A restrição r6 faz com que a

diferença de valor entre o par (a,b) seja igual ao valor central da categoria de diferença de atractividade à qual pertencem, acrescido de um desvio absoluto. Esta restrição é aplicada a todos os pares de alternativas pertencentes a C_k com $k = 1, \dots, 5$. Para os pares que possuem diferença de atractividade extrema, ou seja, $k = 6$, a restrição $r7$ faz com que a diferença de valor entre o par de alternativas seja igual ao limiar inferior da categoria mais 1 unidade, a que acresce o desvio absoluto. Ou seja, procura fazer com que a diferença de valor entre os pares de alternativas pertencentes à categoria C_6 esteja o mais próximo possível do limiar inferior desta categoria.

3.4.4.3. 3º e 4º Problemas de programação linear

Quando no PPL (I) c é diferente de zero, há inconsistência nos julgamentos de valor do decisor. O procedimento mais adequado é uma revisão dos juízos iniciais discutindo-se com o decisor possíveis modificações que possam ser feitas para tentar ultrapassar os problemas de inconsistência. Os PPLs (III) e (IV) evidenciam as possíveis causas de inconsistência. Apresentam a mesma FO, diferindo apenas nas restrições:

$$\text{PPL (III): } \text{Min } \{ \sum [\alpha(a,b) + \beta(a,b)] \}$$

Sujeito a:

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_1) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, \text{ vale a P } a_1$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1.000$$

$$r4) k = \{1, \dots, 6\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) \geq s_k + 1$$

$$r5) k = \{1, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) \leq s_{k+1} - 1$$

$$r6) k = \{1, \dots, 6\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_k + 1 - \alpha(a,b) + \delta(a,b)$$

$$r7) k = \{1, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - 1 + \beta(a,b) - \gamma(a,b)$$

PPL (IV): $\text{Min } \{\Sigma[\alpha(a,b) + \beta(a,b)]\}$

Sujeito a:

$$r0) s_1, \dots, s_6 \geq 0; v(a) \geq 0, \forall a \in A; c \geq 0$$

$$r1) s_1 = 0$$

$$r2) v(a_1) = 0, \text{ onde } \forall a \in A, \text{ vale a P } a_1$$

$$r3) k = \{2, \dots, 6\}: s_k - s_{k-1} \geq 1.000$$

$$r6) k = \{1, \dots, 6\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_k + 1 - \alpha(a,b) + \delta(a,b)$$

$$r7) k = \{1, \dots, 5\}, (a,b) \in C_k: v(a) - v(b) = s_{k+1} - 1 + \beta(a,b) - \gamma(a,b)$$

A FO minimiza a soma das variáveis $\alpha(a,b)$ e $\beta(a,b)$, fazendo realçar em (III) e em (IV) pares de alternativas cuja identificação com as categorias respectivas especificadas pelo decisor introduzem problemas de inconsistência. Ou seja, aqueles para os quais os valores de $\alpha(a,b)$ ou de $\beta(a,b)$ são diferentes de zero na solução ótima de (III) ou de (IV). Como resultado é sugerida ao decisor uma matriz (alterada) que permita a consistência dos valores.

A diferença entre as soluções ótimas destes dois problemas reside no facto de restringirem (III) ou não (IV) as soluções possíveis de valores das variáveis $\alpha(a,b)$ e $\beta(a,b)$ não superiores ao valor de c , pela introdução (III) ou não (IV) das restrições $r4$ e $r5$.

3.4.5. Determinação dos pesos para os critérios

Na posse dos julgamentos absolutos de valor segundo cada um dos critérios é agora necessário obter informações de natureza inter-critérios (representadas por constantes de escala, taxas de substituição ou pesos) para uma avaliação global das alternativas. No MacBeth cada critério é representado por uma alternativa fictícia que tenha a melhor avaliação possível nesse critério e a pior nos demais critérios.

Para que não sejam perdidas informações a respeito do critério considerado menos atractivo deve introduzir-se na matriz de juízos de valor uma alternativa fictícia extra que possua o pior nível de impacto em todos os pontos de vista fundamentais. A inclusão desta alternativa evita que seja atribuído o peso nulo a algum critério, o que violaria o axioma da exaustão de Roy (Roy e Bouyssou, 1993).

Com este conjunto de julgamentos efectuado, a ferramenta MacBeth é então executada primeiro para a verificação de eventuais inconsistências semânticas e cardinais e, depois, para a determinação de uma escala de valor cardinal que represente os julgamentos de valor do decisor. Neste particular os PPLs são semelhantes aos descritos anteriormente exceptuando-se a restrição de normalização adicionada nesta fase.

3.5. Conclusão

Neste capítulo caracterizamos todos os métodos, e de entre eles grande parte das ferramentas de MCDA, que são utilizados normalmente para a avaliação do desempenho de aeroportos. Tais métodos e ferramentas estão sumarizados na Figura 3.4.

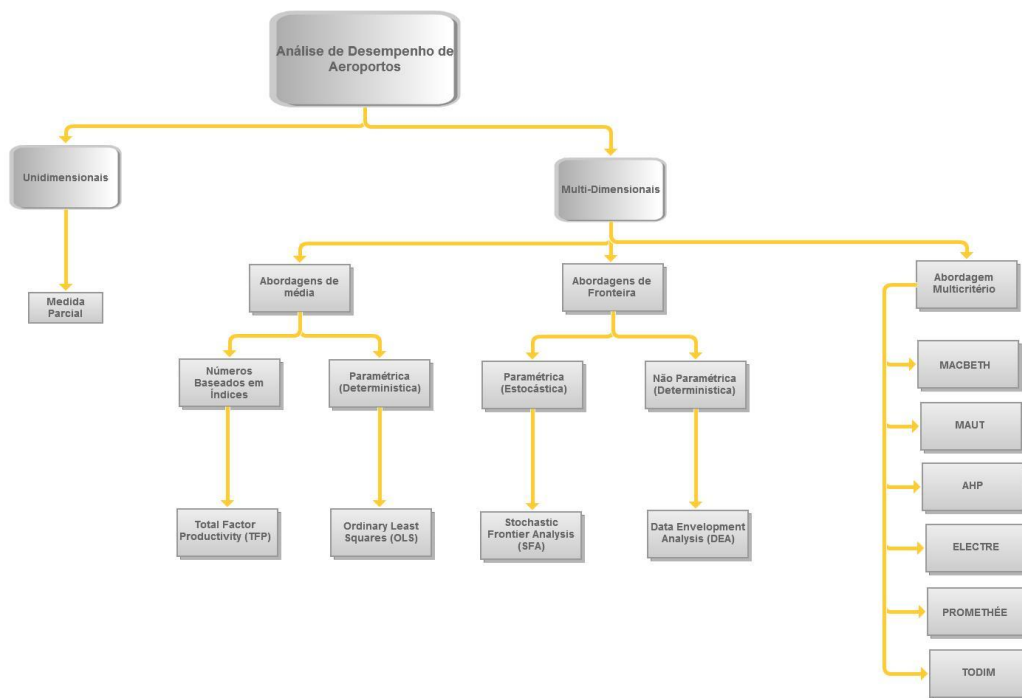


Figura 3.4 - Métodos e ferramentas para a avaliação do desempenho de um aeroporto.

Apresentadas as virtudes e limitações de cada metodologia escolhemos a Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) para aplicação no âmbito deste trabalho. E de entre todas as ferramentas disponíveis para a Análise Multicritério a nossa atenção recaiu sobre o MacBeth cujas desvantagens, incontornáveis mas ainda assim praticamente comuns a todas as ferramentas, são para nós uma motivação acrescida.

Assim, no capítulo seguinte passamos à fase da aplicação do MacBeth como ferramenta MCDA para a avaliação do desempenho de aeroportos.

Capítulo 4. Casos de Estudo

4.1. Introdução

Neste capítulo são apresentados os casos de estudo analisados ao longo desta dissertação, que consistem na avaliação do seu desempenho e da eficiência de vários aeroportos, em diferentes partes do globo, e sob pontos de vista diferentes. A sequência dos trabalhos está esquematizada na Figura 4.1.

Para a prossecução dos casos de estudo utilizamos a ferramenta MacBeth através do respectivo *software*.

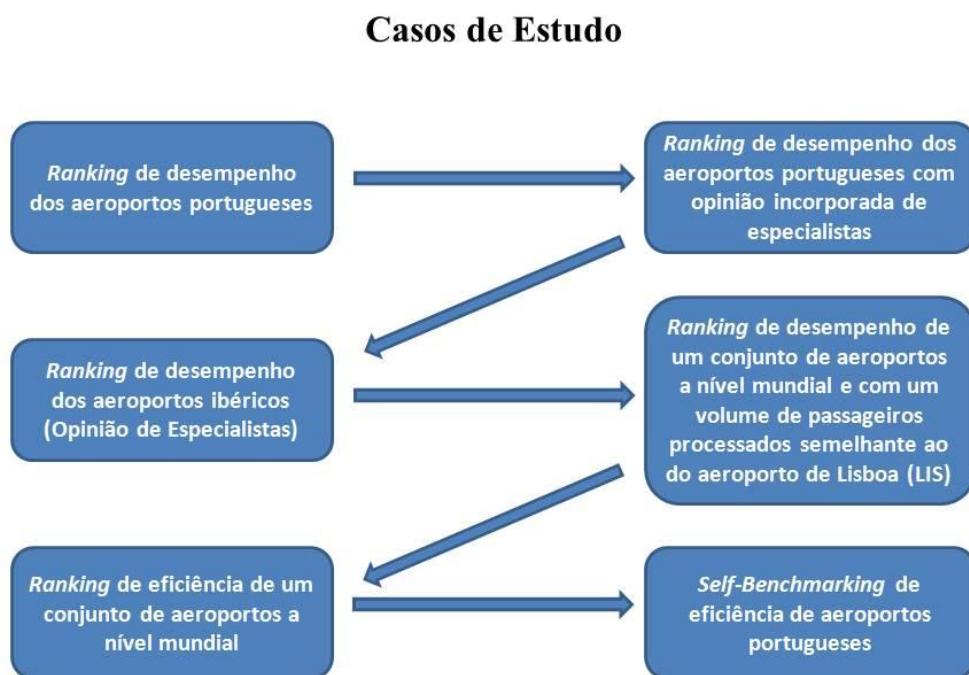


Figura 4.1 - Casos de estudo desenvolvidos no âmbito desta dissertação.

4.2. Ranking de Aeroportos Utilizando Indicadores Simples

4.2.1. Ranking de desempenho dos aeroportos portugueses

Neste caso de estudo foram utilizados indicadores simples a fim de executar um *ranking* de desempenho dos nove maiores aeroportos portugueses (Faro (FAO), Flores (FLW), Funchal (FNC), Horta (HOR), Lisboa (LIS), Porto (OPO), Ponta Delgada (PDL), Porto Santo (PXO), e Santa Maria (SMA)).

O primeiro passo é criar a árvore de decisão em que a cada critério é atribuído a um nó. Para o *ranking* de desempenho do lado-ar de um aeroporto os critérios escolhidos foram: Movimentos de Aeronaves (AM), Quantidade de Passageiros Processados (CP), e Quantidade de Carga em Toneladas. (Cg). Estes critérios são definidos por:

- Movimentos de Aeronaves (Aircraft Movements, AM), que inclui o número de aeronaves que aterram e descolam de um aeroporto;
- Quantidade de Passageiros Processados (Commercial Passengers, CP), que inclui o número de passageiros que chegam e partem de um aeroporto;
- Quantidade de Carga em Toneladas (Cargo, Cg), que inclui o número de toneladas de carga que chegam e partem de um aeroporto, podendo aquela ser doméstica ou internacional, de mercadorias ou correio.

A árvore de decisão é a da Figura 4.2.

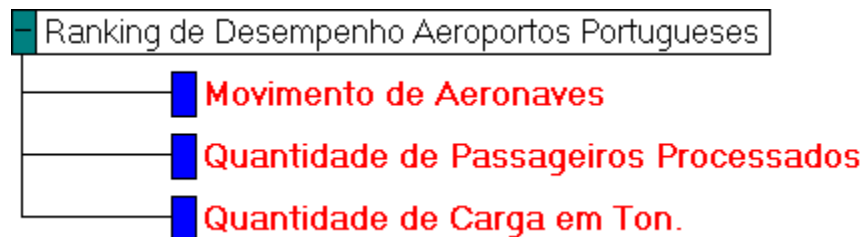


Figura 4.2 - Árvore de decisão para o 1º caso de estudo.

Após a construção da árvore de decisão com os critérios escolhidos o passo seguinte é o preenchimento da tabela com os valores de cada um deles. Os dados para preenchimento desta tabela (Figura 4.3) foram obtidos a partir do ACI Annual Report (2006).

Opções	AM	CP	Cg
FAO	42494	5089672	953
FLW	1558	37820	310
FNC	25828	2360857	9200
HOR	4809	196939	1233
LIS	137109	12314314	99483
OPO	49215	3402816	34444
PDL	12165	909609	8593
PXD	6300	153052	343
SMA	3439	96831	360

Figura 4.3 - Informação sobre os aeroportos portugueses (ACI, 2006).

Importa agora quantificar (*pesar*) a atractividade de cada um dos critérios em relação aos demais. Para tal, e não havendo referências bibliográficas que balizem essa mesma atractividade, optou-se numa primeira análise por uma distribuição igualitária. Como se demonstra na Figura 4.4 todos os critérios apresentam atractividade igual (33,33%) perfazendo a sua soma o total de 100%.

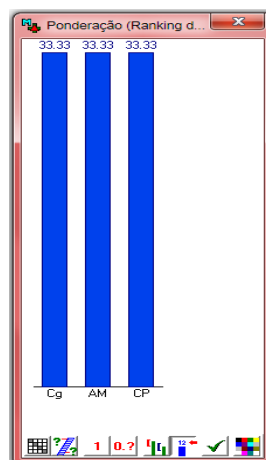


Figura 4.4 - Peso dos critérios para o 1.º caso de estudo.

Após a introdução no software dos vários pesos (atractividade) para os critérios escolhidos obtivemos uma primeira ordenação, ou seja, um primeiro *ranking* de desempenho dos aeroportos portugueses (Figura 4.5).

Opções	Global	AM	CP	Cg
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00
LIS	100.00	100.00	100.00	100.00
OPO	32.72	35.89	27.63	34.62
FAO	24.43	30.99	41.33	0.96
FNC	15.75	18.84	19.17	9.25
PDL	8.30	8.87	7.39	8.64
HOR	2.12	3.51	1.60	1.24
PXD	2.06	4.59	1.24	0.34
SMA	1.22	2.51	0.79	0.36
FLW	0.59	1.14	0.31	0.31
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.3333	0.3333	0.3333

Figura 4.5 - *Ranking* de desempenho dos aeroportos portugueses para o 1º caso de estudo.

Como podemos verificar pela análise da Figura 4.5 Lisboa (LIS) tem o melhor resultado (100%) em cada um dos critérios, o que lhe confere o 1.º lugar no cômputo geral dos aeroportos portugueses. O aeroporto do Porto (OPO) obtém a segunda classificação com 32.72% logo seguido pelo aeroporto de Faro (FAO), em terceiro lugar, com 24,43%. Em último lugar com apenas 0.59% relativamente ao desempenho do aeroporto de Lisboa (LIS) aparece o aeroporto das Flores (FLW). O facto de a referência superior em cada critério ser o melhor resultado do conjunto dos aeroportos para esse critério permite ainda uma análise simples e mais focalizada nesse critério em particular. Por exemplo, repare-se que no caso do aeroporto de Faro ele surge no cômputo geral em terceira posição, tal como para o critério AM visto isoladamente; mas o aeroporto de Faro é segundo em CP, e sexto em Cg.

4.2.2 *Ranking* de desempenho dos aeroportos portugueses com opinião incorporada de especialistas

Após a conclusão do primeiro caso de estudo era importante uma análise cuidada sobre os seus resultados e sobre os melhoramentos que poderiam ser introduzidos. E decidimos:

- Introduzir a opinião de especialistas do meio aeronáutico, de modo a que existisse uma diferença de atractividade entre os critérios o mais próximo da realidade quanto possível;
- Explorar outras ferramentas fornecidas pelo *software* MacBeth essenciais na análise dos resultados.

Em relação a primeiro ponto foi lançado um inquérito a trinta especialistas do meio aeronáutico, de diferentes áreas e países, obtendo-se assim pontos de vista bastante diferentes, mas complementares, acerca da atractividade dos nossos critérios, o que em muito contribuiu para

uma visão muito mais aproximada da realidade do que a do primeiro caso de estudo. Do grupo de especialistas 8 (26,70%) pertenciam a universidades portuguesas e brasileiras, 5 (16,70%) a companhias de navegação aérea, 10 (33,30%) a entidades reguladoras, e 7 (23,30%) à indústria aeronáutica.

Utilizaremos então no segundo caso de estudo quer a mesma árvore de decisão do primeiro caso de estudo (Figura 4.2), quer os mesmos dados para cada critério de desempenho (Figura 4.3). No entanto, agora os pesos (atractividade) a aplicar a cada critério terão por base as sugestões dos nossos especialistas (Figura 4.6).

Em relação ao segundo ponto passamos a incluir no processo de análise de resultados outras ferramentas disponibilizadas pelo *software* do MacBeth como, por exemplo, as Análises de Sensibilidade e de Robustez.

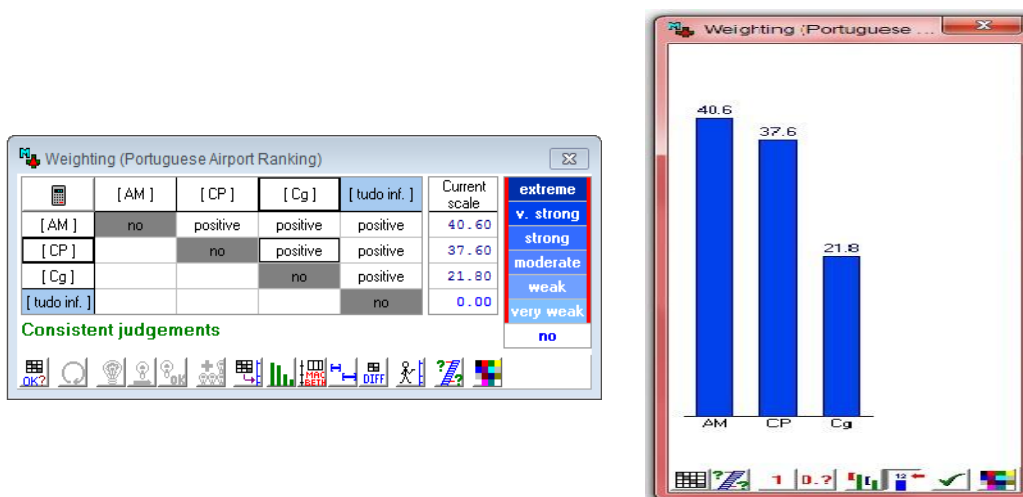


Figura 4.6 - Atractividade dos critérios segundo a opinião dos especialistas.

Como podemos verificar, o critério que os especialistas pensam ser o mais atractivo é o Movimento de Aeronaves (AM) com 40,6% (valor médio) seguido da Quantidade de Passageiros Processados (CP) com 37,6% (valor médio); em terceiro lugar, e considerado o critério menos atractivo, ou aquele que menos peso tem no desempenho de um aeroporto, encontra-se a Quantidade de Carga em Ton. (Cg) com 21,8% (valor médio).

Importa também aqui referir que na prossecução dos nossos trabalhos optámos por uma distribuição uniforme dos coeficientes de ponderação de cada critério, isto é, subentendemos que entre zero e o valor mais elevado em cada critério existem sempre 4 intervalos com idêntica

amplitude. A Figura 4.7 dá-nos conta desses coeficientes de ponderação para cada um dos critérios.

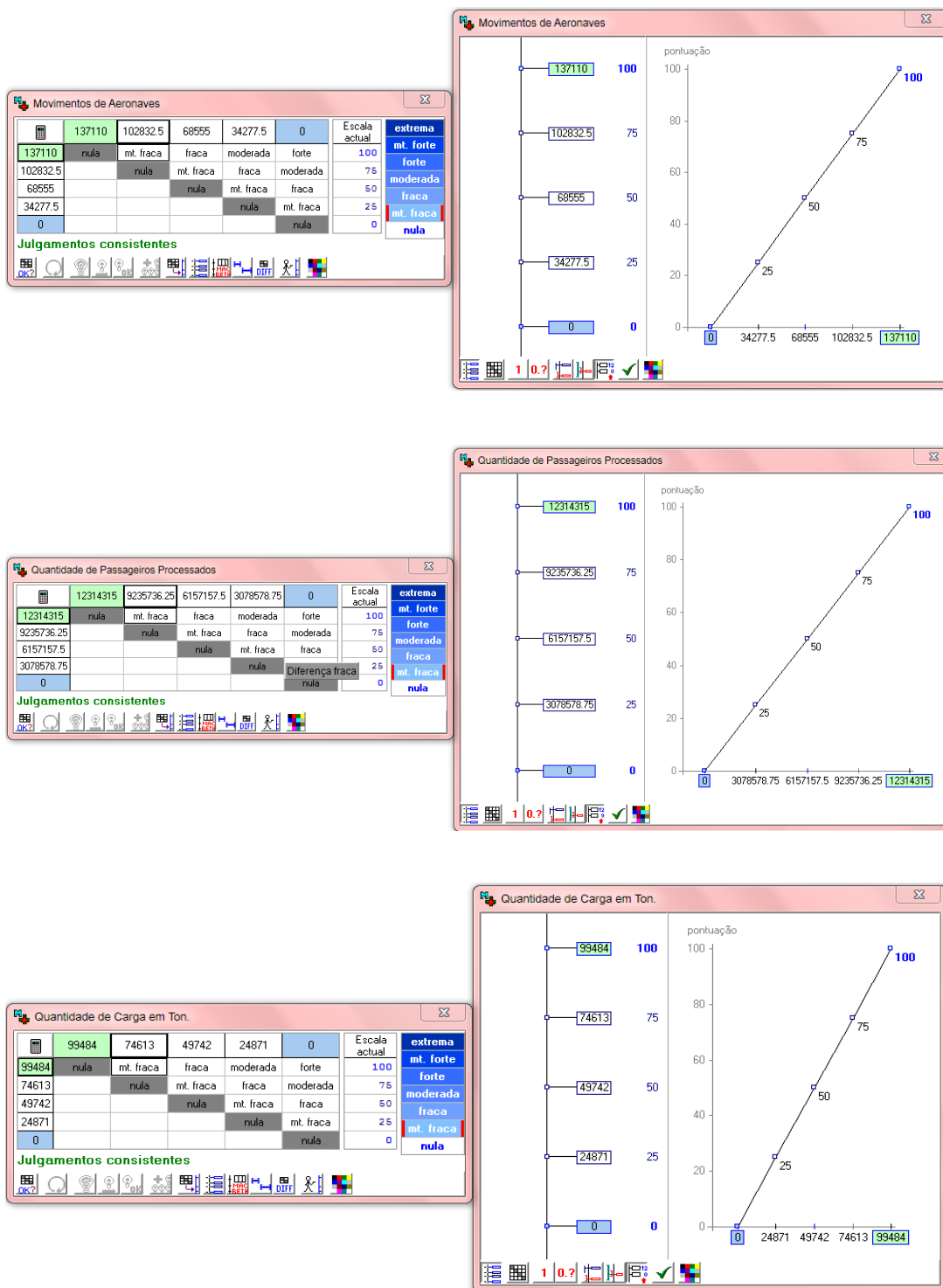


Figura 4.7 - Coeficientes de ponderação para os indicadores de desempenho.

É de esperar que com a introdução da opinião dos especialistas e a conseqüente alteração do valor da atractividade dos critérios, se verifiquem agora modificações dos resultados obtidos relativamente ao primeiro caso de estudo, quer no que respeita à ordenação dos aeroportos em cada critério, quer na ordenação dos aeroportos no cômputo geral. O *ranking* obtido no segundo caso de estudo é o da Figura 4.8.

Options	Overall	AM	CP	Cg
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00
LIS	100.00	100.00	100.00	100.00
OPO	32.51	35.89	27.63	34.62
FAO	28.33	30.99	41.33	0.96
FNC	16.87	18.84	19.17	9.25
PDL	8.26	8.87	7.39	8.64
PXO	2.41	4.59	1.24	0.34
HOR	2.30	3.51	1.60	1.24
SMA	1.39	2.51	0.79	0.36
FLW	0.64	1.14	0.31	0.31
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00
Weights :		0.4060	0.3760	0.2180

Figura 4.8 - Ranking de desempenho dos aeroportos portugueses para o 2º caso de estudo.

Como pode ser verificado pela análise da Figura 4.8 existem de facto alterações no *ranking* de desempenho dos aeroportos portugueses com a introdução da opinião dos especialistas sobre a atractividade de cada critério. Como era de esperar a pontuação de cada aeroporto foi alterada à excepção de Lisboa (LIS) que tem o melhor desempenho de todos os aeroportos e em todos os critérios. Esta alteração das pontuações trouxe consigo uma alteração da posição no *ranking* de dois aeroportos, nomeadamente o do Porto Santo (PXO) com o da Horta (HOR). Porto Santo (PXO), que no primeiro caso de estudo ocupava a 7ª posição no *ranking* (com 2.06%) viu a sua pontuação subir para 2.41% ocupando agora o 6º lugar. Já o inverso aconteceu com o aeroporto da Horta (HOR) que no primeiro caso de estudo ocupava a 6ª posição com uma pontuação de 2.12% e desceu agora para 7º lugar com uma pontuação de 2.30%.

Reafirma-se, uma vez mais, que a chave do sucesso, isto é, da credibilização e da aceitação deste tipo de análise por qualquer decisor passa pela redução da subjectividade inerente à própria Análise Multicritério

Relembra-se aqui também algo que pode ajudar a melhorar o processo de análise e que foi oportunamente referido como um incremento importante do primeiro para este segundo caso de

estudo, isto é, a utilização de outras ferramentas de análise fornecidas pelo *software* do MacBeth. Ferramentas estas que ajudam o decisor a ter uma ideia mais concreta do cenário em estudo. São exemplos destas ferramentas as Análises de Robustez e de Sensibilidade.

A tomada de decisão envolve, com frequência, informação escassa, imprecisa ou incerta. Por isso, pode ser útil analisar se as conclusões extraídas do modelo são robustas para níveis variados de escassez, imprecisão ou incerteza na informação. Neste sentido a Figura 4.9 dá-nos conta da Análise de Robustez para este segundo caso de estudo.

	[tudo sup.]	LIS	OPD	FAD	FNC	PDL	PXD	HOR	SMA	FLW	[tudo inf.]
[tudo sup.]	=	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
LIS		=	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
OPD			=	+	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
FAD				=	+	+	▲	+	▲	▲	▲
FNC					=	▲	▲	▲	▲	▲	▲
PDL						=	▲	▲	▲	▲	▲
PXD							=	+	+	▲	▲
HOR								=	▲	▲	▲
SMA									=	▲	▲
FLW										=	▲
[tudo inf.]											=

Local information			
	ordinal	MACBETH	cardinal
AM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0% ▾
CP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0% ▾
Cg	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0% ▾

Global information		
ordinal	MACBETH	cardinal
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> ±0% ▾

Diff

Figura 4.9 - Análise de robustez para o 2.º caso de estudo.

Os símbolos na tabela da Figura 4.9 têm o seguinte significado:

▲ representa uma situação de "dominância": uma opção domina outra opção se for pelo menos tão atractiva quanto a outra em todos os critérios e se for mais atractiva em pelo menos um dos critérios.

+

representa uma situação de "dominância aditiva": uma opção domina aditivamente outra opção se, para um determinado conjunto de restrições resultar sempre globalmente mais atractiva do que a outra opção da aplicação.

Também a partir da Figura 4.9 podemos constatar que o *software* do MacBeth organiza a informação que é introduzida no modelo em duas secções ("Informação local" e "Informação global") e em três tipos ("ordinal", "MACBETH" e "cardinal"). A "informação local" diz respeito a informação específica num determinado critério, ao passo que a "informação global" diz respeito à informação de ponderação dos critérios. A informação ordinal refere-se somente à ordenação,

excluindo qualquer informação de diferença de atractividade (intensidade de preferência); a informação MacBeth inclui os julgamentos semânticos introduzidos no modelo, mas ignora qualquer escala de pontuação ou ponderação compatível com esses julgamentos; e a informação cardinal diz respeito a uma escala específica e validada pelo decisor.

A Análise de Robustez oferece uma percepção gráfica sobre qual a relação entre dois aeroportos, e permite retirar algumas conclusões com mais facilidade e rapidez como, por exemplo, se determinado aeroporto tem sempre maior desempenho que outro sem a necessidade de analisar os valores de todos os critérios para os dois aeroportos em questão.

Assim sendo, e analisando em concreto a informação da Figura 4.9, podemos concluir que Lisboa (LIS) obtém a melhor classificação neste *ranking* visto que tem os melhores valores para todos os critérios - daí os triângulos vermelhos. Em seguida surge o aeroporto do Porto (OPO), porque globalmente ocupa essa posição, apesar de existir 1 critério em que é ultrapassado por uma outra infraestrutura (CP, e é o de Faro (FAO) que o supera) - daí a cruz verde. Em terceiro lugar encontra-se, globalmente, o aeroporto de Faro (FAO), embora não tendo obtido os melhores resultados parciais em cada um dos critérios, nomeadamente quando comparado com os aeroportos do Funchal (FNC), Ponta Delgada (PDL) e Horta (HOR).

Outra ferramenta fornecida pelo *software* do MacBeth e que pode ser importante para o decisor é a Análise de Sensibilidade para o Peso de um Critério e que permite analisar em que medida as recomendações do modelo se alteram ao variar o peso de um determinado critério (mantendo as relações de proporcionalidade entre os restantes pesos).

Utilizando esta ferramenta para, por exemplo, analisar a sensibilidade do peso do critério AM obtém-se o gráfico da Figura 4.10.

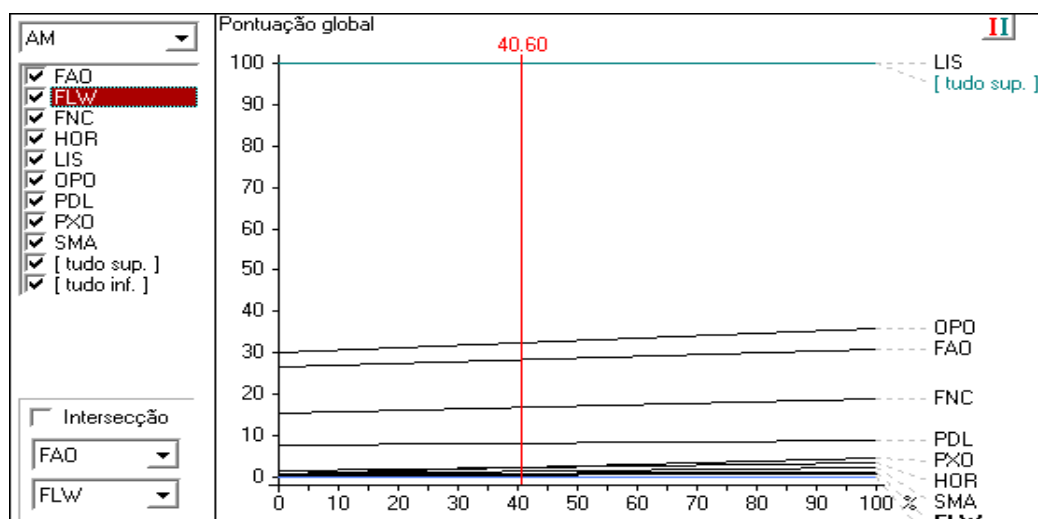


Figura 4.10 - Análise de sensibilidade do peso do critério AM.

O gráfico da Figura 4.10, mostra o comportamento de cada aeroporto para diferentes valores do peso do critério em estudo. Analisando o gráfico podemos verificar que os aeroportos de Lisboa (LIS), do Porto (OPO), de Faro (FAO), do Funchal (FNC), e de Ponta Delgada (PDL) não oferecem dúvidas quanto ao seu posicionamento no *ranking* e nunca será alterada essa posição relativa qualquer que seja a variação do valor do peso do critério AM. A alteração da posição no *ranking* é simulada pela intercessão das rectas.

Uma eventual intercessão de rectas indica que as pontuações globais de dois determinados aeroportos se podem vir a alterar, passando o que era inferior a superior e vice-versa, como é o exemplo dos aeroportos de Porto Santo (PXO) e da Horta (HOR) que pode ser melhor entendido através da análise da Figura 4.11.

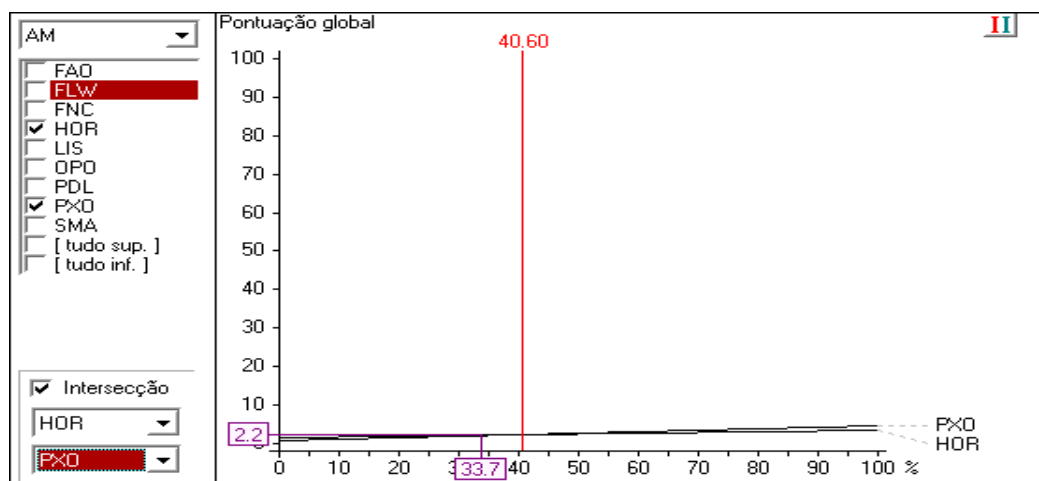


Figura 4.11 - Análise de sensibilidade do peso do critério AM para os aeroportos da Horta e do Porto Santo.

O peso dado pelos especialistas ao critério AM foi de 40,6% (linha vermelha); para este valor do peso do critério AM o aeroporto de Porto Santo (PXO) tem melhor pontuação global que o aeroporto da Horta (HOR), informação que também poderia ser obtida a partir do *ranking* de desempenho (Figura 4.8). A característica mais interessante da Análise de Sensibilidade do peso do critério é a capacidade de termos uma noção mais precisa sobre qual terá de ser a alteração do peso atribuído a este critério, mantendo a proporcionalidade dos outros critérios, para que o aeroporto da Horta (HOR) tenha uma pontuação globalmente superior à do aeroporto de Porto Santo (PXO). Neste particular seria necessário que a opinião dos especialistas fosse alterada de 40,6% para um valor inferior a 33,7% para que a posição ocupada por estes dois aeroportos no *ranking* fosse alterada.

4.2.3. Ranking de desempenho dos aeroportos ibéricos

Após as alterações feitas ao primeiro caso de estudo, nomeadamente a introdução da opinião dos especialistas no peso dos critérios e a utilização das ferramentas fornecidas pelo *software* do MacBeth para a análise de resultados, importa agora introduzir um factor importante neste tipo de estudos. A escolha das alternativas como passo importante para uma análise multicritério *obriga* a que neste tipo de estudos sejam introduzidos aeroportos com um desempenho que se situe acima do desempenho dos vários aeroportos portugueses, já que nos primeiros casos de estudo era quase impossível haver uma alteração do *ranking* a não ser que a opinião dos especialistas se alterasse em mais de 10% - o que não nos parece naturalmente exequível.

Introduziram-se então para este terceiro caso de estudo os aeroportos espanhóis. Assim, a amostra passa de nove aeroportos portugueses para cinquenta e quatro aeroportos ibéricos, com a introdução dos quarenta e cinco aeroportos espanhóis (Figura 4.12).

AEROPORTO			
CIDADE	CODIGO		
Faro	FAO	PORTUGAL	
Flores	FLW		
Funchal	FNC		
Horta	HOR		
Lisbon	LIS		
Oporto	OPO		
Ponta Delgada	PDL		
Porto Santo	PXO		
Santa Maria	SMA		
A Coruña	LCG		ESPANHA
Albacete	ABC		
Alicante	ALC		
Almeria	LEI		
Asturias	OVD		
Badajoz	BJZ		
Barcelona	BCN		
Bilbao	BIO		
Ceuta	JCU		
Cordoba	ODB		
Fuerteventura	FUE		
Girona	GRO		
Gomera	QGZ		
Gran Canaria	LPA		
Granada	GRX		
Hierro	VDE		
Ibiza	IBZ	ESPANHA	
Jerez	XRY		
La Palma	SPC		
Lanzarote	ACE		
Leon	LEN		
Logroño	RJL		
Madrid	MAD		
Madrid	MCV		
Madrid	TOJ		
Malaga	AGP		
Melilla	MLN		
Menorca	MAH		
Murcia	MJV		
Palma de Mallorca	PMI		
Pamplona	PNA		
Reus	REU		
Sabadell	QSA		
Salamanca	SLM		
San Sebastian	EAS		
Santander	SDR		
Santiago de Compostela	SCQ		
Sevilla	SVQ		
Tenerife Norte	TFN		
Tenerife Sur	TFS		
Valencia	VLC		
Valladolid	VLL		
Vigo	VGO		
Vitoria	VIT		
Zaragoza	ZAZ		

Figura 4.12 - Aeroportos ibéricos e respectivos códigos IATA (IATA, 2011).

Utilizando a mesma árvore de decisão que nos primeiros casos de estudo (Figura 4.2), e Introduzindo também os respectivos valores de desempenho dos aeroportos espanhóis, obtivemos a tabela da Figura 4.13.

Options	AM	CP	Cg
FAO	42494	5089672	953
FLW	1558	37820	310
FNC	25828	2360857	9200
HOR	4809	196939	1233
LIS	137109	12314314	99483
OPD	49215	3402816	34444
PDL	12165	909609	8593
PXD	6300	153052	343
SMA	3439	96831	360
LCG	17406	1000091	554
ABC	1347	16280	0
ALC	76816	8882521	4931
LEI	18452	1048387	47
OVD	17987	1347681	370
BJZ	4434	69332	0
BCN	327636	30000601	99046
BIO	58573	3863881	3420
JCU	2596	21181	3
ODB	9212	2389	0
FUE	44044	4416429	3274
GRO	33436	3592700	502
QGZ	3384	37401	5
LPA	114938	10279594	42234
GRX	17583	1068152	71
VDE	4550	168663	265
IBZ	54146	4446680	4509
XRY	46534	1317541	311
SPC	21362	1174832	1446
ACE	50174	5626098	6320
LEN	6296	126469	1
RJL	3333	51887	0
MAD	435018	45501168	350758
MCV	57925	174	0
TOJ	15164	25894	32
AGP	127769	13056155	6641
MLN	10696	305061	437
MAH	32920	2686072	3773
MJV	18136	1645354	7
PMI	190280	22402257	26251
PNA	11419	367888	59
REU	24894	1377382	6
QSA	48695	0	0
SLM	8656	28886	0
EAS	12076	360059	281
SDR	15195	649067	3
SCQ	24712	1993521	4559
SVQ	58565	3868606	12111
TFN	65295	4023511	23181
TFS	65774	8816745	9911
VLC	87906	4964361	13082
VLL	11582	454940	121
VGO	19655	1186568	1254
VIT	12348	172574	31123
ZAZ	11405	431879	5930

Figura 4.13 - Informação sobre os aeroportos ibéricos (ACI, 2006).

Como é possível verificar a partir da Figura 4.13, com a adição dos aeroportos espanhóis os aeroportos portugueses têm agora mais para comparação e vários de entre eles com níveis de desempenho semelhantes aos seus. O aeroporto de Lisboa (LIS), por exemplo, que nos casos de estudo anteriores tinha sempre desempenhos muito mais elevados quando comparado com os demais aeroportos, neste particular já tem a concorrência de outros com níveis de desempenho semelhantes ao seu.

Utilizando as mesmas opiniões dos especialistas sobre a atractividade de cada critério (Figura 4.6) obtivemos o *ranking* de desempenho dos aeroportos ibéricos da Figura 4.14.

Options	Overall	AM	CP	Cg
[tudo sup.]	100,00	100,00	100,00	100,00
MAD	100,00	100,00	100,00	100,00
BCN	82,89	89,00	84,86	68,11
LIS	68,48	69,47	67,60	68,16
PMI	63,89	74,92	77,44	19,96
LPA	56,96	67,20	60,30	32,11
AGP	54,61	68,51	68,32	5,05
ALC	39,25	46,41	52,11	3,75
TFS	37,17	39,62	51,72	7,54
VLC	34,73	53,23	29,12	9,95
TFN	28,68	39,32	23,60	17,62
ACE	25,65	30,03	33,00	4,81
OPD	25,17	29,44	19,96	26,19
SVQ	24,83	35,19	22,69	9,21
IBZ	23,74	32,47	26,08	3,43
BIO	23,38	35,19	22,67	2,60
FAO	21,66	25,30	29,86	0,72
FUE	20,94	26,26	25,91	2,49
GRO	16,02	19,73	21,08	0,38
MAH	14,43	19,42	15,76	2,87
XRY	14,24	27,79	7,73	0,24
MCV	14,13	34,79	0,00	0,00
FNC	12,84	15,05	13,85	6,99
QSA	11,82	29,12	0,00	0,00
SCQ	10,99	14,37	11,69	3,47
REU	8,92	14,48	8,08	0,00
VIT	8,29	6,76	1,01	23,66
SPC	7,83	12,31	6,89	1,10
MJV	7,82	10,32	9,65	0,01
VGO	7,40	11,26	6,96	0,95
OVD	7,19	10,23	7,91	0,28
LEI	6,59	10,52	6,15	0,04
GRX	6,42	9,98	6,27	0,05
LCG	6,31	9,88	5,87	0,42
PDL	6,13	6,65	5,34	6,53
SDR	4,89	8,52	3,81	0,00
ZAZ	4,45	6,19	2,53	4,51
VLL	3,58	6,29	2,67	0,09
EAS	3,52	6,60	2,11	0,21
TOJ	3,51	8,50	0,15	0,02
PNA	3,34	6,19	2,16	0,04
MLN	3,08	5,75	1,79	0,33
ODB	1,97	4,84	0,01	0,00
SLM	1,89	4,49	0,17	0,00
PXO	1,63	3,05	0,90	0,26
LEN	1,51	3,04	0,74	0,00
HOR	1,50	2,13	1,16	0,94
VDE	1,22	1,97	0,99	0,20
BJZ	0,92	1,90	0,41	0,00
SMA	0,80	1,29	0,57	0,27
RJL	0,61	1,22	0,30	0,00
QGZ	0,59	1,25	0,22	0,00
JCU	0,36	0,77	0,12	0,00
FLW	0,19	0,13	0,22	0,24
ABC	0,04	0,00	0,10	0,00
[tudo inf.]	0,00	0,00	0,00	0,00
Weights :		0,4060	0,3760	0,2180

Figura 4.14 - *Ranking* de desempenho dos aeroportos ibéricos.

Pela análise do *ranking* da Figura 4.14 podemos verificar que o aeroporto de Madrid (MAD) tem um desempenho de 100% visto que em todos os critérios apresenta sempre o melhor resultado sendo ele, portanto, o aeroporto de referência. Em segundo lugar aparece o aeroporto de Barcelona (BCN) com um desempenho de 82,89%; de notar que apesar de ter um desempenho inferior ao de Lisboa (LIS) no critério Carga apresenta, no entanto, valores superiores nos restantes critérios. O aeroporto de Lisboa (LIS), que apresentava nos casos de estudos anteriores um desempenho sempre muito superior aos restantes portugueses encontra-se agora na terceira posição com um desempenho de 68,48% relativamente ao aeroporto de Madrid (MAD); neste particular, é interessante verificar que o único critério em que o aeroporto de Lisboa (LIS) é superior ao de Palma de Mallorca (PMI) é precisamente no que tem menos peso... porém, consegue um maior desempenho global visto que a diferença entre estes dois aeroportos, neste critério, é bastante significativa. O aeroporto do Porto (OPO), que se encontrava na segunda posição no *ranking* de desempenho dos aeroportos portugueses, ocupa agora a décima segunda posição com um desempenho perto de três vezes menor que o aeroporto de Madrid (MAD). Pode então concluir-se que a introdução dos aeroportos espanhóis no estudo se tornou benéfica para os portugueses trazendo resultados particularmente interessantes quando se produz uma análise inter-pares.

4.2.4. *Ranking* de desempenho de um conjunto de aeroportos a nível mundial e com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS)

Como referido anteriormente a introdução dos aeroportos espanhóis no nosso trabalho inicial conduziu a um leque muito mais vasto de elementos de comparação, enriquecendo a análise do desempenho de cada aeroporto português. Porém, se em vez de analisar o desempenho de um conjunto de aeroportos quisermos aferir o desempenho de um aeroporto em particular, interessa então escolher, numa base suficientemente ampla, os seus pares, isto é, aqueles com os quais este mais se assemelha em termos de valor de cada critério em estudo.

Neste particular começamos por seleccionar o aeroporto de Lisboa (LIS) por ser aquele que apresenta o melhor desempenho de entre todos os portugueses. Depois era necessária seleccionar um critério, de entre os três, que nos permitisse escolher os aeroportos de comparação com o de Lisboa (LIS). Optámos então por um conjunto de 11 aeroportos internacionais, escolhidos aleatoriamente em todo o globo, mas com um valor anual de passageiros processados (CP) muito semelhante ao de Lisboa (LIS). Embora não seja o critério de maior peso (atractividade) para os nossos especialistas é, no entanto, o normalmente utilizado para caracterizar o desempenho aeroportuário.

Assim, fixamos a nossa atenção em cinco aeroportos com um volume de passageiros processados ligeiramente superior ao de Lisboa (LIS) e cinco com um valor ligeiramente inferior. A Tabela 4.1 lista os aeroportos seleccionados e os respectivos valores de desempenho para os mesmos critérios que têm vindo a ser referidos.

Tabela 4.1 - Informação sobre aeroportos mundiais com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS), (ACI, 2006).

País	Aeroporto	Código	AM	CP	Cg (ton)
Estados Unido da América	Portland	PDX	260.510	14.043.489	283.773
Coreia do Sul	Seoul	GMP	104.214	13.766.523	218.430
Arábia Saudita	Jeddah	JED	101.845	13.357.093	198.064
Espanha	Malaga	AGP	127.769	13.056.155	6.641
Rússia	Moscow	SVO	155.660	12.764.263	121.622
Portugal	Lisboa	LIS	137.109	12.314.314	99.483
Finlândia	Helsinki	HEL	65.072	12.142.873	134.862
Coreia do Sul	Jeju	CJU	78.611	12.109.837	258.726
Alemanha	Hamburg	HAM	37.619	11.954.560	37.619
Alemanha	Berlin	TXL	20.384	11.812.625	20.384
Colombia	Bogota	BOG	216.592	11.770.339	589.365

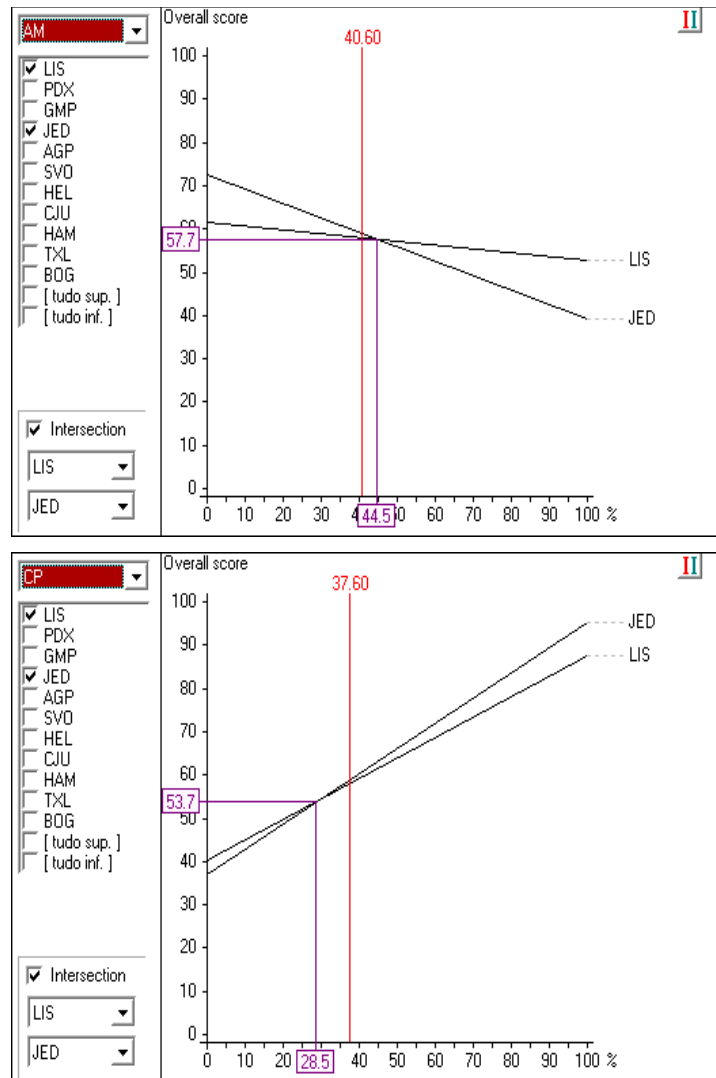
Utilizando quer a mesma árvore de decisão que nos casos de estudo anteriores, quer os mesmos valores para a atractividade dos critérios, obtivemos o *ranking* de desempenho da Figura 4.15.

Options	Overall	AM	CP	Cg
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00
PDX	88.70	100.00	100.00	48.15
BOG	87.07	83.14	83.81	100.00
SVO	62.93	59.75	90.89	20.64
GMP	61.18	40.00	98.03	37.06
JED	58.96	39.09	95.11	33.61
LIS	58.02	52.63	87.69	16.88
AGP	55.11	49.05	92.97	1.13
CJU	54.24	30.18	86.23	43.90
HEL	47.64	24.98	86.47	22.88
HAM	39.26	14.44	85.13	6.38
TXL	35.56	7.82	84.11	3.46
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00
Weights :		0.4060	0.3760	0.2180

Figura 4.15 - *Ranking* de desempenho de aeroportos mundiais com um volume de passageiros processados semelhante ao do aeroporto de Lisboa (LIS).

A partir do *ranking* da Figura 4.15 podemos tirar algumas conclusões interessantes. O aeroporto de Bogotá (BOG) é neste conjunto o que tem o menor valor de desempenho para o critério Quantidade de Passageiros Processados (CP); no entanto, encontra-se em segundo lugar do

ranking muito próximo do primeiro, Portland (PDX), visto que tem uma grande diferença para todos os outros no critério da Carga Processada (Cg). O aeroporto de Lisboa (LIS) conserva a posição central neste *ranking* com um valor global de desempenho de 58,02% relativamente a Portland (PDX), e encontra-se muito perto do aeroporto de Jeddah (JED); por conseguinte, parece-nos ser este um bom par de aeroportos para aplicar a Análise de Sensibilidade ao Peso de cada um dos critérios (Figura 4.16).



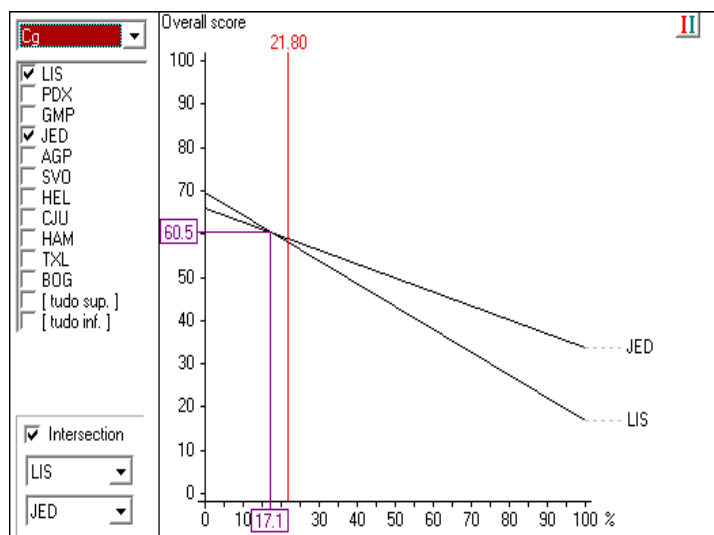


Figura 4.16 - Análise de sensibilidade do peso dos critérios AM, CP e Cg para os aeroportos LIS e JED.

Como podemos verificar a partir da Figura 4.16 não seria necessária uma grande variação na opinião dos especialistas para que a posição destes dois aeroportos no *ranking* fosse alterada: no caso do critério AM bastaria que a opinião subisse de 40,6% para além de 44,5%; no caso do critério CP bastaria que a opinião descesse de 37,6% para além de 28,5%; e no caso do critério Cg bastaria que a opinião descesse de 21,8% para além de 17,5%

Visto que o *software* do MacBeth parece capaz de produzir *rankings* de desempenho de uma maneira *amiga do utilizador* oferecendo, em complemento, diversas ferramentas de análise que se podem tornar essenciais aquando da tomada de decisões, interessa agora investigar sobre a possibilidade deste *software* produzir também *rankings* de eficiência.

4.3. *Ranking* de Aeroportos Utilizando Indicadores Complexos

4.3.1. *Ranking* de eficiência de um conjunto de aeroportos a nível mundial

Tendo por base os resultados obtidos anteriormente tentamos, utilizando o potencial do MacBeth, produzir também um *ranking* de eficiência em vez de apenas *rankings* de desempenho. Contudo é necessária a utilização de outro tipo de indicadores a que chamamos complexos (ou combinados).

Ferreira *et al.* (2010), a partir de uma preocupação central em torno de aeroportos brasileiros, e também com base na informação de um conjunto de aeroportos a nível mundial, recorreram à metodologia DEA para construir um *ranking* de eficiência. Assim, propusemo-nos utilizar o mesmo conjunto de aeroportos (e a mesma informação) para construir um *ranking* de eficiência mas

agora recorrendo ao MacBeth. É nossa intenção comparar os resultados obtidos em ambos os trabalhos para posterior aferição das capacidades do MacBeth neste particular.

Ferreira *et al.* (2010) utilizam sete critérios de desempenho *simples* para a produção do *ranking*: 4 indicadores de entrada (Número de Pistas (A), Número de Posições de Estacionamento de Aeronaves (B), Área do Terminal de Passageiros (C), e Área do Terminal de Carga (D)) e 3 indicadores de saída (Número de Operações de Aeronaves (E), Quantidade de Passageiros Processados (F), e Quantidade de Carga em Toneladas (G)), tal como na Figura 4.17.



Opções	A	B	C	D	E	F	G
Guarulhos	2	66	179790	64752	154948	15759181	419848
Galeão	2	53	280681	41800	100895	8856527	78139
Viracopos	1	11	8720	67458	25107	826246	178797
Manaus	1	15	46266	9300	33785	1689817	147241
Calgary	3	45	123000	54812	214583	9175809	116000
YVR	5	108	255000	96200	322396	16929223	223071
Toronto	5	141	251054	84575	403424	28655526	288000
Montreal	3	64	72720	135000	205432	9400000	242193
Aeroparque	1	68	30000	10000	81675	5320292	13471
Ezeiza	2	42	71000	203827	67212	7462143	185575
Tampa	3	75	174374	22300	257807	18762360	120317
Tóquio	2	141	783600	815580	188820	35063107	2235548
Central Japão	1	66	220000	260000	106897	11993309	279751
Changi	1	85	650000	510000	177348	35030000	1910000
Munich	2	149	458000	66500	411335	30778352	224400
Schoenefeld	2	36	17924	3850	67702	6059343	8547
Tegel	1	44	25700	11428	140611	11812625	27935
Nikola Tesla	1	22	40000	7300	42360	2222445	10299

Figura 4.17 - Informação sobre um conjunto de aeroportos mundiais (Ferreira *et al.*, 2010).

Caso fossem introduzidos estes indicadores de desempenho (*simples*) no software do MacBeth, como nos casos de estudo anteriores, seriam produzidos *rankings* de desempenho e não *rankings* de eficiência como é o intuito deste caso de estudo. É então necessário criar indicadores novos, que serão chamados complexos já que combinam os indicadores de entrada com os de saída, como se demonstra em seguida:

- A = Quantidade de Passageiros Processados / Área do Terminal de Passageiros;
- B = Quantidade de Carga (em Toneladas) / Área do Terminal de Carga;
- C = Número de Operações de Aeronaves (Movimentos) / Número de Posições de Estacionamento de Aeronaves;
- D = Número de Operações de Aeronaves (Movimentos) / Número de Pistas.

Assim, a partir dos dados da tabela da Figura 4.17 calculámos os valores correspondentes aos novos indicadores (complexos), de onde resulta a tabela da Figura 4.18.

Opções	A	B	C	D
Guarulhos	87.7	6.5	2347.7	77474
Galeão	31.6	1.9	1903.7	50447.5
Viracopos	94.8	2.7	2282.5	25107
Manaus	36.5	15.8	2252.3	33785
Calgary	74.6	2.1	4768.5	71527.7
YVR	66.4	2.3	2985.1	64479.2
Toronto	114.1	3.4	2861.2	80684.8
Montreal	129.3	1.8	3209.9	68477.3
Aeroparque	177.3	1.3	1201.1	81675
Ezeiza	105.1	0.9	1600.3	33606
Tampa	107.6	5.4	3437.4	85935.7
Tóquio	44.7	2.7	1339.1	94410
Central Japão	54.5	1.1	1619.7	106897
Changi	53.9	3.7	2086.4	177348
Munich	67.2	3.4	2760.6	205667.5
Schoenefeld	338.1	2.2	1880.6	33851
Tegel	459.6	2.4	3195.7	140611
Nikola Tesla	55.6	1.4	1925.5	42360

Figura 4.18 - Informação sobre um conjunto de aeroportos mundiais (indicadores complexos).

Agora é necessário construir uma outra Árvore de Decisão distinta da que temos vindo a utilizar (Figura 4.19).

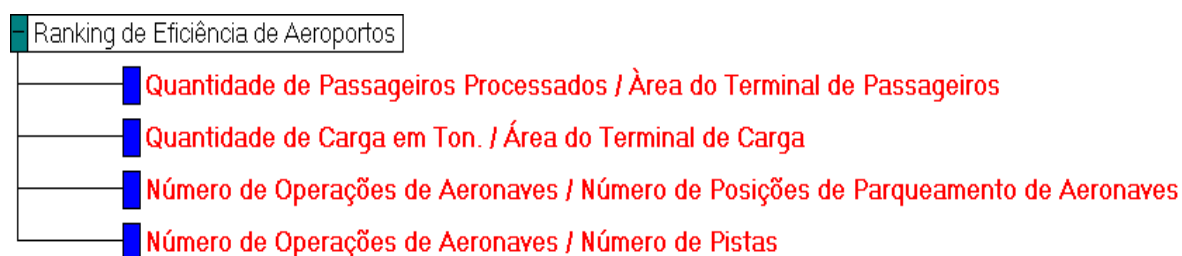


Figura 4.19 - Árvore de decisão para o ranking de eficiência.

Tal como para os casos de estudo anteriores também efectuamos um inquérito aos mesmos 30 especialistas do ramo aeronáutico acerca dos pesos a atribuir aos 4 indicadores de entrada (Número de Pistas, Número de Posições de Parqueamento de Aeronaves, Área do Terminal de Passageiros, e Área do Terminal de Carga) e aos 3 indicadores de saída (Quantidade de

Passageiros Processados, Número de Operações de Aeronaves, e Quantidade de Carga). A soma dos pesos em cada grupo teria de ser necessariamente igual a 100%.

Após a análise aos inquéritos concluímos que a importância (média) dada pelos especialistas aos indicadores de entrada era de 44,00% e aos de saída 56,00%. Dentro dos indicadores de entrada a importância (média) dada ao Número de Pistas foi de 23,68%, ao Número de Posições de Estacionamento de Aeronaves 30,56%, à Área do Terminal de Passageiros 29,56%, e à Área do Terminal de Carga 16,20%. Dentro dos indicadores de saída a importância (média) apurada para cada um deles foi a seguinte: 42,00% para o Número de Passageiros Processados, 36,00% para o Número de Operações de Aeronaves, e 22,00% para a Quantidade de Carga (Processada). Assim, combinando estes indicadores de entrada e de saída obtivemos os valores para a importância (atractividade, peso) dos indicadores (critérios) complexos (combinados) de desempenho que consta da Figura 4.20.

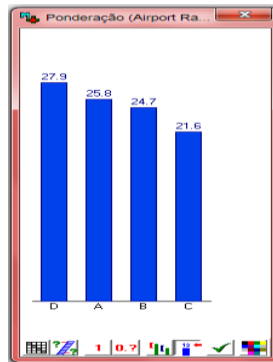


Figura 4.20 - Peso (atractividade) dos critérios complexos.

Após a introdução dos dados para os novos indicadores e do valor da atractividade de cada um no software do MacBeth, obtivemos o ranking de eficiência da Figura 4.21.

Opções	Global	A	B	C	D
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Tegel	63.10	100.00	15.19	67.02	68.37
Munich	49.49	14.62	21.52	57.89	100.00
Changi	42.32	11.73	23.42	43.75	86.23
Tampa	41.71	23.41	34.18	72.09	41.78
Manaus	41.53	7.94	100.00	47.23	16.43
Calgary	38.77	16.23	13.29	100.00	34.78
Guarulhos	36.23	19.08	41.14	49.23	37.67
Toronto	35.63	24.83	21.52	60.00	39.23
Schoenefeld	35.53	73.56	13.92	39.44	16.46
Montreal	33.90	28.13	11.39	67.31	33.30
YVR	29.59	14.45	14.56	62.60	31.35
Aeroparque	28.51	38.58	8.23	25.19	39.71
Central Japão	26.62	11.86	6.96	33.97	51.98
Tóquio	25.60	9.73	17.09	28.08	45.90
Viracopos	23.29	20.63	17.09	47.87	12.21
Galeão	20.21	6.88	12.03	39.92	24.53
Nikola Tesla	19.78	12.10	8.86	40.38	20.60
Ezeiza	19.11	22.87	5.70	33.56	16.34
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2580	0.2470	0.2160	0.2790

Figura 4.21 - Ranking de eficiência de um conjunto de aeroportos a nível mundial.

Antes da análise aos resultados obtidos através do MacBeth importa observar os resultados obtidos para o mesmo conjunto de aeroportos por Ferreira *et al.* (2010), (Figura 4.22).

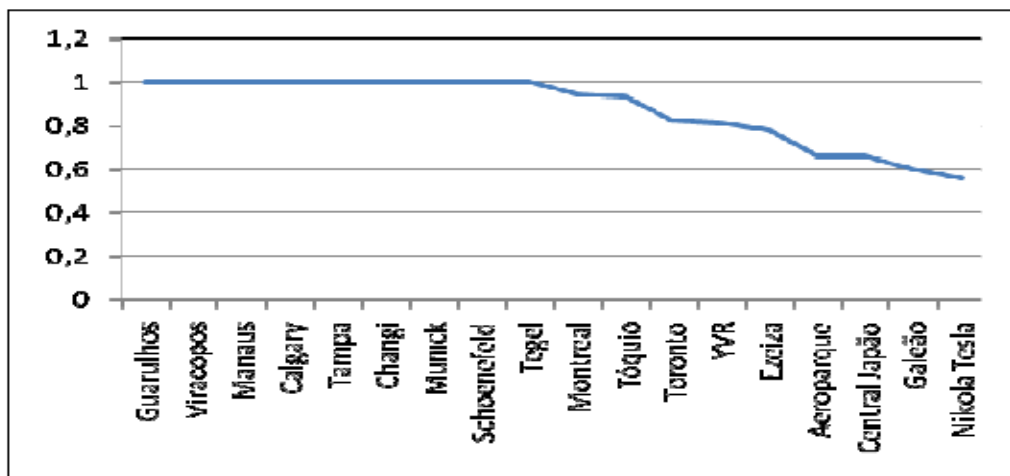


Figura 4.22 - *Ranking* de eficiência de um conjunto de aeroportos mundiais obtido por Ferreira *et al.* (2010).

Ferreira *et al.* (2010) colocam no topo da tabela, com eficiência igual a 100,00%, 9 aeroportos (de Guarulhos a Tegel, da esquerda para a direita na Figura 4.22). A eficiência começa a baixar progressivamente com o aeroporto de Montreal (10ª posição no *ranking*) até ao aeroporto de Tesla (18ª posição no *ranking*), cuja eficiência ronda os 60% dos nove aeroportos no topo (mais cotados).

Os resultados obtidos com o *software* do MacBeth são bastante diferentes. Aliás, a Figura 4.21 possibilita uma boa compreensão da posição de cada aeroporto face, quer a cada critério, quer ao conjunto de todos os critérios *pesados* pelos nossos especialistas. O que, naturalmente, torna também o *benchmarking* entre os aeroportos mais compreensível:

- Individualmente, o aeroporto de Tegel obtém a melhor posição, que é de 100.00%, no critério A (Quantidade de Passageiros Processados / Área do Terminal de Passageiros), o aeroporto de Manaus no critério B (Quantidade de Carga Processada / Área do Terminal de Carga), o aeroporto de Calgary no critério C (Número de Operações de Aeronaves (Movimentos) / Número de Posições de Estacionamento de Aeronaves) e o aeroporto de Munich no critério D (Número de Operações de Aeronaves (Movimentos) / Número de Pistas);

- Combinando todos os critérios, ou seja, em termos globais, o aeroporto de Tegel é o mais eficiente enquanto que o de Ezeiza é o menos eficiente; o aeroporto de Munich encontra-se em segundo lugar, o de Manaus em sexto, e o de Calgary em sétimo;
- Em comparação com o *ranking* de Ferreira *et al.* (2010) os aeroportos que com estes autores obtiveram uma eficiência igual a 100,00% estão agora, segundo a nossa metodologia, em posições diferentes: o aeroporto de Guarulhos é agora oitavo, o de Viracopos décimo quinto, o de Tampa quarto, o de Changi terceiro, e o de Schoenefeld nono.

Os resultados obtidos em cada abordagem são distintos. E já esperámos que assim fosse dado os pressupostos em que cada um se baseou. A que acrescem as limitações inerentes, quer à metodologia MCDA, quer à ferramenta MacBeth - que discutimos oportunamente. No entanto, atingimos plenamente o nosso objectivo com este caso de estudo que era, recorde-se, utilizar também o MacBeth para a construção de *rankings* de eficiência de aeroportos.

Esta ferramenta possibilita efectivamente a cada decisor uma análise fácil e compreensível da posição em que se encontra o *seu* aeroporto em determinado *ranking*. Mas é também possível perceber com clareza as alterações necessárias para uma modificação de posição. Importa pois utilizar em complemento a Análise de Sensibilidade ao Peso do(s) Critério(s) (Figura 4.23).

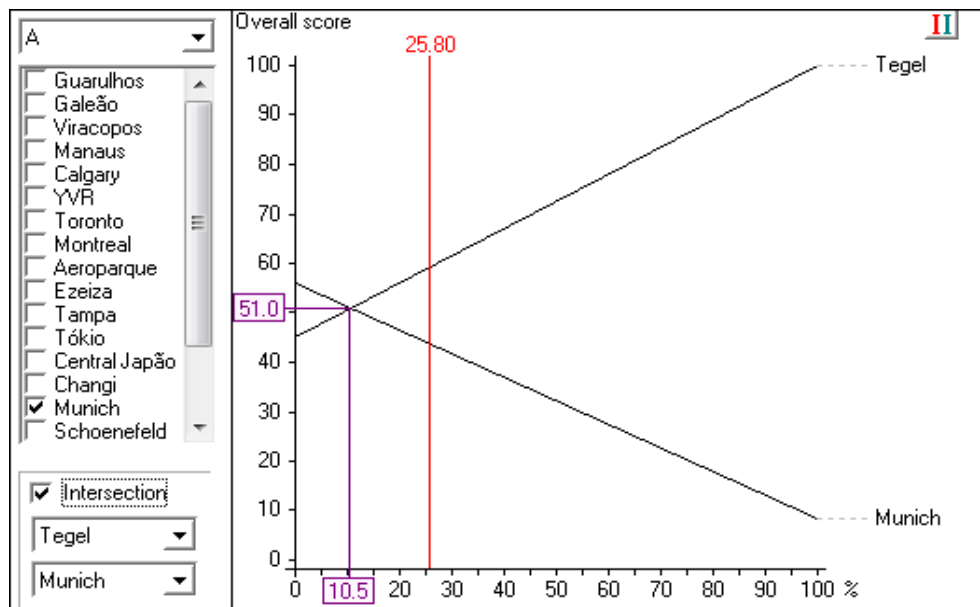


Figura 4.23 - Análise de sensibilidade ao peso do critério A para os aeroportos de Tegel e Munich

A partir da Figura 4.23 podemos concluir que para um peso do critério A igual a 25,80% o aeroporto de Tegel ocupa uma posição no *ranking* superior à do aeroporto de Munich. Mas se por alguma razão o peso do critério descesse, ou seja, se a importância que os especialistas lhe atribuem descesse para um valor inferior a 10,50% (mantendo a proporcionalidade entre todos os outros critérios) então o aeroporto de Munich ultrapassaria o de Tegel no *ranking*. Embora neste particular fosse bastante difícil uma mudança (drástica) de opinião dos especialistas na ordem dos 15,3%.

4.4 Self-Benchmarking de eficiência de aeroportos portugueses

Como referido oportunamente uma característica interessante do *Benchmarking* é a possibilidade dos decisores poderem comparar a eficiência de um determinado aeroporto ao longo de vários anos. Esta característica é particularmente interessante para se perceber qual a resposta que o aeroporto está a dar aos investimentos feitos na infra-estrutura, se os houver. Caso não existam melhorias na infra-estrutura, é sempre possível perceber quão mais eficaz o aeroporto se tornou ao longo dos anos.

Neste último caso de estudo vamos efectuar o *self-benchmarking* de dois aeroportos portugueses, o do Funchal (FNC) e o do Porto (OPO), para o período entre 2006 e 2010. Sabemos que durante este lapso de tempo houve investimentos relevantes em ambas as infraestruturas que poderão vir a ter algum impacto nos critérios que temos vindo a utilizar na elaboração dos rankings, mas foi-nos impossível a recolha atempada de alguns dados. Como, por exemplo, a respeito do aeroporto de Lisboa (LIS) onde foram aumentadas as áreas dos terminais de carga e de passageiros, assim como o número de posições de estacionamento de aeronaves.

Assim sendo, no âmbito deste caso de estudo utilizámos a informação que consta da Tabela 4.2 para os nossos indicadores de entrada e de saída.

Tabela 4.2 - Informação sobre os aeroportos do Porto (OPO) e do Funchal (FNC), 2006 - 2010, (ANA, 2010; ANAM, 2010)

Número de Pistas	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	1	1	1	1	1
Funchal (FNC)	1	1	1	1	1

Área T. Passageiros (m ²)	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	69.112	69.112	69.112	69.112	69.112
Funchal (FNC)	44.590	44.590	44.590	44.590	44.590

Área Terminal Carga (m ²)	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	19.141	19.141	19.141	19.141	19.141
Funchal (FNC)	7.535	7.535	7.535	7.535	7.535

Posições Parq.º Aeronaves	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	48	48	48	48	48
Funchal (FNC)	17	17	17	17	17

Passageiros Processados	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	3.402.805	3.986.748	4.534.829	4.508.330	5.279.531
Funchal (FNC)	2360857	2.419.697	2.448.574	2.348.040	2.239.353

Operações de Aeronaves	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	47.061	50.745	56.095	52.194	55.432
Funchal (FNC)	25.828	25.616	25.961	25.162	25.898

Carga Processada (ton)	2006	2007	2008	2009	2010
Porto (OPO)	34.444	32.585	32.215	27.375	28.782
Funchal (FNC)	9.368	9.012	9.303	8.732	8.654

Utilizando a Árvore de Decisão (Figura 4.19) do caso de estudo anterior calculámos os valores dos indicadores complexos para cada aeroporto; obtivemos então as tabelas das Figuras 4.24 e 4.25.

Opções	A	B	C	D
OPO2006	49.24	1.8	980.44	47061
OPO2007	57.69	1.7	1057.19	50745
OPO2008	65.62	1.68	1168.65	56095
OPO2009	65.23	1.43	1087.38	52194
OPO2010	76.39	1.5	1154.83	55432

Figura 4.24 - Informação sobre o aeroporto do Porto (OPO),
(indicadores complexos).

Opções	A	B	C	D
FNC2006	52.95	1.24	1519.29	25828
FNC2007	54.27	1.2	1506.82	25616
FNC2008	54.91	1.23	1527.12	25961
FNC2009	52.66	1.26	1480.12	25162
FNC2010	50.22	1.15	1523.41	25898

Figura 4.25 - Informação sobre o aeroportos do Funchal (FNC),
(indicadores complexos).

Em seguida introduzimos no *software* do Macbeth os valores de atractividade também do caso de estudo anterior, e para ambos os aeroportos; obtivemos então as tabelas das Figura 4.26 e 4.27.

Opções	Global	A	B	C	D
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
FNC2008	99.40	100.00	97.58	100.00	100.00
FNC2006	98.43	96.43	98.39	99.49	99.49
FNC2007	97.85	98.83	95.16	98.67	98.67
FNC2009	97.42	95.90	100.00	96.92	96.92
FNC2010	95.49	91.46	91.13	99.76	99.76
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2580	0.2470	0.2160	0.2790

Figura 4.26 - *Ranking* de eficiência do aeroporto do Funchal, (2006-2010).

A Figura 4.26 dá-nos então conta do *ranking* de eficiência do aeroporto do Funchal entre os anos de 2006 e 2010. Como podemos observar o ano em que o aeroporto do Funchal foi mais eficiente foi 2008, quando alcançou os melhores resultados para os critérios A, C e D. O ano de 2010 marca o de pior eficiência, com os resultados mais baixos de todo o período nos critérios A e B. De notar que entre 2006 e 2010, apesar da eficiência deste aeroporto apresentar sempre valores acima dos 95,49%, eles têm oscilado de ano para ano.

Opções	Global	A	B	C	D
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
OPO2010	95.30	100.00	83.33	98.82	98.82
OPO2008	94.72	85.90	93.33	100.00	100.00
OPO2009	87.71	85.39	79.44	93.05	93.05
OPO2007	87.59	75.52	94.44	90.46	90.46
OPO2006	82.86	64.46	100.00	83.90	83.90
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2580	0.2470	0.2160	0.2790

Figura 4.27 - *Ranking* de eficiência do aeroporto do Porto (OPO) (2006-2010).

No que ao aeroporto do Porto (OPO) diz respeito (Figura 4.27) o ano de 2010 foi o mais eficiente, por oposição ao de 2006 que registou o valor mais baixo. Na perspectiva apenas de cada critério: 2006 apresenta o melhor resultado para o B, 2008 para os C e D, e 2010 para o A. De sublinhar o incremento considerável na eficiência deste aeroporto entre 2006 (82,86%) e 2010 (95,30%), isto é, 12,44% em 5 anos.

Este caso de estudo permitiu-nos explorar a utilização da ferramenta MacBeth para a elaboração de *rankings* de eficiência de um mesmo aeroporto ao longo dos anos. Tais *rankings* permitem ao decidir uma visão alargada da evolução da eficiência do seu próprio aeroporto, inclusivamente uma percepção clara do impacto de eventuais investimentos (ou da falta deles) na infra-estrutura sobre aquela.

4.5. Conclusão

Ao longo deste capítulo foram exploradas as capacidades do *software* do MacBeth através da sua aplicação a 6 casos de estudo distintos e envolvendo aeroportos portugueses, ibéricos e outros à escala mundial. Os resultados obtidos estão condicionados por pressupostos que assumimos desde o início, e por limitações inerentes, quer à metodologia MCDA, quer à ferramenta MacBeth - que discutimos oportunamente. Se é certo que tais resultados são meramente exploratórios, eles também são suficientemente elucidativos das potencialidades da metodologia e da ferramenta utilizada para os decisores:

- na elaboração de *rankings* de desempenho e de eficiência para um conjunto de aeroportos, permitindo ao decisor verificar a posição da *sua* infraestrutura no *ranking* e na comparação com os pares perceber onde é possível obter os incrementos necessários para modificar essa posição;
- na elaboração de *rankings* de desempenho e de eficiência do mesmo aeroporto ao longo dos anos, permitindo ao decisor uma noção clara do *impacto* de eventuais investimentos (ou da falta deles) no comportamento da *sua* infraestrutura.

Capítulo 5 - Conclusões

5.1. Síntese da Dissertação

Este trabalho reflecte a importância que o *benchmarking* de aeroportos e em particular os *rankings* de desempenho e de eficiência têm para os decisores sejam eles Estados/Governos, Companhias Aéreas, Gestores de Empresas, Passageiros, ou a própria Administração aeroportuária.

O segundo capítulo aborda precisamente a temática do *benchmarking* sendo este, em qualquer tipo de actividade, uma ferramenta essencial nos processos organizativos e de planeamento. O meio aeronáutico mundial, marcado por uma crescente competitividade, que começou nas companhias aéreas e que neste momento já se estende a todos os serviços que podem ser encontrados num aeroporto e na sua área envolvente, é uma área altamente competitiva na qual apenas os que conseguem obter desempenhos e eficiências mais elevados conseguem subsistir. Faz portanto todo o sentido que o *benchmarking* seja utilizado como meio de gestão e de planeamento em todos os sectores desta actividade.

No terceiro capítulo debruçamo-nos sobre os métodos normalmente utilizados para a avaliação de desempenho de aeroportos. Após uma reflexão sobre as respectivas virtudes e limitações centrámo-nos em particular, e sucessivamente, na Análise Multicritério e numa das suas ferramentas, o MacBeth. Explorámos exaustivamente a teoria subjacente a esta ferramenta e decidimos escolhê-la para aplicação aos nossos casos de estudo sobretudo pelas preocupações intrínsecas relacionadas com eventuais inconsistências de valor (semânticas e cardinais) das opiniões dos decisores.

No quarto capítulo explorámos as capacidades do *software* do MacBeth aplicando-o a 6 casos de estudo envolvendo aeroportos portugueses, ibéricos, e outros à escala mundial. Os resultados obtidos são suficientemente elucidativos das potencialidades da metodologia MCDA em geral, e da ferramenta MacBeth e particular, para os decisores aeroportuários:

- na elaboração de *rankings* de desempenho e de eficiência para um conjunto de aeroportos, permitindo ao decisor verificar a posição da *sua* infraestrutura no *ranking* e na comparação com os pares perceber onde é possível obter os incrementos necessários para modificar essa posição;
- na elaboração de *rankings* de desempenho e de eficiência do mesmo aeroporto ao longo dos anos, permitindo ao decisor uma noção clara do *impacto* de eventuais investimentos (ou da falta deles) no comportamento da *sua* infraestrutura.

5.2. Considerações Finais

Este trabalho teve como objectivo central a elaboração de *rankings* de desempenho e de eficiência utilizando o *software* do MacBeth, uma das ferramentas de Análise Multicritério de Apoio à Decisão. Este objectivo foi claramente alcançado tendo sido possível elaborar 6 *rankings*, 4 de desempenho e 2 de eficiência, abrangendo conjuntos de aeroportos às escalas internacional, ibérica e nacional.

Os resultados obtidos foram muito promissores. No entanto, eles poderiam ter ido mais além se tivéssemos obtido atempadamente toda a informação de que necessitávamos. Tal não se verificou porque as bases de dados ou não existiam ou se revelaram de acesso difícil. Assim, no âmbito dos nossos casos de estudo fomos obrigados, por exemplo, a alterar sucessivamente alguns indicadores, o que motivou também atrasos nos contactos com os especialistas.

Estes, por seu turno, foram inexcedíveis no apoio ao nosso trabalho.

5.3. Perspectivas de Evolução Futuras

Este trabalho apresenta perspectivas de evolução, e em várias direcções.

Em primeiro lugar seria interessante a introdução neste trabalhos de outros critérios na avaliação dos aeroportos tais como os acidentes de placa, ou os atrasos e/ou cancelamentos de voo devido a alterações climáticas súbitas (mas ainda assim a tornarem-se crónicas).

Em segundo lugar parece-nos importante o *self-benchmarking* de aeroportos mas englobando anos imediatamente antes e depois ao daquele em que se verificou determinada modificação estrutural; em nossa opinião esta seria a forma ideal de avaliar o impacto real de determinado investimento no desempenho operacional dessa infraestrutura.

Em terceiro lugar parece-nos fundamental alargar a base de especialistas do sector aeronáutico para a constituição de pesos mais robustos para os critérios que se vierem a adoptar.

Em quarto lugar achamos que no âmbito deste trabalho pode/deve ser concluído o ciclo de *benchmarking* referido oportunamente.

Referências Bibliográficas

ACI - Airport Council International, *Airport Benchmarking to Maximize Efficiency*, ACI World Headquarters, Geneve, 2006.

ANA - Aeroportos de Portugal, S.A., *Relatórios Anual de Tráfego, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010*, ANA, Lisboa, 2010.

ANAM - Aeroportos da Madeira, *Elementos Gerais de Trafego, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010*, ANAM, Funchal, 2010.

ATAG, *Air transport - a global approach to sustainability*, Air Transport Action Group, <http://www.airport-int.com/article/air-transport-a-global-approach-to-sustainability.html>, ultimo acesso em 17 de Outubro de 2011, 2008.

Bana e Costa, C.A., Antunes Ferreira, J.A., Vansnick, J.C., Avaliação Multicritérios de Propostas: O caso de uma nova linha do metropolitano de Lisboa, *Revista de Transportes e Tecnologia*, 1995.

Bana e Costa, C.A., De Corte, J.M., Vansnick, J.C., *On the Mathematical Foundations of MacBeth*, The London School of Economics and Political Science, 2004.

Bana e Costa, C.A. e Vansnick, J.C., Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MacBeth, *Investigação Operacional*, v.15, p.13-35, 1995.

Corrêa, E.C., *Construção de um Modelo Multicritério de Apoio ao Processo Decisório*, EPS/UFSC, Santa Catarina, 1996.

Doignon, J.P., Threshold representations of multiple semiorders, *SIAM Journal of Algebraic Discrete Methods*, v.8, p 77-88, 1987.

Ferreira, E.Z., Junior, H.V., Correia, R.C., *Worldwide Efficiency Evaluation of Airports: The use of DEA Methodology*, Aeronautics Institute of Technology, Brazil, 2010.

Graham, A., *Airport Benchmarking: A Review of the Current Situation*, University of Westminster, London, 2005.

Gartner, I.R., *Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas*, Editora Universa, Brasília, 2001.

Gomes, L.F.A.M., Gomes, C.F.S. e Almeida, A.T., *Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério*, Editora Atlas, Rio de Janeiro, 2002.

Humphreys, I. and G. Francis, Performance Measurement: a Review of Airports, *International Journal of Transport Management*, No.1, pp.79-85, 2002.

IATA, *IATA CODE SEARCH*, <http://www.iata.org/ps/publications/Pages/code-search.aspx>, ultimo acesso em 17 de Outubro de 2011, 2011.

ICAO, *Global Traffic Forecast. Report: 2008-2027*, http://www.icao.int/ceans/Docs/Ceans_Wp_066_en.pdf, último acesso em 17 de Outubro de 2011, 2008..

Karloff e Ostblom, *Benchmarking: A SignPost to Excellence in Quality and Productivity*, Wiley, New York, 1993.

Lee, J.J., Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions, *Annual Review of Energy Environment*, 2001.

Liebert, V. and H.-M. Niemeier, *Benchmarking of airports - a critical assessment*. Paper presented at the 12th World Conference on Transport Research (WCTR), July 2010, Lisbon, 2010.

Lopes, C.L., A Escolha de um Custodiante para uma Administradora Financeira: Análise Multiatributo por Medições Conjuntas e Trocas Justas., Faculdade de Economia e Finanças, IBMEC, Rio de Janeiro, 2008.

Neufville, Richard and Odoni, Amedeo R., *Airport Systems: Planning, Design, and Management*, McGraw-Hill, 978-0-07-138477-4, 2003.

Ott Anselm, Scholz Aaron e Jochem Patrick Single, *European Skyes and its Impacts on CO2 Emissions*, Universität Karlsruhe (TH), Institute for Economic Policy Research (IWW), 2007.

Raposo, B., *Determinação de Rotas Aéreas com Base em Análise Multicritério de Apoio à Decisão*, Tese de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.

Roy, B., Bouyssou, D., Aide multicritère à la décision: méthodes et cas, *Economica*, Paris, 1993.

Silva, A., *Sustentabilidade e Benchmarking no Sector Aeroportuário*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

Soares de Mello, J.C.C.B, Gomes, E.G., Gomes, L.F.A.M., Neto, L.B., Leta, F.R., Selecco de rota aérea com o uso do apoio multicritério à decisão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.