



TÉCNICO
LISBOA

Ensaio sobre Eficiência dos Aeroportos

José Alberto Cruz Pinto

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Prof.^a Maria Isabel Craveiro Pedro

Co-orientador: Prof. Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques

Júri

Presidente: Prof. José Rui de Matos Figueira

Orientadora: Prof.^a Maria Isabel Craveiro Pedro

Vogal: Prof. João Manuel Marcelino Dias Zambujal de Oliveira

Novembro 2014

Agradecimentos

É com um enorme orgulho que concluo mais esta etapa da minha formação académica. No entanto, o desenvolvimento de um trabalho de investigação como este não seria possível sem a colaboração e apoio de muitas pessoas que me acompanharam ao longo deste último ano. Por este motivo, é com enorme prazer que agradeço a todas estas pessoas.

À Professora Isabel Pedro pela oportunidade que me deu em realizar este trabalho de investigação, pela sua disponibilidade em me orientar durante todo este processo e pela motivação e conselhos que me deu para que este trabalho de investigação chegasse a bom porto.

Ao Professor Rui Marques pelo conhecimento que demonstrou e pelo acompanhamento que fez a este trabalho.

A todos os meus amigos e colegas de faculdade com os quais fui partilhando este trajeto que aqui termina.

Por fim, um agradecimento aos meus irmãos, avó, e em especial aos meus pais pela oportunidade que me deram de estudar em Lisboa e pela partilha de todas as dificuldades e sucessos que fui tendo nestes últimos 5 anos.

Resumo

A avaliação de desempenho revela-se uma ferramenta extremamente importante, pois não existe forma de um operador melhorar a sua eficiência e eficácia senão medir e controlar os seus principais indicadores. O método *Data Envelopment Analysis* (DEA), baseado em programação matemática e de natureza não paramétrica e fronteira, assume-se como uma dessas ferramentas, a qual permite aferir o nível de eficiência relativa de um conjunto de Unidades de Decisão (UD).

Assim sendo, neste trabalho foi utilizada a DEA para um conjunto de 145 aeroportos distribuídos entre a Europa, Ásia/Pacífico e América do Norte com o objetivo de perceber quais os modelos de aeroportos mais eficientes, adotando modelos com orientações *input* e *output* para o ano de 2010. Como *inputs* foram selecionados o número de portas de embarque/desembarque, o número de funcionários, o comprimento total das pistas de aterragem/descolagem e os outros custos operacionais, enquanto os *outputs* escolhidos foram o número de voos e o número de passageiros equivalentes transportados.

Os resultados obtidos revelaram que, dos 145 aeroportos em análise, apenas 21 foram considerados eficientes de acordo com uma orientação *input* e 18 baseados numa orientação *output*. Além disso, concluiu-se, ainda, que os aeroportos pertencentes à região Ásia/Pacífico foram mais eficientes do que os aeroportos europeus ou norte americanos. Em relação a modelos de gestão, os aeroportos privados operavam de modo mais eficiente do que os aeroportos públicos ou público-privados e os aeroportos geridos de forma isolada eram mais eficientes do que os aeroportos geridos por *holdings*. Por fim, concluiu-se, ainda, que aeroportos que eram sujeitos a regulação económica explícita operaram mais eficientemente do que aeroportos sem regulação económica, de acordo com uma orientação *output*, enquanto, segundo uma orientação *input*, apresentaram os mesmos níveis de eficiência.

Palavras-Chave: DEA, eficiência, aeroportos, modelos de gestão, regulação económica

Abstract

Performance evaluation reveals itself as an extremely useful tool, since there is no opportunity to an operator improve its efficiency and effectiveness if major indicators were not controlled and measured. Data Envelopment Analysis (DEA) technique is based in mathematical programming and is one of the methods used to carry out performance analysis, which allows to assess the relative efficiency of a group of operators.

For this reason, DEA was the chosen method to evaluate a set of 145 airports spread along Europe, Asia/Pacific and North America with the major objective to realize the airport models that operated in a more efficient way, not only with an input orientation, but also with an output orientation, in 2010. The DEA model adopted, as inputs, the number of gateways, the number of employees, the total length of runways and other operational costs. As outputs, the number of flights and the workload unit were the chosen ones.

Amongst 145 airports, only 21 airports were considered efficient with an input oriented model and 18 according with an output oriented model. Furthermore, airports from Asia/Pacific operated more efficiently than European or North American counterparts. Regarding their ownership, private airports revealed less inefficiencies than public or public-private airports, as well as airports managed by individual entities were found to operate in a more efficient way than airport managed through holding companies. It was also possible to conclude that airports located in regions regulated (economically) by regulatory agencies were more efficient than airports without explicit airport regulation in output oriented model, whereas in input oriented models there were no difference.

Keywords: DEA, efficiency, airports, management models, economic regulation

Índice

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Contextualização e Motivação	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	3
1.4	Estrutura da Dissertação	4
2	AEROPORTOS	6
2.1	Introdução	6
2.2	Indústria da Aviação Civil	6
2.3	Noção de Aeroporto	7
2.4	Atividades Aeroportuárias	7
2.5	Estrutura de Receitas e Despesas	8
2.5.1	<i>Receitas Aeroportuárias</i>	8
2.5.2	<i>Despesas Aeroportuárias</i>	9
2.6	Modelo de Gestão	9
2.7	Regulação Económica	12
2.8	Evolução Recente do Mercado Aéreo Mundial	13
2.9	Maiores Aeroportos	14
2.9.1	<i>Passageiros Transportados</i>	14
2.9.2	<i>Carga Transportada</i>	15
2.10	Aeroportos Portugueses	16
2.11	Estudos aos Aeroportos	17
2.11.1	<i>Estudos aos aeroportos com recurso à metodologia DEA</i>	19
3	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	25
3.1	Benchmarking	25
3.2	Eficiência vs Produtividade	26
3.3	Eficiência	26
3.3.1	<i>Eficiência Técnica e Alocativa</i>	27
3.3.2	<i>Rendimentos à Escala</i>	29
3.4	Eficiência no Contexto dos Aeroportos	29

3.5	Metodologias de Avaliação de Desempenho	30
3.5.1	<i>Abordagens Paramétricas e Abordagens não Paramétricas</i>	30
3.5.2	<i>Metodologia DEA</i>	31
3.5.2.1	Modelo CCR	32
3.5.2.2	Modelo BCC	34
4	ESTUDO DE CASO	36
4.1	Amostra e Recolha de Dados	36
4.2	Especificação do Modelo	37
4.2.1	<i>Orientação</i>	38
4.2.2	<i>Inputs e Outputs</i>	38
4.3	Análise de Resultados	41
4.3.1	<i>Região</i>	42
4.3.1.1	Europa	44
4.3.1.2	América do Norte	48
4.3.1.3	Ásia/Pacífico	51
4.3.2	<i>Aeroportos públicos, público-privados e privados</i>	52
4.3.3	<i>Gestão de forma isolada e gestão por holdings</i>	55
4.3.4	<i>Aeroportos regulados e aeroportos não regulados</i>	57
4.3.5	<i>Slacks, Targets e Peers</i>	60
4.3.5.1	<i>Orientação Input</i>	60
4.3.5.2	<i>Orientação Output</i>	63
5	CONCLUSÕES	66
5.1	Síntese Conclusiva	66
5.2	Limitações	68
5.3	Trabalhos Futuros	68
	BIBLIOGRAFIA	70
	ANEXOS	75

Lista de Quadros

Quadro 1. Classificação das atividades de um aeroporto.....	8
Quadro 2. Grupos empresariais presentes na Europa	10
Quadro 3. Grupos empresariais presentes na Ásia/Pacífico	10
Quadro 4. Distribuição geográfica de aeroportos públicos, privados e público-privados	11
Quadro 5. Distribuição geográfica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos por <i>holdings</i>	11
Quadro 6. Distribuição geográfica de aeroportos sob regulação económica e sem regulação económica	13
Quadro 7. Lista dos 10 aeroportos com mais passageiros movimentados no ano de 2010 (ATRS, 2012).....	15
Quadro 8. Lista dos 10 aeroportos com mais carga transportada em 2010 (ATRS, 2012).....	15
Quadro 9. Evolução do número de passageiros transportados nos aeroportos portugueses (ANA, 2013c).....	16
Quadro 10. Distribuição geográfica da amostra de aeroportos e companhias aéreas.....	17
Quadro 11. Técnicas de avaliação de desempenho mais usadas por companhias aéreas e aeroportos	18
Quadro 12. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes às atividades aéreas e serviços de terminal dos aeroportos norte americanos.....	20
Quadro 13. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes às atividades aéreas e serviços de terminal dos aeroportos europeus.....	21
Quadro 14. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes aos aeroportos italianos	22
Quadro 15. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes aos aeroportos argentinos	23
Quadro 16. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes aos aeroportos brasileiros.....	24
Quadro 17. Formulação da metodologia DEA para o modelo CRS segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	33
Quadro 18. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos CRS segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	33
Quadro 19. Formulação do modelo dual para modelos CRS segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	34
Quadro 20. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos VRS segundo orientação <i>input</i> e <i>output</i>	34
Quadro 21. Formulação do modelo dual para modelos VRS segundo orientação <i>input</i> e <i>output</i>	35
Quadro 22. Distribuição geográfica dos aeroportos em estudo.....	37
Quadro 23. Lista das variáveis usadas na revisão de literatura efetuada	39
Quadro 24. Especificação das características gerais do modelo DEA	41
Quadro 25. Parâmetros estatísticos dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	41
Quadro 26. Indicadores de eficiência por região segundo uma orientação <i>input</i>	42
Quadro 27. Indicadores de eficiência por região segundo uma orientação <i>output</i>	44

Quadro 28. Indicadores de eficiência para aeroportos públicos, público-privados e privados segundo uma orientação <i>input</i>	53
Quadro 29. Indicadores de eficiência para aeroportos públicos, público-privados e privados segundo uma orientação <i>output</i>	54
Quadro 30. Indicadores de eficiência para aeroportos geridos de forma isolada e por <i>holdings</i> segundo uma orientação <i>input</i>	56
Quadro 31. Indicadores de eficiência para aeroportos geridos de forma isolada e por <i>holdings</i> segundo uma orientação <i>output</i>	57
Quadro 32. Indicadores de eficiência para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação <i>input</i>	58
Quadro 33. Indicadores de eficiência para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação <i>output</i>	59
Quadro 34. Valores médios de <i>slacks</i> segundo uma orientação <i>input</i>	61
Quadro 35. <i>Targets</i> de eficiência para uma orientação <i>input</i>	61
Quadro 36. Valores médios de <i>slacks</i> segundo uma orientação <i>output</i>	63
Quadro 37. <i>Targets</i> de eficiência segundo uma orientação <i>output</i>	64

Lista de Figuras

Figura 1. Entidades envolvidas na indústria de aviação civil (Adaptado de ICAO, 2014)	6
Figura 2. Esquema relativo à <i>two-stage network</i> DEA usada na avaliação de eficiência dos aeroportos brasileiros (Wanke, 2013).....	24
Figura 3. Decomposição de medidas de avaliação de desempenho (adaptado de Porcelli, 2009)	27
Figura 4. Eficiência técnica e eficiência alocativa para um <i>output</i> e dois <i>inputs</i> segundo uma orientação <i>input</i> (Farrel, 1957)	28
Figura 5. Esquema representativo das metodologias de avaliação de desempenho (Marques, 2011)	30
Figura 6. Eficiência técnica dos aeroportos por região geográfica segundo orientação <i>input</i>	43
Figura 7. Eficiência técnica dos aeroportos por região geográfica segundo orientação <i>output</i>	44
Figura 8. ET dos aeroportos europeus segundo uma orientação <i>input</i>	46
Figura 9. ET dos aeroportos europeus segundo uma orientação <i>output</i>	47
Figura 10. ET dos aeroportos da América do Norte segundo uma orientação <i>input</i>	49
Figura 11. ET dos aeroportos da América do Norte segundo uma orientação <i>output</i>	50
Figura 12. ET dos aeroportos da Ásia/Pacífico segundo uma orientação <i>input</i>	51
Figura 13. ET dos aeroportos da Ásia/Pacífico segundo uma orientação <i>output</i>	52
Figura 14. Eficiência técnica de aeroportos públicos, privados e público-privados segundo orientação <i>input</i>	53
Figura 15. Eficiência técnica de aeroportos públicos, privados e público-privados segundo orientação <i>output</i>	55
Figura 16. Eficiência técnica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos através de holdings segundo orientação <i>input</i>	56
Figura 17. Eficiência técnica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos através de holdings segundo orientação <i>output</i>	57
Figura 18. Eficiência técnica para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação <i>input</i> .	59
Figura 19. Eficiência técnica para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação <i>output</i>	60
Figura 20. Contagem de <i>peers</i> segundo uma orientação <i>input</i>	63
Figura 21. Contagem de <i>peers</i> segundo uma orientação <i>output</i>	65

Lista de Abreviaturas

ACI – *Airport Council International*
ADP - *Aéroports de Paris*
ADR – *Aeroporti di Roma*
AENA - *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*
ANA – *Aeroportos de Portugal*
ANAM – *Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira*
Anna.aero – *Airline Network News and Analysis*
ATRS – *Air Transport Research Society*
BAA - *British Airport Authority*
BCC – *Banker, Charnes e Cooper*
CAI – *Changi Airports International*
CAPEX – *Capital Expenditure*
CCR – *Charnes, Cooper e Rhoades*
COLS – *Corrected Ordinary Least Squares*
CRS – *Constant Returns to Scale*
DEA – *Data Envelopment Analysis*
DFA – *Deterministic Frontier Analysis*
DAA - *Dublin Airport Authority*
DRS – *Decreasing Returns to Scale*
EE – *Eficiência de escala*
ET – *Eficiência técnica*
EUA – *Estados Unidos da América*
FBS - *Flughafen Berlin-Schonefeld*
FDH – *Free Disposal Hull*
IAPMEI – *Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e Inovação*
IATA – *International Air Transport Association*
ICAO - *International Civil Aviation Organization*
IRS – *Increasing Returns to Scale*
MAG - *Manchester Airport Group*
OPEX – *Operational Expenditure*
PPP – *Parceria Público-Privada*
PPL - *Polish Airports' State Enterprise*
RoR – *Rate of Return*
SEA - *Società Esercizi Aeroportuali*
SFA – *Stochastic Frontier Analysis*
TAP – *Transportadora Aérea Portuguesa*
TAV - *Tepe-Akfen-Ventures*

UD – Unidade de Decisão

UE – União Europeia

VRS – *Variable Returns to Scale*

WLU – *Workload unit*

1 Introdução

1.1 Contextualização e Motivação

O mercado da aviação aérea assume um papel fundamental no desenvolvimento económico mundial, promovendo a criação de emprego, o turismo e as trocas comerciais num período de tempo que não tem qualquer comparação com os meios de transporte alternativos (Comissão Europeia, 2012).

Este mercado aumentou de dimensão consideravelmente ao longo dos anos. Previsões efetuadas pelo fabricante europeu de aviões comerciais – Airbus – apontam para um crescimento do tráfego aéreo mundial de 4,7% por ano até 2032 (Airbus, 2013).

Este crescimento na Europa será sustentado, entre outros, pela globalização que se tem vindo a assistir ao longo dos últimos anos, pelo crescimento de economias emergentes como a Índia, a China e o Brasil e pelo crescimento médio do PIB europeu, que se estima em 1,9%, em termos médios (Comissão Europeia, 2012).

Por sua vez, e segundo a mesma previsão, o mercado europeu de aviação irá crescer 3,8% por ano até 2032. Um dos objetivos estratégicos definidos pela Comissão Europeia (2000) numa reunião do Conselho Europeu de Lisboa era “...to become the most competitive and dynamic knowledge-based economy in the world, capable of sustainable economic growth with more and better jobs and greater social cohesion”.

Há que destacar igualmente o enorme potencial do mercado asiático nos próximos anos. Previsões efetuadas pela Airbus colocam a China como mercado de aviação mais valioso em termos de vendas de aeronaves em 2030, substituindo, desta forma, os Estados Unidos da América (EUA). Além da China, prevê-se ainda um grande aumento de encomendas de aeronaves no continente asiático, na Índia e na Indonésia (Financial Times, 2014).

No que diz respeito a tráfego de passageiros, o continente asiático já superou a América do Norte no ano de 2010, tendo feito o mesmo em relação ao continente europeu, muitos anos antes. Em 2030, prevê-se que 49% do tráfego aéreo mundial seja originado pelo continente asiático. A verificar-se, constituirá uma subida de 12 pontos percentuais, dado que em 2014, este continente é responsável por cerca de 37% do tráfego aéreo mundial. A grande maioria destes passageiros será proveniente de países como a China, Índia, Indonésia, Japão e Coreia do Sul (Financial Times, 2014).

Assim sendo, torna-se de extrema importância o estudo de todas as variáveis associadas à indústria aeronáutica, nomeadamente, a eficiência dos aeroportos, pois a contribuição desta indústria para a competitividade da economia mundial poderá ser de enorme relevância nos próximos anos (Comissão Europeia, 2000).

Um dos fenómenos mundiais a que se tem vindo a assistir ao longo dos últimos anos e, com especial incidência a partir dos anos 90, constitui a privatização total ou parcial dos aeroportos, que até há pouco tempo eram exclusivamente de domínio público. Tudo começou no Reino Unido, quando o governo local decidiu privatizar a British Airports Authority. Após esta privatização, seguiram-se muitas outras, noutras regiões da Europa, América do Sul e da Ásia/Pacífico, sendo que o grau de investimento e gestão privada em cada aeroporto varia, desde a gestão totalmente privada até à subcontratação de gestão de partes do aeroporto (Qin, 2010).

Atualmente existem três principais modelos de gestão aplicados às infraestruturas dos aeroportos: aeroportos geridos por entidades públicas, por parcerias público-privadas (PPP) do tipo contratual (sobretudo contratos de concessão) e aeroportos privatizados parcialmente (PPP do tipo institucional) ou totalmente. No entanto, também já se verifica uma privatização de atividades pertencentes à sua cadeia de valor. Um dos exemplos são as empresas de assistência em terra, tal como a Groundforce Portugal, no nosso país, e outras companhias noutros países europeus (Cruz e Marques, 2011)

A razão de mudança no tipo de gestão efetuada nos aeroportos está relacionada com o facto de se ter percebido que os aeroportos não estão limitados a servirem apenas como uma estrutura de apoio à indústria aeronáutica, mas serem antes a base de todo um negócio com um raio de envolvimento enorme e com um impacto económico regional tremendo. Passou-se de um paradigma em que se consideravam os aeroportos como meros serviços públicos, em que o fundamental era ter o aeroporto operacional para descolagens e aterragens, tentando ao máximo cobrir os custos decorrentes dessas atividades, para um novo paradigma em que o aeroporto é visto como uma alavanca da economia local e nacional, que procura satisfazer todas as necessidades dos utilizadores, mas com uma abordagem mais cuidada a toda a logística que envolve o seu funcionamento (Ashford *et al.*, 1979).

Por este motivo, começaram a surgir consórcios de empresas investidoras nos aeroportos, que se tornaram responsáveis pela administração total ou em regime de cooperação com os governos locais dos aeroportos. Atualmente, grupos como a Vinci, responsável pela concessão de vários aeroportos em França e em Portugal, a Fraport ou o CAI (Changi Airports International), responsáveis pela gestão de aeroportos em todo o mundo, são algumas das empresas de grande dimensão envolvidas no mercado da aviação aérea.

Perante todos estes factos, desde a importância do mercado de aviação para o desenvolvimento económico de cada região, passando pela previsão do aumento do tráfego aéreo mundial e pela recente mudança na estrutura de gestão dos aeroportos, a avaliação de desempenho dos aeroportos, nomeadamente da sua eficiência, torna-se de extrema importância. Permitirá, não só aferir o panorama atual, como também identificar boas práticas e estabelecer metas e prioridades para o seu melhoramento. Assim sendo, este trabalho de investigação pretende avaliar a eficiência de uma amostra representativa de aeroportos de 3 regiões distintas – Europa, América do Norte e Ásia/Pacífico - através da aplicação de uma metodologia de *benchmarking* baseada em programação

matemática e analisar, em particular, alguns fatores que podem contribuir para um melhor ou pior desempenho evidenciado.

1.2 Objetivos

O objetivo primordial deste projeto consiste na análise da eficiência técnica (ET) de um conjunto de aeroportos localizados em 3 regiões geográficas distintas: Europa, Ásia/Pacífico e América do Norte. Para que esta análise se concretize, vai-se recorrer a uma metodologia não paramétrica fronteira de *benchmarking*, designadamente a técnica DEA, de forma a obter um *ranking* de eficiência.

Para que a aplicação desta metodologia seja possível, irá ser necessária a identificação e seleção dos *inputs* e *outputs* do modelo. Uma correta seleção destas variáveis será fundamental para a obtenção de resultados fiáveis que permitam tomar decisões acertadas. Deste modo, a seleção dos *inputs* e *outputs* dos aeroportos deve ser feita de forma criteriosa, para que a escolha destas variáveis represente de forma inequívoca o normal funcionamento de um aeroporto. Por esse motivo, a escolha das variáveis será feita, em parte, em função de uma revisão de literatura.

A obtenção do *ranking* de eficiência permitirá efetuar uma comparação de eficiência entre os vários aeroportos e compreender quais as limitações daqueles com um menor desempenho em relação aos de maior classificação e, desta forma, identificar um conjunto de medidas e *best practices* que poderão ser implementadas com o intuito do aumento da sua eficiência.

Em particular, serão efetuadas comparações de eficiência ao nível de:

- Aeroportos por região geográfica: Europa, América do Norte, Ásia/Pacífico;
- Aeroportos públicos vs aeroportos público-privados vs aeroportos privados;
- Aeroportos geridos por *holdings* vs aeroportos geridos de forma isolada;
- Aeroportos com algum tipo de regulação económica vs aeroportos não regulados.

1.3 Metodologia

De uma forma geral, os métodos de avaliação de desempenho podem ser divididos em métodos paramétricos e métodos não paramétricos. Dentro de cada um destes grupos, os métodos podem ainda ser classificados em função do uso ou não de uma fronteira eficiente, ou em determinísticos ou estocásticos em função da consideração ou não do erro aleatório.

Entre os vários métodos de avaliação de desempenho existentes e passíveis de serem usados neste trabalho de investigação, a escolha recaiu sobre a DEA, a qual é considerada um método não paramétrico com recurso à construção de uma fronteira eficiente. A eficiência é medida através da diferença entre o que foi produzido/consumido e o que poderia ser produzido/consumido, se a entidade em estudo operasse de forma eficiente, sendo que as UD eficientes encontram-se na fronteira eficiente. Ou seja, a DEA é um método que permite aferir a eficiência relativa de um conjunto

de UD, em função dos *inputs* e *outputs* de cada UD da amostra e do âmbito do estudo: minimização de *inputs* (orientação *input*) e/ou maximização de *outputs* (orientação *output*).

Existem diversas vantagens e desvantagens associadas a métodos paramétricos e métodos não paramétricos. Enquanto os métodos paramétricos permitem a medição dos erros, métodos não paramétricos como a DEA permitem estabelecer metas de eficiência (*targets*) para as entidades em estudo. Além disso, a DEA é um método bastante utilizado na literatura existente para análises de *benchmarking* e para situações em que os operadores ou UD são caracterizados por um conjunto de *inputs* e *outputs*.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este trabalho de investigação encontra-se dividido em 5 capítulos e a sua estrutura é a seguinte:

- Este documento no primeiro capítulo efetua uma contextualização do caso de estudo, na qual se caracteriza o mercado de aviação aérea atual, onde são descritas as principais mudanças ao nível dos modelos de gestão implementados até à data e apontadas as tendências de mercado para os próximos anos. Além disso, é ainda apresentada a motivação que levou ao desenvolvimento deste trabalho de investigação. Os restantes pontos deste capítulo abordam os objetivos deste trabalho, a metodologia a ser usada e a estrutura da dissertação.
- No segundo capítulo é apresentada a infraestrutura do problema de estudo: os aeroportos. É descrita a sua função, as atividades que nele têm lugar, seguido da estrutura de receitas e custos aeroportuários. São expostos também os motivos que levaram à passagem de alguns aeroportos da gestão pública para a gestão privada, os principais métodos regulatórios existentes, os grupos empresariais presentes no mercado da aviação, a evolução recente do mercado de transporte aéreo, os maiores aeroportos em termos de passageiros e carga transportada e é descrito ainda o panorama atual dos aeroportos portugueses; por fim, é feita uma revisão de literatura onde se referenciam estudos semelhantes com o que aqui é apresentado.
- O terceiro capítulo começa por uma pequena introdução às técnicas de *benchmarking*, seguido das várias classificações e definições de eficiência. É fornecida também uma visão geral das metodologias de avaliação de desempenho, onde é apresentada a sua decomposição em função de abordagens paramétricas e abordagens não paramétricas e em métodos com ou sem recurso a fronteira. Posteriormente, é descrita de forma detalhada a metodologia DEA que vai ser aplicada neste trabalho de investigação e são expostos os principais modelos e especificações que a DEA envolve;
- No quarto capítulo são definidos os principais aspetos do modelo DEA usado, tais como as orientações do modelo e os *inputs* e *outputs* descritivos dos aeroportos. Após o modelo se encontrar definido, os resultados de eficiência são apresentados e interpretados de acordo com o estabelecido nos objetivos;

- Por último, no quinto capítulo é realizada uma síntese conclusiva, são apresentadas as limitações deste trabalho de investigação e são recomendados eventuais trabalhos futuros.

2 Aeroportos

2.1 Introdução

Sendo o objetivo deste estudo a avaliação da eficiência dos aeroportos, é de extrema importância enquadrar o tema devidamente. Nesta conformidade, são abordados, neste capítulo, os principais aspetos relacionados com o funcionamento e gestão de um aeroporto. Além disso, são ainda apresentados e analisados vários estudos na área da aplicação de técnicas de *benchmarking* aos aeroportos.

2.2 Indústria da Aviação Civil

A indústria da aviação civil contempla um conjunto de atividades e operações que no seu conjunto resultam na produção de um serviço de transporte de passageiros e carga. A aviação civil inclui o transporte comercial aéreo, as infraestruturas inerentes a esse serviço (aeroportos, serviços de informação e controlo de tráfego aéreo) e a indústria de desenvolvimento de aeronaves, motores e todos os equipamentos para navegação aérea (ICAO, 2014). A Figura 1 ilustra o relacionamento de todas estas atividades.

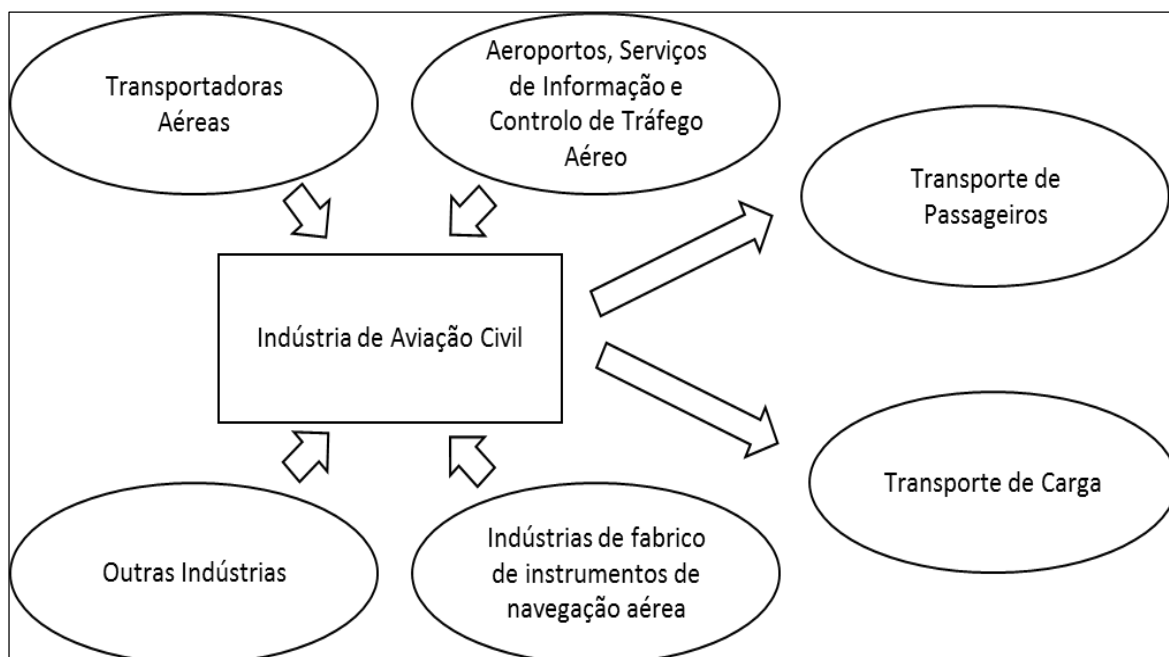


Figura 1. Entidades envolvidas na indústria de aviação civil (Adaptado de ICAO, 2014)

De uma forma geral, a indústria de aviação civil tem vindo a registar um crescimento superior a outros meios de transporte. A sua contribuição para as economias regionais e nacionais estende-se por vários níveis, desde o principal *output* que esta indústria produz (transporte de passageiros e carga), até à criação de empregos diretos e indiretos. Além disso, tem ainda um efeito multiplicador

positivo sobre outras indústrias presentes numa economia, tanto do ponto de vista local como regional ou nacional.

O impacto económico desta indústria é tremendo. Emprega diretamente cerca de 8,7 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo que destes, 7,6 milhões correspondem a empregos gerados por aeroportos, companhias aéreas e serviços de navegação aérea. No total, entre empregos diretos e indiretos, emprega 58,1 milhões de pessoas. Em termos de benefícios económicos, estima-se que o seu impacto seja de 2,4 triliões de euros no ano de 2013, período em que foram transportados 3,1 biliões de pessoas e 49,8 milhões de toneladas de carga em 36,4 milhões de voos comerciais. Ainda para o ano de 2013, estavam contabilizadas cerca de 1.397 companhias aéreas, 25.332 aeronaves de voos comerciais e 3.864 aeroportos (IATA, 2014).

2.3 Noção de Aeroporto

Segundo Betancor e Rendeiro (1999), um aeroporto tem como principal função o intercâmbio de passageiros e carga entre o transporte terrestre e aéreo através da operação combinada entre aeronaves, pistas de descolagem e aterragem, *aprons*,¹ *taxiways*,² terminais, torres de controlo, entre outros. No entanto, atualmente uma grande parte dos aeroportos não são apenas uma mera estrutura física que serve de apoio ao transporte de passageiros e mercadorias, passando antes a serem denominados de “*airport cities*” ou “*aetropolis*”, ao permitirem o desenvolvimento urbano e económico das regiões onde estão inseridos, através de uma relação sinérgica entre as rotas aéreas que o aeroporto efetua e o desenvolvimento comercial da região (Ashford *et al.*, 1979).

2.4 Atividades Aeroportuárias

As atividades que decorrem dentro do espaço físico de um aeroporto podem ser divididas em 3 grupos: serviços operacionais, serviços de assistência e atividades comerciais. É de realçar que os serviços operacionais e os serviços de assistência são considerados como sendo serviços aeronáuticos, enquanto as atividades comerciais são tidas como serviços não aeronáuticos (Ashford *et al.*, 1979). Alguns exemplos de subactividades associadas a cada um destes grupos estão representados no Quadro 1.

¹ Área na qual as aeronaves estacionam, se abastecem de combustível, onde os passageiros embarcam e desembarcam e onde a carga é carregada e descarregada.

² Pistas que interligam as pistas de descolagem e aterragem, os hangares, os terminais e outras estruturas dentro do aeroporto.

Quadro 1. Classificação das atividades de um aeroporto

Serviços Aeronáuticos		Serviços Não-aeronáuticos
Serviços Operacionais	Serviços de Assistência	Atividades Comerciais
- Controlo de tráfego aéreo;	- Limpeza de aeronaves;	- Lojas <i>duty-free</i> ;
- Serviços meteorológicos;	- Abastecimento de combustível e energia elétrica;	- Restaurantes e bares;
- Telecomunicações;	- Processamento de passageiros e cargas	- Serviços de lazer;
- Segurança;		- Alojamento em hotéis;
- Serviços de Emergência;		- Bancos;
- Manutenção de pistas e <i>taxiways</i>		- Aluguer de carros

De uma forma geral, os serviços operacionais incluem todas as atividades essenciais de um aeroporto: são as *core activities*, enquanto os serviços de assistência lidam tanto com aeronaves (limpeza, abastecimento de combustível e carregamento) como com o processamento dos passageiros e respetiva bagagem nos terminais. Por último, as atividades comerciais envolvem uma grande variedade de serviços que se podem encontrar dentro do aeroporto ou nas suas imediações, e que não estão diretamente relacionadas com a aeronáutica (Ashford *et al.*, 1979).

2.5 Estrutura de Receitas e Despesas

Dado que o objetivo deste trabalho de investigação é avaliar a eficiência dos aeroportos, através de uma relação entre os seus fatores de produção (*inputs*) e os seus produtos ou resultados (*outputs*), torna-se necessário definir quais são as receitas e despesas envolvidas neste tipo de atividade. Os *inputs* estarão certamente relacionados com as despesas, enquanto os *outputs* estarão associados às receitas.

2.5.1 Receitas Aeroportuárias

Da mesma forma que um aeroporto pode ser decomposto segundo a vertente dos serviços aeronáuticos e dos serviços não-aeronáuticos, as receitas aeroportuárias também provêm desses dois diferentes tipos de serviços (Betancor e Rendeiro, 1999). Assim sendo, existem receitas aeroportuárias e receitas não aeroportuárias.

Entre as receitas aeroportuárias destacam-se as seguintes:

- Taxas sobre a aterragem de aeronaves e respetivo estacionamento;
- Arrendamento de instalações às companhias aéreas (escritórios, hangares, terminais de carga, balcões para venda de bilhetes e *check-in*);
- Arrendamento de instalações a empresas de abastecimento de combustível.

Entre as receitas não aeroportuárias encontram-se:

- Concessões de espaços comerciais nos terminais (*duty-free*, restaurantes, cafés, serviços de aluguer de carros, bancos...);

- Parques de estacionamento de automóveis pagos.

2.5.2 Despesas Aeroportuárias

De acordo com a ATRS (2012), as despesas totais de um aeroporto podem ser divididas em despesas operacionais (OPEX – *operational expenditures*) e em despesas de capital (CAPEX – *capital expenditure*).

Em relação às despesas operacionais, estas podem ainda ser categorizadas em 2 origens: as despesas de pessoal e as outras despesas operacionais. As despesas de pessoal incluem toda a matéria relacionada com os salários dos recursos humanos envolvidos na atividade aeroportuária, assim como qualquer outra despesa diretamente relacionada com eles. Por sua vez, as outras despesas operacionais referem-se a todas as despesas que não estejam relacionadas com gastos de capital e gastos relacionados com recursos humanos. Nesta rubrica estão incluídos custos de manutenção e reparações, combustíveis, custos de peças e materiais, custos de serviços contratualizados, custos de comunicações e com *utilities* (luz, água...), entre outros (ATRS, 2012).

Por sua vez, as despesas de capital estão relacionadas com os encargos com juros (capital alheio), com a remuneração da entidade gestora (capital próprio) e com as depreciações de ativos fixos, como pistas de descolagem e aterragem, *aprons*, edifícios, entre outros (Ashford *et al.*, 1979).

2.6 Modelo de Gestão

Até ao início dos anos 80, os aeroportos eram geridos diretamente pela administração pública ou indiretamente através de empresas públicas. No entanto, após essa data começou-se a interiorizar a ideia de que este modo de gestão era pouco eficiente e eficaz e, por conseguinte, insustentável, passando a ser necessária uma alteração da filosofia da atividade aeroportuária (ACI, 2010). Os motivos que levaram a esta mudança foram a ineficiência dos aeroportos, a falta de fundos públicos para o seu financiamento e a liberalização do mercado de aviação europeu que veio aumentar a sua competitividade.

Atualmente, uma das grandes restrições que os aeroportos têm enfrentado consiste na sua incapacidade de financiamento. Esta, aliada às fortes perspectivas do aumento de mercado durante os próximos anos, fez aumentar a pressão sobre o financiamento de expansões que permitam aos aeroportos lidar de uma forma apropriada com este aumento de procura. Como as finanças públicas de grande parte dos países têm estado sob fortes medidas de contenção, começaram a aparecer cada vez mais investimentos de natureza privada, oriundos de grandes grupos empresariais interessados na gestão parcial ou total dos aeroportos, designadamente através de parcerias público privadas (PPP) (Cruz e Marques, 2011).

Os principais grupos empresariais públicos e privados (*holdings*) responsáveis pela gestão de aeroportos na região europeia e na região Ásia/Pacífico encontram-se representados no Quadro 2 e

Quadro 3, respetivamente (ATRS, 2012). Uma *holding* pode ser caracterizada como sendo uma empresa que controla e gere várias empresas ou grupos de empresas.

Quadro 2. Grupos empresariais presentes na Europa

Grupos Empresariais	Região	Aeroportos (n.º)
Aéroports de Paris (ADP)	França	14
Aeroporti di Roma (ADR)	Itália	2
Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA)	Espanha	46
Aeroportos de Portugal (ANA)	Portugal	10
Avinor	Noruega	46
British Airport Authority (BAA)	Reino Unido	6
Flughafen Berlin-Schönefeld GmbH (FBS)	Alemanha	2
Dublin Airport Authority (DAA)	Irlanda	3
Finavia Oyj	Finlândia	25
Fraport AG	Alemanha	13
Manchester Airport Group (MAG)	Reino Unido	4
Polish Airports' State Enterprise (PPL)	Polónia	2
Schiphol Group	Holanda	3
Società Esercizi Aeroportuali (SEA)	Itália	2
Swedavia	Suécia	11
Tepe-Akfen-Ventures Investment Holding Co. (TAV)	Turquia	10

Quadro 3. Grupos empresariais presentes na Ásia/Pacífico

Grupos Empresariais	Região	Aeroportos (n.º)
Airports Authority of India	Índia	8
Airport Development Group	Austrália	3
Airports of Thailand Public Company Limited	Tailândia	6
Australia Pacific Airports Corporation	Austrália	2
P.T. (Persero) Angkasa Pura I	Indonésia	14
P.T. (Persero) Angkasa Pura II	Indonésia	13
Korea Airports Corporation	Coreia	14
Malaysia Airports Holding Berhad	Malásia	39
Queensland Airports Limited	Austrália	3

É de referir que no Quadro 2 e no Quadro 3 não se encontram representados todos os grupos com participações em aeroportos. No entanto, encontram-se listados os grupos de maior importância. Em relação à coluna correspondente à região de cada grupo empresarial, esta apenas indica a presença do grupo em determinado país e não noutras regiões. Um desses exemplos é o grupo Fraport AG, que apesar de no Quadro 2 ter como região a Alemanha, também se encontra presente no Perú, na Índia e na Arábia Saudita, entre outros países.

Como dois dos objetivos deste trabalho de investigação são, por um lado, a comparação da eficiência entre aeroportos geridos individualmente e aeroportos geridos por *holdings*, e por outro lado a comparação entre aeroportos de gestão pública, público-privada e privada, torna-se necessário definir na amostra de aeroportos que irão ser analisados, quais os que são geridos de cada uma destas formas. A distinção entre estes modelos de gestão encontra-se representada de forma detalhada no Anexo 1 (ATRS, 2012). No Quadro 4 e no Quadro 5 são apresentadas as mesmas informações por região geográfica. É de referir que nos aeroportos sob gestão de grupos empresariais, a percentagem do aeroporto detida por cada grupo varia consideravelmente na amostra analisada.

Quadro 4. Distribuição geográfica de aeroportos públicos, privados e público-privados

Região	Público	Privado	Público-privado	Total
América	68	0	0	68
Europa	23	4	24	51
Ásia/Pacífico	11	7	8	26
Total	102	11	32	145

Quadro 5. Distribuição geográfica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos por *holdings*

Região	Individual	Holding	Total
América	68	0	68
Europa	30	21	51
Ásia/Pacífico	23	3	26
Total	121	24	145

Em relação à presença de grupos empresariais privados nos aeroportos europeus, é expectável que aumente nos próximos anos, tendo ocorrido recentemente ou estando planeadas 20 privatizações até ao ano de 2015. Entre estas incluem-se 6 na Croácia, 2 na Roménia, 2 em Montenegro, 1 na República Checa, 1 no Reino Unido e 1 no Kosovo (ACI, 2010).

Está também prevista a privatização parcial do gigante AENA (operador aeroportuário espanhol), que, caso ocorra, inverterá o domínio do sector público nesta atividade. Este grupo é responsável pela gestão de aeroportos como o de Madrid, Barcelona, Palma de Maiorca e muitos

outros em território espanhol, movimentando no ano de 2012 cerca de 190 milhões de passageiros, tornando a AENA o maior operador aeroportuário mundial em termos do número de passageiros transportados (Financial Times, 2013).

2.7 Regulação Económica

A regulação económica de uma qualquer infraestrutura de serviços, neste caso um aeroporto, é necessária quando no respetivo mercado existe falta de concorrência, como numa situação de mercado de monopólio natural. Quando existe uma situação de concorrência imperfeita, esta pode levar a que os operadores que fornecem o serviço o façam de forma ineficiente, praticando preços elevados e oferecendo um serviço de fraca qualidade. Por este motivo é que existem diversos países e regiões que adotaram algum tipo de regulação económica aos seus aeroportos, implementada através de agências reguladoras de forma a proteger os vários *stakeholders* (Marques, 2005).

O tipo de regulação económica que é aplicado depende essencialmente do modelo de gestão de cada aeroporto: público, privado ou público-privado. Em relação às entidades reguladoras podem ser de cariz público (geridas diretamente pelo Governo do país através dos ministérios ou departamentos), público, mas com algum tipo de independência (institutos públicos) ou podem ser autoridades reguladoras totalmente independentes. Quanto aos métodos regulatórios existentes, não existe um consenso sobre a sua classificação, apesar de poderem ser divididos em 2 grupos, em função dos incentivos que oferecem para a minimização dos seus custos: com um baixo grau de incentivo (e.g. RoR (*rate of return*)) e com elevados incentivos (e.g. limite de preços) à regulação (Marques e Brochado, 2008).

O RoR é utilizado pelas autoridades reguladoras para garantir que os operadores que estão a ser regulados pratiquem preços justos e razoáveis para os utilizadores/consumidores e, simultaneamente, que consigam recuperar os custos que oneram a sua atividade. Para isso, o regulador determina os valores apropriados de custo de capital, despesas de operação e manutenção (*opex*) e depreciações. Baseado nestes valores de custos, o regulador determina o montante de receitas necessário para o operador cobrir os seus custos (Jamison, 2008). No entanto, este método é bastante criticado por não promover a inovação nem uma operação eficiente: quando o RoR é superior ao custo de capital é provável que ocorra um investimento desnecessário sem razão técnica alguma, dado que o operador regulado obtém um lucro adicional por cada unidade investida (Marques e Brochado, 2008).

Por sua vez, os restantes métodos regulatórios já constituem um forte incentivo à regulação. Nestes encontram-se métodos como o *price cap*, *revenue cap* e *yardstick competition*. O *price cap* (limite de preços) consiste na definição dos preços (taxas) a praticar durante um certo período de tempo, tendo em conta, geralmente, a inflação. O operador assume o risco dos preços dos seus *inputs* serem instáveis e de uma eventual procura variável. No entanto, este método constitui um incentivo à regulação, dado que o operador em causa tem todo o interesse em tornar-se eficiente, diminuindo os seus custos, uma vez que o preço definido anteriormente com o regulador não é

alterado de forma alguma, o que leva a um aumento do lucro do operador (Cowan, 2002). Áustria, Malta e Dinamarca são exemplos de países que usam o *price cap*.

Em relação ao *revenue cap* (limite de receitas), o qual é similar ao *price cap*, assenta na definição de um valor máximo de receitas que um operador pode obter. Neste caso, o operador já tem liberdade para definir os seus preços, dado que o controlo é na receita total e não no preço unitário. Este método é mais apropriado que o *price cap* quando os custos não variam consideravelmente por unidade de venda. Um dos países que adotou este método regulatório foi a Irlanda (Jamison, 2007).

Por último, existe o *yardstick competition* que não é mais do que uma comparação do desempenho dos operadores dentro do mesmo setor. A sua grande vantagem é que promove a eficiência dos operadores regulados através da pressão dos *stakeholders* e da transparência e partilha de informação entre eles, permitindo aos que têm um pior desempenho perceberem onde estão as suas falhas em relação ao operador com as melhores práticas da indústria. Macau e Bélgica são alguns dos países que usam este método regulatório (Marques e Brochado, 2008).

Em relação ao conjunto de aeroportos que irá ser analisado, o Quadro 6 indica o número de aeroportos por região geográfica que são regulados por agência reguladora.

Quadro 6. Distribuição geográfica de aeroportos sob regulação económica e sem regulação económica

Região	Não Regulado	Regulado	Total
América	0	68	68
Europa	15	36	51
Ásia/Pacífico	4	22	26
Total Geral	19	126	145

2.8 Evolução Recente do Mercado Aéreo Mundial

O mercado aéreo é um tipo de mercado altamente sensível a ciclos económicos, como se tem verificado nos últimos anos. Em tempos de maior contenção económica, a procura por este tipo de serviço simplesmente diminui, deixando em sobressalto todos aqueles que são dependentes desta indústria, desde particulares a empresas de grande dimensão, como as companhias aéreas.

Apesar do mercado de transporte aéreo ter sofrido uma crise entre 2008 e 2009, atualmente já se encontra em recuperação e as expectativas apontam para um crescimento na ordem dos 3,8% por ano até 2032 (Eurostat, 2011).

No ano de 2009, devido à crise económica, o mercado de transporte de passageiros dos Estados-membros da UE (União Europeia) sofreu uma queda média de 5,9%. Em relação à carga transportada a situação europeia foi semelhante, registando uma descida média de 12,3% (Eurostat, 2011).

Mais recentemente, no ano de 2011, o mercado mundial de transporte de passageiros cresceu 5,9% em relação ao ano de 2010. Este crescimento foi bastante favorável, se a análise contemplar o crescimento dos últimos 30 anos, o qual se situou entre os 4% e 5% (IATA, 2012).

No ano de 2012, apesar do mercado mundial de transporte de passageiros ter registado um crescimento de 5,3%, este desacelerou em relação ao ano de 2011, constituindo uma diferença de 0,6 pontos percentuais. Ainda assim, manteve-se em linha com o crescimento verificado nos 30 anos anteriores (IATA, 2013).

Este crescimento de 5,3% em 2012 foi sustentado em grande parte (65%) pelo aumento do número de passageiros provenientes das economias emergentes. Só as viagens efetuadas dentro do continente asiático, onde se situam duas das principais economias emergentes, como a Índia e a China, foram responsáveis por 50% deste crescimento (IATA, 2013).

2.9 Maiores Aeroportos

Neste ponto serão mencionados os maiores aeroportos, tanto em termos do número de passageiros transportados, como também da carga transportada.

É importante referir que os *rankings*, que se seguem, apenas consideram os aeroportos que irão ser alvo de uma análise de eficiência neste trabalho de investigação. No entanto, se este estudo considerasse todos os aeroportos, existiria apenas uma alteração neste *ranking*: o aeroporto do Dubai (DXB) passaria a constar no *ranking* dos 10 aeroportos com mais carga transportada.

2.9.1 Passageiros Transportados

No Quadro 7, apresenta-se a lista dos 10 aeroportos que mais passageiros movimentaram no ano de 2010. É de realçar a presença de 5 aeroportos norte-americanos nesta lista. Do continente europeu apenas estão presentes 3 aeroportos.

Quadro 7. Lista dos 10 aeroportos com mais passageiros movimentados no ano de 2010 (ATRS, 2012)

Ranking	País	Código Aeroporto	Passageiros
1	Estados Unidos	ATL	88.351.420
2	China	PEK	73.948.113
3	Estados Unidos	ORD	67.026.191
4	Reino Unido	LHR	65.881.660
5	Japão	HND	63.391.301
6	França	CDG	58.164.612
7	Estados Unidos	LAX	57.847.621
8	Estados Unidos	DFW	56.391.000
9	Alemanha	FRA	53.013.771
10	Estados Unidos	DEN	52.224.351

2.9.2 Carga Transportada

Por sua vez, no Quadro 8, são apresentados os 10 aeroportos que mais carga movimentaram no ano de 2010. É de salientar a grande concentração de aeroportos da América do Norte e da Ásia/Pacífico: do continente europeu apenas 2 aeroportos estão inseridos na lista dos 10 aeroportos mundiais com mais carga transportada.

O aeroporto internacional do Dubai (DXB), apesar de se enquadrar no Quadro 8, não está presente por não constar da amostra de aeroportos que irá ser analisada nesta dissertação.

Quadro 8. Lista dos 10 aeroportos com mais carga transportada em 2010 (ATRS, 2012)

Ranking	País	Código Aeroporto	Carga (ton)
1	Estados Unidos	MEM	4.250.806
2	China	HKG	4.128.000
3	China	PVG	3.228.080
4	Coreia	ICN	2.684.499
5	Estados Unidos	ANC	2.646.695
6	França	CDG	2.399.067
7	Alemanha	FRA	2.307.793
8	Estados Unidos	SDF	2.166.656
9	Japão	NRT	2.068.382
10	Estados Unidos	MIA	1.991.467

2.10 Aeroportos Portugueses

Os aeroportos portugueses com maior tráfego aéreo eram geridos até há pouco tempo pela ANA (Aeroportos de Portugal) e pela ANAM (Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira), sendo ambas entidades públicas gestoras de aeroportos portugueses. A ANA tinha a seu cargo “a gestão, exploração e desenvolvimento de oito aeroportos portugueses, sendo quatro no continente e quatro no arquipélago dos Açores” (ANA, 2013a), enquanto a ANAM tinha as mesmas funções nos aeroportos da Madeira e de Porto Santo (ANAM, 2013). No entanto, é de referir que a ANA detinha 80% do capital social da ANAM (Expresso, 2013a). Ou seja, além de gerir os aeroportos da Madeira e de Porto Santo, a ANA era ainda responsável pelos aeroportos de Lisboa, Porto, Faro e Beja, no continente e pelos aeroportos de Ponta Delgada, Horta, Flores e Santa Maria, nas ilhas dos Açores (ANA, 2013b). Os restantes aeroportos nacionais localizam-se nos Açores e são geridos pelo Governo Regional.

No entanto, em função da crise económica europeia que se refletiu em Portugal, o governo português estudou a possibilidade de efetuar privatizações de entidades públicas, sendo que a ANA acabou mesmo por ser privatizada ao grupo francês Vinci por 3.080 milhões de euros, a que acrescem mais 2.200 milhões de euros durante os 50 anos de vigência do contrato de concessão (Expresso, 2013b).

No ano de 2012, o tráfego aéreo nos aeroportos anteriormente geridos pela ANA aumentou 1,9% em relação a 2011. Isto refletiu-se num aumento de 539 mil passageiros, perfazendo um total de 28,2 milhões de passageiros movimentados. Esta subida de 1,9% foi suportada, nomeadamente pelo aeroporto de Lisboa, que registou um aumento de tráfego de 3,5%, representando 54% do tráfego dos oito aeroportos geridos pela ANA (excluindo nesta análise o aeroporto da Madeira e Porto Santo). Negativamente, há que destacar os aeroportos dos Açores, com uma quebra de tráfego aéreo de 5,9%. Em relação aos restantes aeroportos, ocorreu um aumento residual nos aeroportos do Porto e Faro (Diário de Notícias, 2013). A evolução do número de passageiros em alguns aeroportos geridos pela ANA entre o ano de 2011 e 2012 pode ser consultada no Quadro 9.

Quadro 9. Evolução do número de passageiros transportados nos aeroportos portugueses (ANA, 2013c)

Aeroportos	Passageiros 2012	Passageiros 2011	Variação (%)
Aeroporto Lisboa	15.301.176	14.790.157	3,50%
Aeroporto Francisco Sá Carneiro (Porto)	6.050.094	6.003.408	0,80%
Aeroporto de Faro	5.672.377	5.615.580	1%
Aeroportos dos Açores	1.184.421	1.259.351	-5,90%

Refira-se que neste mesmo ano, os mercados que mais se destacaram em termos de destinos foram a França, a Alemanha, a Suíça e a Holanda, enquanto as companhias aéreas foram a TAP

(Transportadora Aérea Portuguesa) com uma quota de 38,9% de passageiros transportados, e as companhias aéreas *low cost* Ryanair e Easyjet. O conjunto destas 3 companhias aéreas foi responsável por cerca de 65,5% do tráfego total dos aeroportos anteriormente geridos pela ANA (excluindo, uma vez mais, os aeroportos da Madeira e Porto Santo) (Público, 2013).

2.11 Estudos aos Aeroportos

O objetivo do estudo de Fry *et al.* (2005) era determinar quais eram as técnicas mais usadas para a avaliação e a melhoria do desempenho de aeroportos e companhias aéreas. Para isso, foram enviados dois questionários aos gestores dos 200 maiores aeroportos e 200 maiores companhias aéreas de todo o mundo, em termos do número de passageiros transportados. Como seria esperado, a taxa de resposta não foi muito alta, ficando as companhias aéreas reduzidas a 43 e os aeroportos a 58. Entre os que responderam, é visível no Quadro 10 a sua distribuição geográfica.

Quadro 10. Distribuição geográfica da amostra de aeroportos e companhias aéreas

Região	Companhias Aéreas (%)	Aeroportos (%)
Europa	52	38
América do Norte	16	48
Ásia/Pacífico	16	10
América Latina/América Central	7	2
África/Médio Oriente	9	2

Os resultados obtidos no que diz respeito às técnicas mais usadas por cada uma das entidades estão representados no Quadro 11. É de referir que tanto as companhias aéreas como os aeroportos podem usar mais que uma técnica de avaliação de desempenho.

Quadro 11. Técnicas de avaliação de desempenho mais usadas por companhias aéreas e aeroportos

Técnica	Companhias Aéreas (%)	Aeroportos (%)
<i>Benchmarking</i>	88	72
Sistemas de gestão de qualidade	54	23
<i>Balanced scorecard</i>	44	25
<i>Activity based costing</i>	34	36
<i>Business process reengineering</i>	39	23
Gestão da qualidade total	22	41
Sistemas de gestão ambiental	17	27
<i>Value based management</i>	15	9
<i>Business excellence model</i>	7	12

Como se pode verificar através da tabela representada em cima, *benchmarking* é a técnica de avaliação de desempenho mais usada por companhias aéreas e aeroportos. Da amostra em análise, esta técnica é usada por 88 % das companhias aéreas e por 72% dos aeroportos, o que denota a sua popularidade dentro do leque das diversas opções de avaliação de desempenho.

Foram ainda realizadas várias estatísticas sobre o uso da técnica *benchmarking* junto das companhias aéreas, tais como:

- O uso de *benchmarking* é maior nas companhias aéreas pertencentes às regiões europeia, norte-americana e Ásia/Pacífico (entre 85% a 95%) do que nas restantes regiões (67%);
- As companhias aéreas que lidam com um maior número de passageiros são mais propensas a usar *benchmarking* do que as que lidam com um menor número de passageiros: todas as companhias aéreas que transportavam mais de 10 milhões de passageiros por ano usavam *benchmarking*, enquanto as companhias aéreas que lidavam com um menor número de passageiros ficavam pelos 80% a 91%;
- Existe uma maior tendência em efetuar *benchmarking* junto de empresas semelhantes (do mesmo tipo de indústria) do que em empresas com processos semelhantes mas pertencentes a outro tipo de indústria. No entanto, uma das dificuldades apontadas neste ponto foi a dificuldade em obter alguns tipos de dados junto dos seus concorrentes;
- *Benchmarking* era usado com o propósito de avaliação dos níveis de desempenho e de melhoria do processo praticamente na mesma proporção;
- *Benchmarking* era realizado com percentagens semelhantes para comparações de foro financeiro e comparações de foro operacional;

-
- A técnica de *benchmarking* era muito mais usada segundo uma comparação com outras companhias aéreas do que segundo uma comparação com a companhia aérea em questão, baseada em dados históricos;
 - *Benchmarking* era tanto usado para comparação de atividades específicas como para atividades mais gerais.

Para os aeroportos também foi feita uma análise estatística dos dados recolhidos, através da qual se concluiu:

- *Benchmarking* é muito mais utilizado para efetuar comparações com aeroportos semelhantes do que com outras entidades de outros tipos de indústrias;
- Apesar de não haver uma grande diferença, a técnica de *benchmarking* é mais usada para avaliar apenas o desempenho da empresa em questão do que para melhorar os processos;
- Em geral, os aeroportos usam mais a técnica de *benchmarking* para questões de foro financeiro do que para outros temas;
- É aproximadamente igual a percentagem de aeroportos que aplica a técnica de *benchmarking* internamente e a percentagem dos que aplicam com base numa comparação com outros aeroportos.

Este estudo permitiu demonstrar que a técnica *benchmarking* é a que prevalece em relação a todas as outras, no âmbito da avaliação de desempenho de companhias aéreas e aeroportos. Apesar de nem todas as aplicações terem tido um *feedback* positivo, de uma forma geral considerou-se que é uma técnica muito útil.

2.11.1 Estudos aos aeroportos com recurso à metodologia DEA

A primeira aplicação da metodologia DEA para medir a eficiência no sector dos aeroportos foi efetuada por Gillen e Lall (2001). Este estudo centrou-se na avaliação da eficiência de 21 dos 30 maiores aeroportos nos EUA entre 1989 e 1993, optando-se por os dividir em 2 tipos de serviços diferentes: serviços de terminal e de atividades aéreas. A razão desta divisão está ligada ao facto de se considerar que as atividades desempenhadas nos terminais apenas são de apoio ao serviço final providenciado pelos aeroportos: o transporte de passageiros e mercadorias (atividades aéreas). Em relação aos modelos adotados para modelar cada um destes tipos de serviço, os autores assumiram “serviços de terminal” segundo um modelo VRS e as “atividades aéreas” de acordo com um modelo CRS, ambos definidos para uma orientação *output*. Os *inputs* e *outputs* usados em cada um dos serviços são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12. *Inputs e outputs* referentes às atividades aéreas e serviços de terminal dos aeroportos norte americanos

Atividades Aéreas		Serviços de Terminal	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
- Área do aeroporto (m ²);	- Movimentos aéreos (n. ^o);	- Pistas (n. ^o);	
- Pistas de aterragem e descolagem (n. ^o);	- Movimentos aéreos pendulares (n. ^o)	- Portas de embarque/desembarque (n. ^o);	
- Área das pistas (m ²);		- Área terminal (m ²);	- Passageiros (n. ^o);
- Funcionários (n. ^o)		- Funcionários (n. ^o);	- Carga transportada (lb)
		- Tapetes para recolha de bagagem (n. ^o);	
		- Lugares de estacionamento público (n. ^o)	

No período de tempo em análise (1989-1993), registaram-se várias alterações ao nível do desempenho dos vários aeroportos em estudo, tanto nos serviços de terminal como nas atividades aéreas. Aproximadamente 50% dos aeroportos apresentaram melhorias ao nível de eficiência nos dois tipos de serviços, enquanto os restantes 50% estão maioritariamente concentrados na perda de eficiência, sendo poucos os que mantiveram o mesmo nível de eficiência.

A razão por detrás do facto de se ter registado uma queda de eficiência nos terminais de alguns aeroportos foi a saída de algumas companhias aéreas para outros aeroportos. Naqueles que registaram um aumento de eficiência, tal deveu-se à expansão dos aeroportos e/ou ao crescimento do tráfego aéreo.

No que diz respeito às atividades aéreas, não é apresentado um motivo para a queda de eficiência. No entanto, para aqueles que evidenciaram aumentos de eficiência sugere-se que o tráfego homogéneo ao longo dos anos foi um dos fatores que mais contribuiu para esta melhoria.

Um outro estudo aplicado aos aeroportos europeus foi desenvolvido por Marques e Barros (2010), através da análise de modelos de fronteira, nomeadamente o de Alvarez *et al.* (2004) (modelo de fronteira estocástico) e o modelo fronteira de custo. Além destes, é ainda utilizada a metodologia DEA, de forma a analisar a influência de 3 fatores no seu desempenho: regulação, modelo de gestão e práticas de gestão. A amostra usada era constituída por 32 aeroportos europeus para os anos de 2001 e 2004.

A análise efetuada permitiu concluir que os modelos de fronteira homogéneos devem ser substituídos por modelos de fronteira estocásticos, dado que os primeiros não consideram aspetos relevantes dos objetos de estudo em questão. Por sua vez, os modelos de fronteira estocásticos permitem separar as variáveis homogéneas e heterogéneas.

Além disso, a maioria dos aeroportos analisados operou com altos níveis de ET, de acordo com o modelo de fronteira homogéneo. No entanto, segundo o modelo de Alvarez *et al.* (2004), os valores de ET obtidos foram menores do que no modelo de fronteira homogéneo, o que significa que neste último modelo os conceitos de heterogeneidade e eficiência são misturados.

Uma das principais conclusões do estudo sugere que a heterogeneidade deve ser sempre considerada em estudos sobre aeroportos, assim como aspetos relacionados com a sua gestão. Concluiu-se que os aeroportos privados operavam com valores de eficiência superiores aos dos aeroportos públicos, que as medidas regulatórias influenciavam positivamente a sua eficiência através de uma descida de custos e que as práticas de gestão eram um elemento chave na busca por maiores valores de eficiência.

Pels *et al.* (2001) desenvolveram um estudo muito semelhante com o âmbito do trabalho que aqui se apresenta, tendo como amostra de estudo os aeroportos europeus entre 1995 e 1997. À semelhança do estudo abordado anteriormente e desenvolvido por Gillen e Lall (2001), o objetivo era determinar a eficiência dos aeroportos através da DEA, além de calcular a dimensão ótima dos aeroportos (*most productive scale size*). Assim, começaram por proceder à divisão da análise em duas componentes: eficiência nos terminais e eficiência nas atividades aéreas. Embora se considere que estes dois tipos de serviços estejam bastante relacionados entre si, a tecnologia de produção que cada um deles exige é bastante diferente, daí não fazer sentido analisar os dois num só indicador. Os *inputs* e *outputs* usados em cada um deles estão enumerados no Quadro 13.

Quadro 13. *Inputs* e *outputs* referentes às atividades aéreas e serviços de terminal dos aeroportos europeus

Atividades Aéreas		Serviços de Terminal	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
- Área do aeroporto (m ²)		- Área do terminal (m ²)	
- Comprimento das pistas (m);		- Lugares de estacionamento aeronaves (n. ^o);	- Passageiros movimentados (n. ^o)
- Lugares de estacionamento de aeronaves (n. ^o);	- Movimentos aéreos (n. ^o)	- Lugares de estacionamento remotos de aeronaves (n. ^o);	
- Lugares de estacionamento remotos de aeronaves (n. ^o)		- Balcões de <i>check-in</i> (n. ^o);	
		- Reclamações de bagagem (n. ^o)	

Em relação aos terminais registou-se, em geral, uma ligeira subida da eficiência dos aeroportos. Além disso, a grande maioria operava sob uma tecnologia IRS. Um dos factos curiosos que o estudo menciona é a grande diferença de eficiência entre aeroportos que pertencem a uma mesma cidade – casos de Londres e Berlim. No que diz respeito a resultados finais, foram 7 em 34 os aeroportos que atingiram a eficiência máxima. Outros aeroportos registaram aumentos de eficiência

mas, mesmo assim, continuaram a ser ineficientes. No entanto, para aqueles que atuaram sobre IRS, um aumento de escala conduziria a novos aumentos de eficiência. Em menor quantidade, encontram-se os aeroportos que atuaram sob tecnologia DRS, para os quais se recomenda a diminuição de escala para aumentarem a sua eficiência.

Em relação à eficiência dada pelos atividades aéreas, a primeira conclusão a ser extraída é o facto de existir um menor número de UD eficientes comparativamente aos terminais. A disparidade de eficiência entre aeroportos pertencentes à mesma cidade também se verifica. Por fim, também se verificou que no período de tempo em análise a maioria dos aeroportos atuou com tecnologia IRS.

As principais conclusões que se retiram deste estudo são que grande parte das UD analisadas operaram sob tecnologia IRS, tanto nos terminais como nas atividades aéreas. Por esta razão, e porque muitas destas UD não são eficientes, a recomendação passa por aumentar a respetiva escala de operações. Por seu lado, para as que atuaram sob tecnologia DRS recomenda-se que diminuam a sua escala para atingirem um valor de eficiência superior.

Dentro do espaço europeu também foram realizados diversos estudos aplicados aos aeroportos de alguns países em particular, nomeadamente em Itália por Barros e Dieke (2007). Neste país, e neste estudo específico, o objetivo passava por determinar a eficiência operacional e financeira de 31 aeroportos entre 2001 e 2003, e em descobrir quais os fatores (dimensão, modo de gestão e WLU - *workload unit*³) que mais influenciavam a aproximação de cada UD à curva eficiente. Como é apontada uma fraqueza à metodologia DEA em geral – identificação de muitas UD eficientes e incapacidade de distinção entre elas – optaram por usar os modelos de DEA de eficiência cruzada e de supereficiência. Os *inputs* e *outputs* usados para a construção de um modelo com orientação para o *output* nos modelos CRS e VRS encontram-se no Quadro 14.

Quadro 14. *Inputs* e *outputs* referentes aos aeroportos italianos

Inputs	Outputs
- Custo laboral (€);	- Número de aeronaves (n.º);
- Capital investido (€);	- Número de passageiros (n.º);
- Custo operacional (excluindo custos laborais) (€)	- Carga transportada (ton);
	- Receitas aeronáuticas (€);
	- Receitas Comerciais (€)

O resultado que sobressai imediatamente consiste no elevado número de UD com o valor de eficiência máximo, ou seja, igual a 1. Em relação aos restantes, também ressalta o facto de se encontrarem bastantes próximos de 1.

³ Medida *standard* para quantificar o *output*, sendo, neste caso, um passageiro ou 100 kg de carga.

Quanto à influência dos fatores acima mencionados (dimensão, modo de gestão e *workload unit*), aplicou-se o teste estatístico de *Mann-Whitney* a algumas hipóteses previamente definidas, concluindo-se o seguinte:

- 1) Aeroportos de maior dimensão são mais eficientes do que os de pequena dimensão;
- 2) Aeroportos sob gestão privada são mais eficientes do que os de gestão pública;
- 3) Aeroportos com maior WLU são mais eficientes do que os de menor WLU.

Um estudo mais recente foi desenvolvido por Barros (2008) junto dos aeroportos argentinos no contexto da grave crise económica mundial que se verificou, durante a qual o tráfego aéreo caiu 50%. Numa primeira fase, a sua abordagem incluía a aplicação da metodologia DEA a 32 aeroportos argentinos entre os anos de 2003 a 2007. Numa segunda fase, o objetivo passava pela utilização do procedimento de *Simar and Wilson* para aferir quais os principais fatores que afetavam a eficiência. Em relação aos modelos adotados para o desenvolvimento deste estudo, destacam-se a orientação *output* segundo os modelos CRS e VRS. Os *inputs* e *outputs* usados estão listados no Quadro 15.

Quadro 15. *Inputs* e *outputs* referentes aos aeroportos argentinos

Inputs	Outputs
- Funcionários (n.º);	- Aeronaves (n.º);
- Pistas (n.º);	- Passageiros (n.º);
- Rampas (n.º);	- Carga (ton)
- Área do terminal (m ²)	

Após serem obtidos os resultados, chegaram-se a algumas conclusões. Uma delas é que não houve uma gestão uniforme ao longo dos anos, dado que os aeroportos registaram muitas alterações ao nível da ET. Além disso, houve aeroportos que registaram DRS e outros IRS, o que indicia que a dimensão de cada UD tem algum peso na avaliação da eficiência. Por esta razão, a sugestão apontada foi no sentido de diminuir a escala nos aeroportos com tecnologia DRS, dado que estes são muito grandes para a atividade que têm, e de aumentar a escala naqueles que registassem tecnologia IRS, pois a sua dimensão era reduzida.

Foi ainda apresentada uma tabela com as variáveis usadas como *inputs* e *outputs* no modelo DEA referido de um aeroporto ineficiente específico (Córdoba), e respetivas alterações para que o mesmo se tornasse eficiente: tanto no aumento de uma quantidade específica de *output*, como na diminuição de uma certa quantidade de *inputs*.

Quanto à aplicação do procedimento de *Simar and Wilson*, foram testadas a influência de 3 variáveis no desempenho dos aeroportos (*tendência*, *hub airports* e WLU).

Wanke (2013) desenvolveu um estudo um pouco diferente dos anteriormente descritos. Centrou-se na aplicação de *two-stage network* DEA aos aeroportos brasileiros. Neste modelo particular de DEA, a eficiência é medida num processo que envolve 2 estágios: o primeiro estágio usa

os seus *inputs* para gerar medidas intermédias, as quais são usadas como *inputs* no segundo estágio para produzir os *outputs* do processo, como ilustrado na Figura 2.

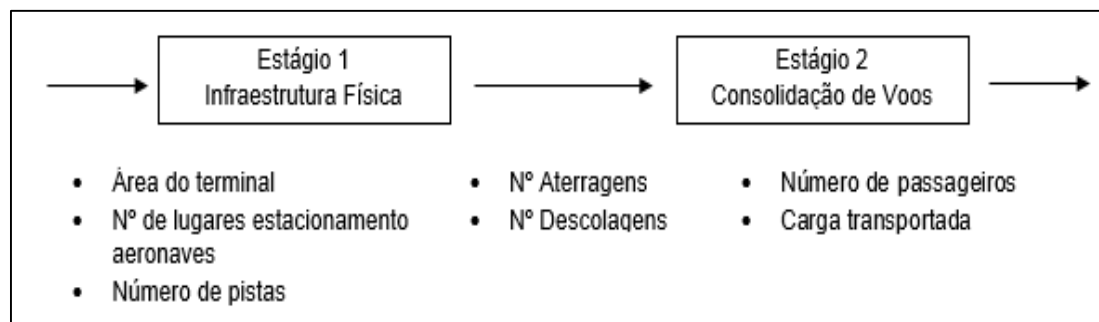


Figura 2. Esquema relativo à *two-stage network* DEA usada na avaliação de eficiência dos aeroportos brasileiros (Wanke, 2013)

Neste estudo em particular, o primeiro estágio relaciona as infraestruturas do aeroporto com o número de aterragens e de descolagens por ano. O segundo estágio relaciona o número de aterragens e descolagens por ano com o número de passageiros e a carga por ano. Os *inputs*, medidas intermédias e *outputs* estão evidenciados no Quadro 16.

Quadro 16. *Inputs* e *outputs* referentes aos aeroportos brasileiros

Inputs	Medidas intermédias	Outputs
- Área do terminal (m ²); - Lugares de estacionamento de aeronaves (n. ^o); - Pistas (n. ^o)	- Aterragens (n. ^o); - Descolagens (n. ^o)	- Passageiros (n. ^o); - Carga transportada (kg)

Quanto aos resultados obtidos depois da aplicação do modelo, destaca-se logo o melhor poder discriminatório deste modelo *two-stage network* DEA em relação ao modelo *standard*, dado que o número de UD eficientes obtido foi menor que o habitualmente obtido em modelos *standards*.

Das 63 UD em análise no primeiro estágio (infraestruturas físicas), apenas 4 se revelaram 100% eficientes. Estes tinham a particularidade de serem aeroportos de pequena dimensão e/ou antigos. No entanto, pertenciam a um grupo de UD que lidavam com um grande número de aterragens e descolagens, embora com um pequeno número de passageiros e carga transportados devido ao uso de pequenas aeronaves. Por outro lado, apenas uma de todas as UD em análise atingiu os 100% de eficiência no que diz respeito ao segundo estágio (consolidação de voos).

Ainda assim, apesar de existir um maior número de UD eficientes no primeiro estágio, o valor médio de eficiência para todas as UD é superior no segundo estágio. Este facto indicia que os aeroportos tendem a ser mais eficientes na relação movimentos de voos/passageiros transportados do que na relação entre as infraestruturas físicas/movimentos de voos.

3 Enquadramento Metodológico

Inicialmente, neste capítulo serão expostos e clarificados alguns conceitos relacionados com o tema do projeto – a eficiência – e numa segunda fase serão apresentadas as várias metodologias de avaliação de desempenho existentes na literatura, seguida de uma descrição detalhada do método que irá ser usado nesta dissertação: a DEA.

3.1 *Benchmarking*

Benchmarking pode ser definido como sendo um processo contínuo e sistemático para a avaliação de produtos, serviços e processos de trabalho em relação às empresas reconhecidas como representantes das melhores práticas na indústria em que atuam, com o intuito de melhoria organizacional (Spendolini, 1992). Uma outra definição enuncia que *benchmarking* é o processo de procura da excelência através de uma comparação sistemática entre as medidas de desempenho e de padrões de referência (Marques e Witte, 2008).

O objetivo de uma análise *benchmarking* não é mais do que uma comparação de desempenho entre os produtos, processos ou atividades de empresas, em relação a uma empresa que é reconhecida como sendo a melhor no mercado em que atua, com o propósito de equiparar os seus níveis de desempenho, ou até mesmo suplantá-los (Indústria da Comissão Europeia, 1996).

Inicialmente usado pela Xerox Corporation no final dos anos 70 (Lai *et al.*, 2010), foi posteriormente adotado com bastante sucesso por gestores de outras indústrias, tais como a Kodak, Motorola, Johnson & Johnson, entre outras (IAPMEI, 2013).

Os três passos básicos do *benchmarking* são (Camp, 1995):

- Identificação das melhores práticas empresariais/empresas;
- Determinação de áreas a melhorar;
- Implementação das alterações.

O passo inicial passa por identificar a empresa ou grupos de empresas que são consideradas como sendo das melhores na sua área de atuação, sendo habitual esta escolha recair nos líderes de cada indústria. Engloba, igualmente, a recolha de dados dessas empresas e o detalhamento do processo produtivo (Spendolini, 1992).

O passo intermédio consiste em comparar a produtividade da empresa em questão, nas várias áreas de interesse, com a empresa selecionada no passo anterior, de forma a serem decididas aquelas áreas que devem ser melhoradas (Donthu *et al.*, 2005).

Por fim, devem-se implementar as alterações que foram planeadas nas áreas identificadas no passo anterior e monitorizar os progressos efetuados (IAPMEI, 2013).

Como referido anteriormente, um dos objetivos deste estudo é a aplicação de uma metodologia de *benchmarking* aos aeroportos internacionais. A metodologia escolhida foi a DEA, que como se irá ver adiante neste capítulo, é uma metodologia de análise e comparação de eficiência (*benchmarking*) de UD homogéneas.

3.2 Eficiência vs Produtividade

Sendo a eficiência o principal ponto de estudo desta dissertação, é bastante importante para o âmbito da mesma a clarificação da diferença entre os conceitos de eficiência e produtividade.

Estes dois conceitos, apesar de serem tratados como sinónimos por alguns autores de estudos sobre desempenho, têm significados distintos pois referem-se a coisas diferentes. Em termos gerais, a eficiência considera o nível máximo de *outputs* que se pode obter, tendo em conta os *inputs* disponíveis, enquanto segundo uma definição clássica proposta por Vincent (1968), produtividade é o rácio entre os resultados (*output*) e os fatores de produção (*inputs*) que o tornam possível. Assim sendo, a forma mais simples de medir a produtividade é:

$$\text{Produtividade Parcial} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (1)$$

Este rácio apenas pode ser usado quando se está na presença de um só *input* e de um só *output*. Quando existem vários *inputs* e *outputs* associados ao mesmo processo produtivo usa-se normalmente a produtividade total dos fatores (Cooper *et al.*, 2006). Este indicador global considera a soma ponderada de todos os *outputs* do processo a dividir pela soma ponderada de todos os *inputs* do mesmo. No caso de existirem 2 *outputs* e 3 *inputs*, sendo u_1 e u_2 os pesos do *output* 1 e 2 respetivamente, e v_1 , v_2 e v_3 os pesos dos *inputs* 1,2, e 3 respetivamente, a fórmula da produtividade total dos fatores seria:

$$\text{Produtividade Total dos Fatores} = \frac{\text{Output 1} \times u_1 + \text{Output 2} \times u_2}{\text{Input 1} \times v_1 + \text{Input 2} \times v_2 + \text{Input 3} \times v_3} \quad (2)$$

Por sua vez, a eficiência pode ser definida como a comparação entre os valores observados e os valores ótimos dos *outputs* e dos *inputs* da UD (Lovell *et al.*, 1993). Esta comparação pode ser feita segundo a lógica de maximização dos *outputs* para um dado nível de *inputs*, ou pela minimização dos *inputs* para um determinado nível de *outputs*.

3.3 Eficiência

A eficiência é um dos indicadores usados para a medição do desempenho de uma empresa, sendo a eficácia, que não faz parte do âmbito deste projeto, um outro indicador que pode ser usado numa análise deste tipo, como pode ser verificado na Figura 3 (Porcelli, 2009).

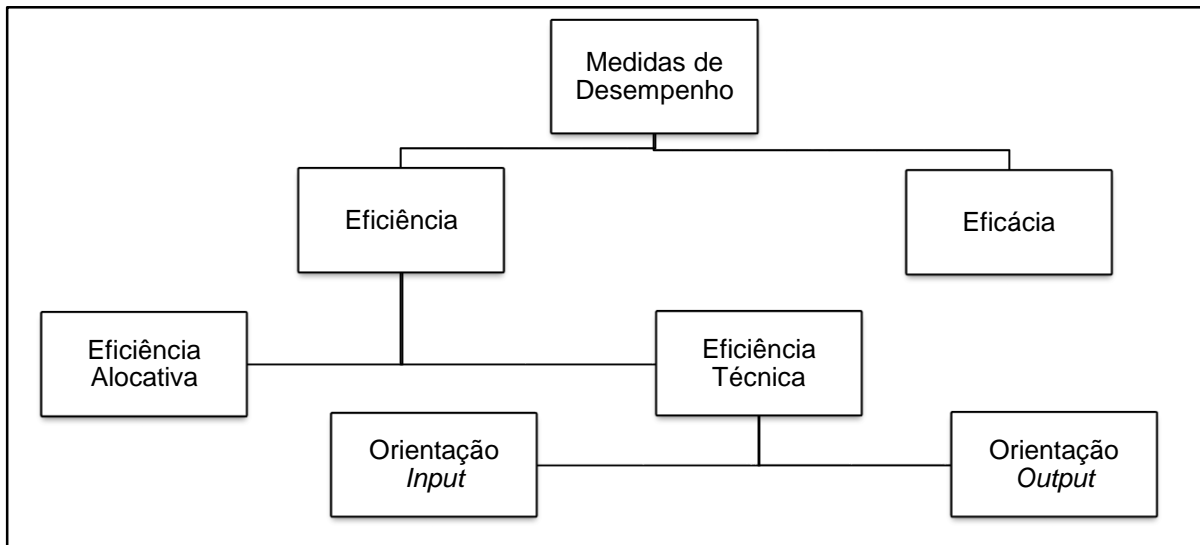


Figura 3. Decomposição de medidas de avaliação de desempenho (adaptado de Porcelli, 2009)

Segundo Mello *et al.* (2005), a eficácia está relacionada com a obtenção dos *outputs* sem considerar os *inputs* envolvidos no processo de produção. Assim sendo, não é mais do que a relação entre os objetivos pretendidos e os resultados obtidos. Desta forma, este indicador não deve ser adotado isoladamente, pois não avalia a quantidade de *inputs* usados para produzir uma determinada quantidade de *outputs*. Ainda assim, é um indicador útil na análise de desempenho de UD, quando acompanhado por outros indicadores complementares, como a eficiência. Uma UD não é mais do que um dos elementos pertencentes a uma amostra que irá ser sujeita a uma avaliação de eficiência, sendo que todas essas UD têm que evidenciar os mesmos *inputs* e *outputs* (Charnes *et al.*, 1978).

A medição de eficiência pressupõe a existência de uma UD que utiliza e consome recursos ou fatores de produção (*inputs*) para obter os produtos ou resultados (*outputs*) através dos seus processos de produção.

3.3.1 Eficiência Técnica e Alocativa

Como pode ser observado na Figura 3, a eficiência pode ser decomposta e estudada em duas vertentes: a eficiência alocativa e a eficiência técnica (Farrell, 1957). Este autor propôs um método para a medição destes dois conceitos baseado na distância entre o ponto em questão e a fronteira de produção. Esta mesma fronteira é definida através de uma isoquanta - curva que representa as combinações dos vários fatores de produção que resultam no mesmo nível de produção - definindo, desta forma, a ineficiência como sendo a distância entre a isoquanta que representa a fronteira eficiente e o ponto em questão, definido pelo nível de produção de uma qualquer UD em estudo.

A eficiência alocativa está relacionada com a combinação ótima de *inputs*, tendo em conta os seus valores monetários, que permitem minimizar o custo de produção dos *outputs*. Deste modo, é considerado um modelo com orientação para os *inputs* e, sendo a UD tecnicamente eficiente,

corresponde a uma solução gráfica sobre a fronteira de produção que opera a um custo de produção mínimo (Marques e Silva, 2006).

A ET pode ser definida como a relação entre o valor observado de *outputs* e o valor máximo de *outputs* que poderia ser atingido para um determinado nível de *inputs* (orientação *output*), ou, analogamente, como a relação entre o valor observado de *inputs* e o valor mínimo de *inputs* que poderia ser atingido para um determinado nível de *outputs* (orientação *input*). Assim sendo, ambas as orientações medem o nível de desperdício do processo produtivo (Farrell, 1957)

Uma UD é considerada tecnicamente eficiente quando produz o valor máximo de *outputs* para um certo nível de *inputs* (orientação *output*) ou quando gasta o mínimo de *inputs* para um certo nível de *outputs* (orientação *input*). Em qualquer um destes casos, a UD estará a produzir no nível fronteira de produção (Marques e Silva, 2006).

Estes dois conceitos representados na Figura 3 – eficiência alocativa e ET – deram origem à eficiência económica. Esta representa a máxima redução possível de *inputs* para uma determinada quantidade de *outputs* ou a expansão máxima de *outputs* para um determinado nível de *inputs* (Marques e Simões, 2009).

$$\text{Eficiência Económica} = \text{Eficiência Alocativa} \times \text{Eficiência Técnica} \quad (3)$$

Estes 2 tipos de eficiência podem ser representados graficamente, como se pode observar na Figura 4, através da isoquanta SS' . Este gráfico representa a utilização dos *inputs* x_1 e x_2 na produção de um único *output* y , segundo uma orientação *input*.

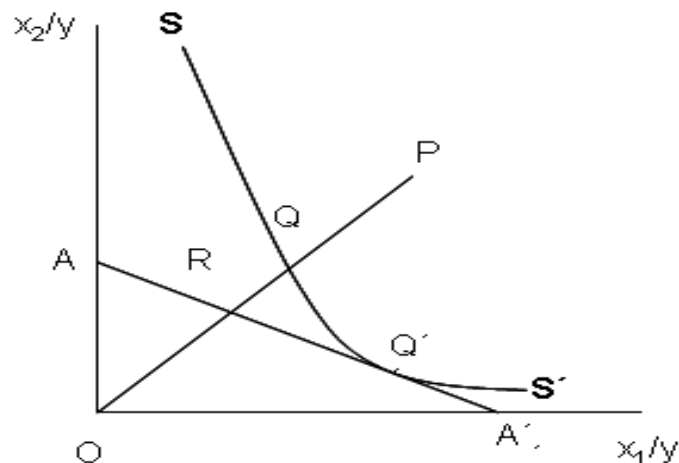


Figura 4. Eficiência técnica e eficiência alocativa para um *output* e dois *inputs* segundo uma orientação *input* (Farrel, 1957)

Neste caso, uma UD é considerada tecnicamente eficiente caso se encontre sobre a isoquanta SS' , pois esta representa o valor mínimo de *inputs* para um dado valor de *outputs*, sendo o seu valor de eficiência nestas condições igual a 1. Desta forma, uma UD que se encontre no nível de produção do ponto P não é tecnicamente eficiente, dado que este ponto não se encontra sobre a isoquanta SS' . Para esta se tornar eficiente, com o mesmo nível de produção, teria que sofrer uma

redução em termos de *inputs* para o mesmo nível de *outputs* igual ao segmento de reta QP. Por outro lado, se o nível de produção da UD se situar no ponto Q já se considera que esta é tecnicamente eficiente. A fórmula para o cálculo da ET para o ponto P é (Farrel, 1957):

$$ET = \frac{OQ}{OP} \quad (4)$$

A eficiência alocativa pode ser analisada com o auxílio da reta dos isocustos AA', a qual tem um declive igual ao rácio dos preços dos seus *inputs* x_1 e x_2 . Uma UD é alocativamente eficiente quando o seu nível de produção se encontra no ponto onde o declive da isoquanta iguala a reta dos isocustos. Na Figura 4, a UD alocativamente eficiente é a Q', dado que a produção é realizada a um custo mínimo. Deste modo, uma vez que o custo de produção é o mesmo nos pontos Q' e R, a eficiência alocativa de uma UD no ponto P é definida por (Farrell, 1957):

$$\text{Eficiência Alocativa} = \frac{OR}{OQ} \quad (5)$$

Estando a eficiência económica definida na equação (3) e a ET e a alocativa nas equações (4) e (5) respetivamente, pode-se definir a eficiência económica do ponto P como sendo:

$$\text{Eficiência Económica} = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (6)$$

3.3.2 Rendimentos à Escala

O conceito de rendimentos à escala exprime uma relação entre a variação da quantidade de todos os *inputs* de um processo produtivo e a respetiva variação da quantidade de *outputs*. Existem 3 tipos de rendimentos à escala: rendimentos crescentes à escala (IRS), rendimentos decrescentes à escala (DRS) e rendimentos constantes à escala (CRS) (Helpman e Krugman, 1985). Os dois primeiros incluem-se nos denominados rendimentos variáveis à escala (VRS).

CRS ocorrem quando o aumento da produção de *outputs* é proporcional ao aumento de todos os *inputs* do processo. IRS acontecem quando o aumento da produção de *outputs* é mais do que proporcional ao aumento de todos os *inputs*. Pelo contrário, DRS sucedem quando o aumento de produção dos *outputs* é menos do que proporcional ao aumento de todos os *inputs* (Helpman e Krugman, 1985).

Estes conceitos serão bastante importantes para a definição de dois tipos de modelos DEA mais utilizados, os quais serão abordados nos pontos 3.5.2.1 e 3.5.2.2.

3.4 Eficiência no Contexto dos Aeroportos

À semelhança de qualquer outra atividade, no contexto de atividade dos aeroportos, a eficiência pode ser avaliada pela comparação entre os vários *inputs* e *outputs* que os mesmos envolvem. No entanto, um aeroporto é uma estrutura de negócio de enorme dimensão e muito

segmentada, tendo cada aeroporto associado a si um grande número de *inputs* e *outputs*. Por este motivo, não existe na literatura um consenso na definição dos *inputs* e *outputs* que devem ser usados no estudo de eficiência de aeroportos, ficando esta decisão ao critério dos autores de cada estudo, tendo em conta os seus objetivos e a informação disponível (Ulku, 2009).

Após as primeiras privatizações de aeroportos, o interesse pelo estudo da eficiência dos aeroportos aumentou consideravelmente. Atualmente, é de extrema importância a identificação dos melhores aeroportos da indústria e das variáveis que podem originar um aumento de eficiência em virtude do aumento da pressão competitiva (Pacheco e Fernandes, 2003).

3.5 Metodologias de Avaliação de Desempenho

As metodologias de avaliação de desempenho podem ser divididas em dois tipos de abordagens, consoante inferem parâmetros a partir de uma amostra ou não: abordagem paramétrica e abordagem não paramétrica. Cada uma destas pode ainda ser subdividida em métodos que recorrem à construção de uma fronteira eficiente (que adotam as melhores práticas) e métodos que não usam o conceito de fronteira eficiente (consideram ajustamentos médios), ou em metodologias estocásticas ou determinísticas caso considerem o erro aleatório ou não (Marques e Silva, 2006). O esquema representativo da hierarquia segundo a divisão da abordagem paramétrica e não paramétrica em métodos com fronteira ou sem fronteira pode ser observado na Figura 5.

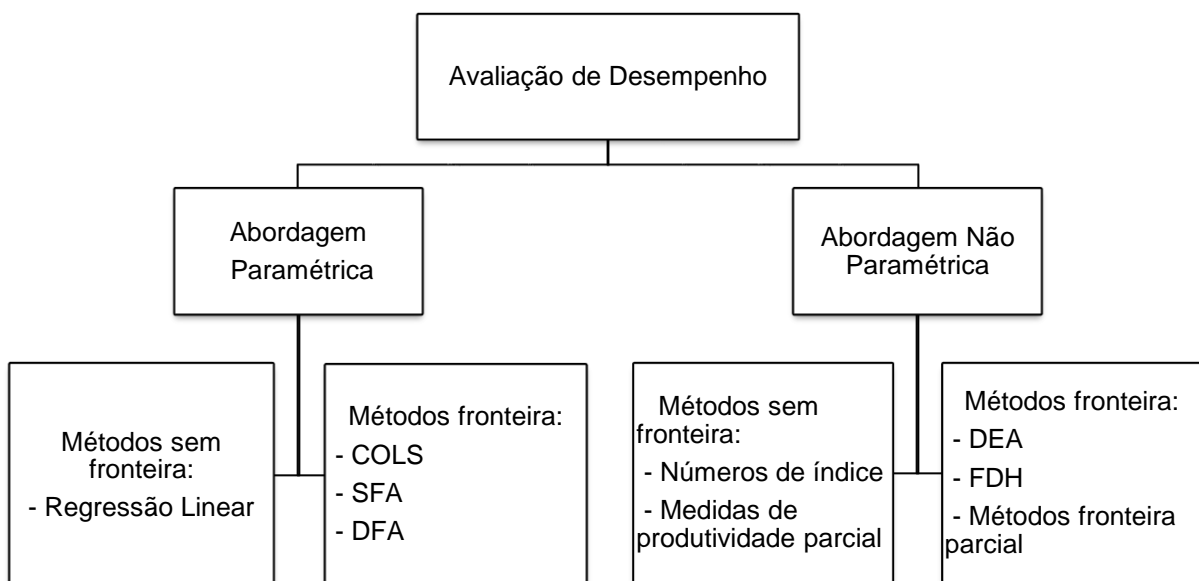


Figura 5. Esquema representativo das metodologias de avaliação de desempenho (Marques, 2011)

3.5.1 Abordagens Paramétricas e Abordagens não Paramétricas

Os métodos que seguem uma abordagem paramétrica, como a regressão linear, o COLS (*corrected ordinary least squares*), o SFA (*stochastic frontier analysis*) e o DFA (*deterministic frontier analysis*), necessitam da estimação de uma função que permita definir a fronteira de produção (ou a função custo) e possibilitam a medição dos erros. Por outro lado, os métodos não paramétricos, onde se inclui a metodologia DEA a ser aplicada nesta dissertação, são métodos baseados empiricamente,

ou seja, necessitam de várias observações à amostra em estudo para tornar possível a construção de uma fronteira de produção que estas constituem. Como referido, a classificação segundo a determinação de uma fronteira eficiente ou sem construção de uma fronteira eficiente é baseada pela comparação a ser feita segundo as *best practices* ou segundo um ajustamento médio, respetivamente (Marques e Silva, 2006).

Dentro da abordagem paramétrica, nos métodos que recorrem à construção de uma fronteira de produção, ainda se pode considerar a distinção entre métodos estocásticos e determinísticos. Os métodos de fronteira determinísticos consideram que a distância entre a posição da UD e a fronteira de produção é devido à ineficiência do processo produtivo, enquanto nos métodos de fronteira estocásticos, que consideram a aleatoriedade da produção, se considera que esta mesma distância é fruto das perturbações aleatórias do processo, podendo ou não incluir também uma parcela que isole a ineficiência (Smash, 1992).

De um modo geral, consideram-se que os métodos que recorrem ao uso de fronteira são melhores em relação aos que não usam o conceito de fronteira. No que concerne à superioridade entre métodos paramétricos e métodos não paramétricos não existe consenso (Marques e Silva, 2006). Entre os métodos DEA (método não paramétrico) e SFA (método paramétrico), que são aqueles que mais se destacam, existem diversas vantagens e desvantagens associadas ao seu uso.

Proposto inicialmente por Aigner *et al.* (1977) e por Meeusen e Broeck (1977), a fronteira de produção (ou de custo) no modelo SFA pode ser expressa como:

$$y_i = f(x_i; \beta) \exp(v_i) \exp(-u_i) \quad (7)$$

Nesta equação, y_i representa o *output*, x_i define o *input*, $f(x_i; \beta)$ é a componente determinística da função de produção, onde β é um vetor com de parâmetros tecnológicos, $\exp(v_i)$ está associado às perturbações aleatórias do processo e $\exp(u_i)$ é a ineficiência técnica de produção. A metodologia SFA apresenta as seguintes vantagens e desvantagens face à DEA (Coeli *et al.*, 2005):

- SFA considera as perturbações aleatórias do processo produtivo;
- SFA permite testes estatísticos de hipóteses;
- A decomposição dos termos de perturbações aleatórias e ineficiência técnica pode ser afetada pela função de distribuição escolhida.

3.5.2 Metodologia DEA

Segundo Cullinane *et al.* (2005), a técnica de DEA pode ser definida como sendo um método não paramétrico para a medição de eficiência de UD com múltiplos *inputs* e *outputs*. Outra definição providenciada por Cook e Zhu (2005), sugere que DEA é uma abordagem para avaliar o desempenho de UD, designadamente de que forma os seus *inputs* são convertidos em *outputs*. Assim sendo, a

eficiência das UD não é mais que o quociente entre a soma ponderada dos fatores de produção (*inputs*) e a soma ponderada dos produtos (*outputs*).

É de realçar que a técnica DEA avalia a eficiência relativa das UD e não a sua eficiência absoluta, dado que a avaliação feita é baseada apenas na amostra total de UD em análise (Cullinane *et al.*, 2005). Os pesos de cada variável são obtidos através de programação fracionária em função da maximização da eficiência da UD. Esta metodologia centra-se na construção de uma fronteira eficiente, onde todas as UD que se situarem sobre esta são consideradas eficientes, sendo o seu valor igual a 1, enquanto as restantes são consideradas ineficientes, sendo a distância da UD à fronteira eficiente proporcional ao aumento de ineficiência.

Os modelos DEA podem ser definidos segundo duas diferentes orientações, como foi abordado no ponto 3.3.1: podem ter uma orientação *input* quando para um dado nível de *outputs* se afeta o mínimo de *inputs* possíveis ou uma orientação *output* quando para um certo nível de *inputs* se maximizam os *outputs* possíveis (Barros e Athanassiou, 2004). Em cada uma destas diferentes orientações, os modelos podem ainda ser divididos em modelos baseados em CRS, também conhecidos como modelos CCR devido aos nomes dos seus autores - Charnes, Cooper e Rhodes – (Charnes *et al.*, 1978), e em modelos assentes em VRS, também conhecidos como modelos BCC - Banker, Charnes e Cooper - devido à mesma razão do modelo anterior (Banker *et al.*, 1984).

3.5.2.1 Modelo CCR

Este modelo foi formulado por Charnes, Cooper e Rhodes e considera tecnologia de CRS e sobreutilização das variáveis (Charnes *et al.*, 1978). Para maximizar a eficiência de cada UD é utilizada programação fracionária para atribuir pesos aos *inputs* e *outputs* de cada UD do modelo em estudo. Deste modo, cada UD pode ter diferentes pesos associados aos seus *inputs* e *outputs* em função da maximização da eficiência de cada um deles. No entanto, esses mesmos pesos, quando aplicados às outras UD nunca poderão gerar uma eficiência superior a 1. Desta forma, é construído um índice de eficiência relativo, em função da comparação dos *inputs* e *outputs* de todas as UD.

A formulação do modelo CRS com orientação *input* e orientação *output* pode ser consultado no Quadro 17. Nesta formulação assume-se que existem n UD para serem avaliadas, e que cada uma delas consome x_{ij} de *inputs* e produz y_{rj} de *outputs*. A eficiência de uma UD₀ em particular é medida em relação às eficiências de todas as outras UD_j, com $j = 1, \dots, n$. No que concerne à restante nomenclatura, u_r e v_i são os pesos dos *outputs* e *inputs*, respetivamente, e y_{r0} e x_{i0} são os *outputs* e *inputs* da UD₀ (Cooper *et al.*, 2006).

Quadro 17. Formulação da metodologia DEA para o modelo CRS segundo orientações *input* e *output*

DEA – CCR Orientado aos <i>Inputs</i>	DEA – CCR Orientado aos <i>Outputs</i>
$\text{Max } h_o = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}}$	$\text{Min } h_o = \frac{\sum_i v_i x_{i0}}{\sum_r u_r y_{r0}}$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\left(\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \right) \leq 1, j = 1, \dots, n$	$\left(\frac{\sum_i v_i x_{ij}}{\sum_r u_r y_{rj}} \right) \geq 1, j = 1, \dots, n$
$u_r \text{ e } v_i \geq 0 \forall r, i$	$u_r \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$

No entanto, o inconveniente desta formulação é que origina infinitas soluções ótimas (Charnes *et al.*, 1994) Este facto levou ao aparecimento de um outro modelo, conhecido como modelo primal ou modelo dos multiplicadores, que usa programação linear em detrimento de programação fracionária, o qual pode ser visível no Quadro 18 (Cooper *et al.*, 2006).

Quadro 18. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos CRS segundo orientações *input* e *output*

Primal (Multiplicadores)	
DEA – CCR Orientado aos <i>Inputs</i>	DEA – CCR Orientado aos <i>Outputs</i>
$\text{Max } z = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$	$\text{Min } q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_r y_{r0} = 1$
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0$
$u_r \text{ e } v_i \geq 0$	$u_j \text{ e } v_i \geq 0$

Através deste modelo primal representado no Quadro 18, chegou-se ao respetivo modelo dual ilustrado no Quadro 19.

Quadro 19. Formulação do modelo dual para modelos CRS segundo orientações *input* e *output*

Dual	
DEA – CCR Orientado aos <i>Inputs</i>	DEA – CCR Orientado aos <i>Outputs</i>
$\theta^* = \text{Min } \theta$	$\theta^* = \text{Max } \theta$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0}, i = 1, \dots, m$	$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, i = 1, \dots, m$
$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0}, r = 1, \dots, s$	$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq \theta y_{r0}, r = 1, \dots, s$
$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$	$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$

3.5.2.2 Modelo BCC

Os modelos BCC surgiram como forma de contemplar nestas formulações a hipótese de existirem tecnologias de VRS, sejam eles crescentes ou decrescentes (Banker *et al.*, 1984). Neste modelo, a eficiência é decomposta em ET e em eficiência de escala (EE), ao contrário do que acontecia nos modelos CRS, em que a ineficiência poderia derivar tanto da ineficiência do processo produtivo como da utilização de uma escala não ótima. No modelo VRS esta distinção é considerada através da adição de uma restrição que garanta que uma UD que esteja a ser analisada seja comparada com uma combinação convexa das UD da amostra (Marques e Silva, 2006). Esta restrição obriga a que uma UD apenas seja comparada com UD de tamanho equivalente. É de realçar que a eficiência nos modelos VRS é sempre igual ou superior à eficiência dos modelos CRS. Desta forma, a única diferença entre os modelos CRS e VRS centra-se na adição da restrição de convexidade dada por $\sum_k \lambda_k = 1$, como se pode observar no Quadro 20 representativo do modelo primal. O modelo dual encontra-se evidenciado no Quadro 21 (Cooper *et al.*, 2006).

Quadro 20. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos VRS segundo orientação *input* e *output*

Primal (Multiplicadores)	
DEA – BCC Orientado aos <i>Inputs</i>	DEA – BCC Orientado aos <i>Outputs</i>
$\text{Max } z = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0$	$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq 0$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$	$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$

Quadro 21. Formulação do modelo dual para modelos VRS segundo orientação *input* e *output*

Dual	
DEA – BCC Orientado aos <i>Inputs</i>	DEA – BCC Orientado aos <i>Outputs</i>
Min θ	Max h_o
Sujeito a:	Sujeito a:
$\theta x_{io} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0$ $-y_{ro} + \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0, \forall k$	$h_o y_{jo} - \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \leq 0$ $-x_{ro} + \sum_{j=1}^n x_{rj} \lambda_j \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0$

4 Estudo de Caso

Neste capítulo serão expostos e clarificados todos os aspetos relacionados com a definição do modelo DEA que se irá usar. Em particular, serão abordados temas como a distribuição geográfica dos aeroportos em estudo, a especificação e orientação do modelo e os *inputs* e *outputs* selecionados como variáveis descritivas do funcionamento de um aeroporto. São também apresentados os resultados da aplicação dos modelos ao conjunto de aeroportos que constituem o estudo de caso e analisados e discutidos os seus resultados.

4.1 Amostra e Recolha de Dados

Como referido nos objetivos deste estudo de investigação, a análise da eficiência de um conjunto de aeroportos é um dos pontos centrais desta dissertação. Além disso, um dos objetivos mais específicos passa pela interpretação dos resultados obtidos, de forma a se concluir quais os grupos de aeroportos mais eficientes: aeroportos sob gestão pública ou privada, aeroportos geridos por *holdings* ou de forma isolada, aeroportos sediados em regiões com agências de regulação económica ou sem agências reguladoras e, por fim, comparando aeroportos por região: Europa, América do Norte e Ásia/Pacífico.

A amostra que irá ser analisada e avaliada engloba 145 aeroportos: 51 situados na Europa, 26 na Ásia/Pacífico e os restantes 68 sediados na América do Norte. No seu conjunto representam cerca de 51% do tráfego aéreo mundial no ano de 2010 (ACI, 2011). A sua distribuição geográfica pode ser consultada no Quadro 22.

Quadro 22. Distribuição geográfica dos aeroportos em estudo

País	Aeroportos (n.º)	País	Aeroportos (n.º)
Alemanha	7	Indonésia	1
Austrália	7	Inglaterra	6
Áustria	2	Irlanda	1
Bélgica	1	Israel	1
Bulgária	1	Itália	6
Canadá	9	Japão	4
China	7	Letónia	1
Coreia	1	Luxemburgo	1
Dinamarca	1	Malta	1
Escócia	1	Noruega	1
Eslováquia	1	Nova Zelândia	4
Eslovénia	1	Polónia	1
Espanha	2	Portugal	1
Estados Unidos	60	Sérvia	1
Estónia	1	Singapura	1
Finlândia	1	Sri Lanka	1
França	3	Suécia	1
Grécia	1	Suíça	3
Holanda	1	Turquia	1
Hungria	1		

Através da análise do Quadro 22, pode constatar-se que grande parte dos países apenas se encontra representado com um aeroporto na amostra selecionada. Apesar da amostra considerar os principais aeroportos de cada país, esta poderá estar enviesada por não ter considerado todos os aeroportos desses países. O país com maior número de aeroportos dentro da amostra em estudo são os EUA com 60 aeroportos, seguido do Canadá com 9. O único aeroporto português a ser avaliado é o aeroporto da Portela, em Lisboa.

Para o cálculo da eficiência de cada um dos aeroportos será considerado apenas o ano de 2010. Todos os dados referentes a *inputs* e *outputs* que serão selecionados para definir o modelo DEA que irá ser implementado foram obtidos através do relatório anual do *Air Transport Research Society* (ATRS, 2012).

4.2 Especificação do Modelo

Após a criação dos modelos CCR e BCC descritos anteriormente, diversos autores continuaram a investigação da metodologia DEA através do desenvolvimento de novos modelos. No entanto, como os modelos mais usados e, de certa forma, mais fiáveis em termos das suas

interpretações na avaliação de desempenho através da metodologia DEA continuam a ser os modelos CCR e BCC, a análise da eficiência dos aeroportos que se irá efetuar será baseada nesses dois modelos. Assim sendo, a eficiência dos aeroportos será estudada tanto para a tecnologia CRS (modelo CCR), como para a tecnologia VRS (modelo BCC).

4.2.1 Orientação

Outro aspeto a ter em conta na definição de um modelo DEA consiste na orientação a ser usada. Como abordado no ponto 3.5.2, a orientação *input* e orientação *output* são duas possibilidades de escolha. A orientação *input* tem como objetivo minimizar os *inputs* para uma dada quantidade de *outputs*, enquanto que a orientação *output* tem como objetivo maximizar os *outputs* para uma certa quantidade de *inputs*. Além destes dois tipos de modelo, existem ainda outras possibilidades como o modelo sem orientação. Este modelo realiza simultaneamente a minimização dos *inputs* e a maximização dos *outputs*.

Neste estudo optou-se por usar apenas a orientação *input* e a orientação *output*, de forma a ser possível efetuar uma comparação de eficiência para cada aeroporto segundo perspetivas diferentes. Ou seja, será possível analisar se um aeroporto é mais eficiente utilizando os seus *inputs* para atingir o seu nível de *outputs* (orientação *input*) ou em produzir *outputs* tendo em conta o seu nível de *inputs* (orientação *output*). No caso dos aeroportos é relevante considerar estas duas abordagens, dado que estes podem ser vistos exclusivamente como serviços públicos e, aí fará mais sentido a orientação *input*, ou como entidades orientadas para o lucro e, desta forma, privilegiando-se a orientação *output*.

4.2.2 Inputs e Outputs

A escolha de *inputs* e *outputs* para um modelo DEA é um passo fundamental para a obtenção de resultados fiáveis. Uma escolha incorreta destas variáveis pode conduzir a resultados errados que induzirão em erro os gestores aquando das suas tomadas de decisão.

A sua escolha deve não só considerar todas as variáveis que descrevam e caracterizam de uma forma bastante clara o processo produtivo das UD que se encontram em análise, como também deve ter em conta a revisão bibliográfica, a disponibilidade de dados e os objetivos do estudo que se pretende efetuar (Marques e Silva, 2006).

Estando o objetivo deste estudo claramente definido no ponto 1.2, o processo de operação de um aeroporto descrito no ponto 2.2 e as orientações do modelo de DEA definidas (orientação *input*, *output* e sem orientação), resta averiguar as variáveis descritivas de um aeroporto mais usadas na revisão de literatura efetuada nesta dissertação e a disponibilidade dessas variáveis na base de dados mencionada anteriormente (ATRS, 2012).

Segundo a revisão bibliográfica efetuada, obteve-se o Quadro 23 ilustrativo do número de vezes que cada *input* e *output* são usados nessa mesma literatura.

Quadro 23. Lista das variáveis usadas na revisão de literatura efetuada

<i>Inputs</i>	Frequência	<i>Outputs</i>	Frequência
Área do Terminal (m ²)	4	Passageiros (n. ^o)	5
Pistas de aterragem e descolagem (n. ^o)	3	Carga transportada (kg)	4
Lugares de estacionamento de aeronaves (n. ^o)	3	Movimentos aéreos (n. ^o)	2
Área do Aeroporto (m ²)	2	Aeronaves (n. ^o)	2
Lugares de estacionamento de aeronaves remotos (n. ^o)	2	Movimentos aéreos pendulares (n. ^o)	1
Funcionários (n. ^o)	2	Receitas aeronáuticas (€)	1
Capital investido (€)	1	Receitas comerciais (€)	1
Portas de embarque/desembarque (n. ^o)	1	Aterragens (n. ^o)	1
Tapetes para recolha de bagagem (n. ^o)	1	Descolagens (n. ^o)	1
Lugares de estacionamento público (n. ^o)	1		
Comprimento das Pistas (m ²)	1		
Balcões de <i>check-in</i> (n. ^o)	1		
Reclamações de bagagem (n. ^o)	1		
Custo laboral (€)	1		
Custo operacional (excluindo custos laborais) (€)	1		
Área das Pistas (m ²)	1		
Rampas (n. ^o)	1		
Aterragens (n. ^o)	1		
Descolagens (n. ^o)	1		

Através da análise do Quadro 23, chega-se à conclusão que segundo a revisão de literatura efetuada, os *inputs* mais usados em estudos DEA aplicados aos aeroportos são a área dos terminais, o número de pistas de aterragem e descolagem e o número de lugares de estacionamento para aeronaves. Por sua vez, os *outputs* mais usados são o número de passageiros e a carga movimentada. No entanto, há que realçar que o Quadro 23 foi construído seguindo rigorosamente a nomenclatura usada pelos autores de cada estudo. Por esse motivo, existem rúbricas diferentes nesse Quadro que podem ser tratadas como uma só. Um desses exemplos está presente na coluna referente aos *outputs*, em que o número de aeronaves e o número de movimentos estão separados, apesar de se referirem claramente ao mesmo tipo de movimento.

É de realçar também que o Quadro 23 não teve em conta a divisão da análise da eficiência em dois grupos distintos, como apresentado em alguns estudos na revisão de literatura efetuada: serviços de terminal e atividades aéreas. O Quadro 23 apenas providencia uma visão geral de todos os *inputs* e *outputs* usados em estudos de DEA aplicados aos aeroportos.

Outro pormenor está relacionado com a inclusão dos *inputs* e *outputs* como efetuado no estudo de Wanke (2013). Como o seu estudo se baseou na aplicação de *two-stage network* DEA, em que um primeiro estágio usa os *inputs* para produzir medidas intermédias que, por sua vez, se comportam como *inputs* num segundo estágio para gerar os *outputs* do processo, optou-se por incluir as denominadas medidas intermédias no Quadro 23 como *inputs* e como *outputs*.

Após se encontrarem cumpridos todos os passos para uma escolha adequada dos *inputs* e *outputs*, os quais contemplaram a definição do processo que se pretende ver estudado e seus objetivos, e a listagem das variáveis mais usadas na literatura existente, passou-se para a fase da escolha dessas variáveis, tendo em conta os elementos disponíveis na base de dados para a realização deste trabalho de investigação.

Em relação à escolha dos *inputs* optou-se por escolher quatro:

- Número de portas de embarque/desembarque;
- Número de funcionários;
- Comprimento total das pistas de aterragem/descolagem;
- Outros custos operacionais.

A rubrica “outros custos operacionais” reflete todos os custos operacionais que não estejam relacionados com os vencimentos dos funcionários. Se fossem usados todos os custos operacionais como *inputs* do modelo, estar-se-ia a considerar duplamente os funcionários: por um lado na rubrica de custos operacionais e, por outro lado, na rubrica de número de funcionários.

Estando os *inputs* definidos, resta definir os *outputs* do processo de operação de um aeroporto. Desta forma, as variáveis escolhidas para representarem os *outputs* de um aeroporto foram:

- Número de voos;
- Número de passageiros equivalentes⁴.

É de realçar que as variáveis escolhidas para *inputs* e *outputs* não correspondem na plenitude às mais usadas na revisão de literatura aqui efetuada. No entanto, há que ter em conta que um dos grandes obstáculos à realização destes estudos constituirá o acesso e disponibilidade da informação, o que pode explicar a ausência, em outros estudos, de algumas variáveis que aqui se vão usar.

Além disso, é de realçar igualmente que esta escolha combinada de *inputs* e *outputs* está em conformidade com uma regra operacional aplicada à metodologia DEA, que estabelece que o número mínimo de UD deve ser superior ao triplo da soma do número de *inputs* com o número de *outputs* (Cooper *et al.*, 2009). Neste estudo existem 6 variáveis descritivas do processo de operação de um

⁴ Indicador que considera 1 passageiro por cada 100 kg de carga acrescido do número de passageiros.

aeroporto (4 *inputs* e 2 *outputs*), o que faz com que o número mínimo de UD aconselhável seja 18, que é um valor substancialmente abaixo do número de UD que se irá analisar nesta dissertação: 146.

No Quadro 24 é apresentado o resumo geral da especificação do modelo que se vai implementar e no Quadro 25 são apresentados os principais parâmetros estatísticos de cada uma das variáveis listadas no quadro anterior.

Quadro 24. Especificação das características gerais do modelo DEA

Orientação	Modelos	Inputs	Outputs
Orientação <i>Input</i>	DEA - CCR DEA - BCC	• Portas de embarque/desembarque (n.º)	• Voos (n.º)
Orientação <i>Output</i>		• Funcionários (n.º)	• Passageiros equivalentes (n.º)
Sem Orientação		• Comprimentos das pistas (m ²) • Outros custos operacionais (€)	

Quadro 25. Parâmetros estatísticos dos *inputs* e *outputs*

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mediana
Inputs					
Portas de embarque/desembarque (n.º)	5	224	63	47	52
Funcionários (n.º)	22	17.479	1.058	1.810	528
Comprimento total das pistas (m)	1.900	24.507	7.953	4.072	7.400
Outros custos operacionais (Milhões €)	2,03	1133,25	133,72	192,25	73,69
Outputs					
Voos (n.º)	8.746	955.323	202.823	161.769	157.180
Passageiros equivalentes (n.º)	778.190	94.570.630	23.057.745	22.112.653	15.284.147

4.3 Análise de Resultados

Este subcapítulo incidirá exclusivamente na análise e interpretação dos resultados obtidos. É neste capítulo que os objetivos definidos neste trabalho de investigação serão atingidos e explicados. Entre as várias análises que serão efetuadas, destacam-se as análises da eficiência dos aeroportos entre as 3 regiões em estudo (Europa, América do Norte e Ásia/Pacífico), entre aeroportos públicos, privados e público-privados, entre aeroportos geridos de forma isolada e geridos por *holdings* e, por último, aeroportos sujeitos à intervenção de uma agência de regulação económica ou sem agência de regulação económica. A análise e interpretação dos resultados seguirá sempre o modelo VRS, caso nada em contrário seja referido.

4.3.1 Região

No Quadro 26 e na Figura 6 são apresentados os principais indicadores de ET de cada região segundo uma orientação *input*. Como se pode constatar, a média de ET dos 145 aeroportos em análise foi de 0,70. A região que contribui positivamente para esta média foi a Ásia/Pacífico, em que a média da ET dos seus aeroportos foi de 0,83, um valor substancialmente superior à região europeia e americana, com 0,66 e 0,68 respetivamente. Em relação ao número de aeroportos eficientes, existe um total de 21, espalhados pelas 3 regiões. No entanto, é de salientar a baixa percentagem de aeroportos eficientes dentro do continente europeu (apenas 6% dos aeroportos europeus são eficientes) e, no outro extremo, a alta percentagem de aeroportos eficientes na região Ásia/Pacífico (31%).

Um indicador que exprime, de uma forma sublime, a diferença de ET entre a região Ásia Pacífico e as restantes consiste na diferença entre a ET média da região europeia ou americana e o pior aeroporto da Ásia/Pacífico ($0,68-0,53=0,15$) e a diferença entre a ET média da Ásia/Pacífico com essas 2 regiões ($0,83-0,68=0,15$). Postos os dados desta forma, pode concluir-se que em termos médios, a distância que separa o aeroporto mais ineficiente da Ásia/Pacífico da ET média da América do Norte, é a mesma que separa a ET da Ásia/Pacífico da América do Norte, o que realça a grande diferença em termos de eficiência entre a Ásia/Pacífico e as restantes regiões.

De uma forma geral, pode afirmar-se que o nível de ineficiência dos aeroportos em estudo foi de 0,30, sendo que, deste valor, 50% está relacionado com a utilização de uma escala não ótima. Ou seja, em média, cada aeroporto pode reduzir os seus *inputs* em 30%, sem que esta alteração se traduza negativamente nos *outputs* produzidos (voos e passageiros equivalentes).

Quadro 26. Indicadores de eficiência por região segundo uma orientação *input*

	Global	Europa	América do Norte	Ásia/Pacífico
Aeroportos (n.º)	145	51	68	26
ET média	0,70	0,66	0,68	0,83
EE média	0,85	0,81	0,90	0,79
Mínimo ET	0,35	0,41	0,35	0,53
Mínimo EE	0,23	0,31	0,50	0,23
Aeroportos eficientes (n.º)	21	3	10	8
Aeroportos eficientes (%)	14%	6%	15%	31%

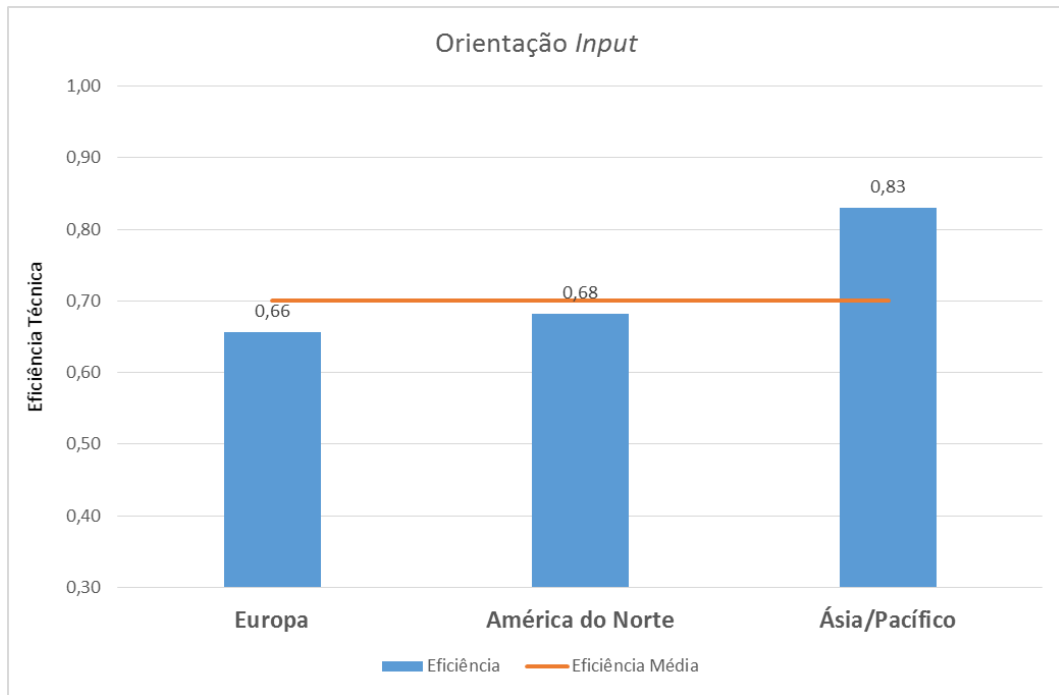


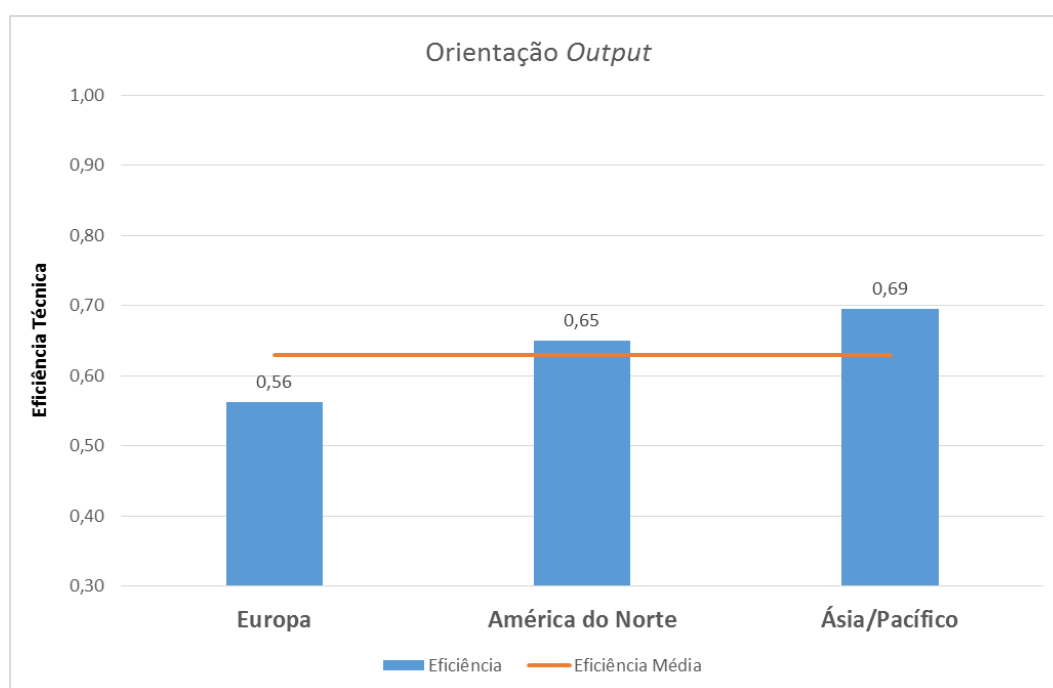
Figura 6. Eficiência técnica dos aeroportos por região geográfica segundo orientação *input*

Por sua vez, no Quadro 27 e na Figura 7 são apresentados os mesmos indicadores para uma orientação *output*. À semelhança dos resultados obtidos segundo uma orientação *input*, o continente europeu é a região que apresenta um menor valor de ET média (0,56) e a Ásia/Pacífico a região com um maior valor de ET média (0,69). Contudo, todas as regiões são mais ineficientes na maximização dos seus *outputs* para uma certa quantidade de *inputs* (orientação *output*), do que na minimização de *inputs* para uma certa quantidade de *outputs* (orientação *input*). Este facto encontra-se igualmente ilustrado no número total de aeroportos eficientes: enquanto na orientação *input* existiam 21 aeroportos nestas condições, na orientação *output* apenas existem 18.

O nível de ineficiência geral dos aeroportos segundo uma orientação *output* foi de 0,37, sendo que destes 0,05 são ineficiências de escala. Isto significa que, em termos médios, o potencial de aumento de *outputs* (voos e passageiros equivalentes) para uma quantidade de *inputs* constante é de 37%.

Quadro 27. Indicadores de eficiência por região segundo uma orientação *output*

	Global	Europa	América do Norte	Ásia/Pacífico
Aeroportos (n.º)	145	51	68	26
ET média	0,63	0,56	0,65	0,69
EE média	0,95	0,95	0,96	0,96
Mínimo ET	0,17	0,17	0,30	0,18
Mínimo EE	0,68	0,68	0,85	0,77
Aeroportos eficientes (n.º)	18	2	10	6
Aeroportos eficientes (%)	12%	4%	15%	23%

Figura 7. Eficiência técnica dos aeroportos por região geográfica segundo orientação *output*

4.3.1.1 Europa

Os resultados da eficiência obtidos através da aplicação do modelo com orientação *input* e orientação *output* aos aeroportos europeus estão representados nas Figuras 8 e 9, respetivamente. No que diz respeito aos modelos que consideram tecnologia VRS, os aeroportos LHR e LGW são eficientes, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*, sendo o valor de eficiência igual a 1. Ou seja, de uma forma geral, estes 2 aeroportos são os que consomem uma menor quantidade de *inputs* para os *outputs* que produzem e os que produzem uma maior quantidade de *outputs* para os *inputs* que possuem. Além destes, LTN também é eficiente, mas apenas para uma

orientação *input*. Um dado curioso destes resultados é o facto de todos estes aeroportos pertencerem ao Reino Unido.

Por outro lado, o aeroporto de BSL é o mais ineficiente, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*, apresentando uma eficiência de 0,41 e 0,17, respetivamente.

O único aeroporto português que consta da amostra é o aeroporto LIS, que obteve uma eficiência técnica de 0,58 segundo uma orientação *input* e 0,52 segundo uma orientação *output*, ambos para tecnologias VRS, correspondendo-lhe a eficiências abaixo das médias globais.

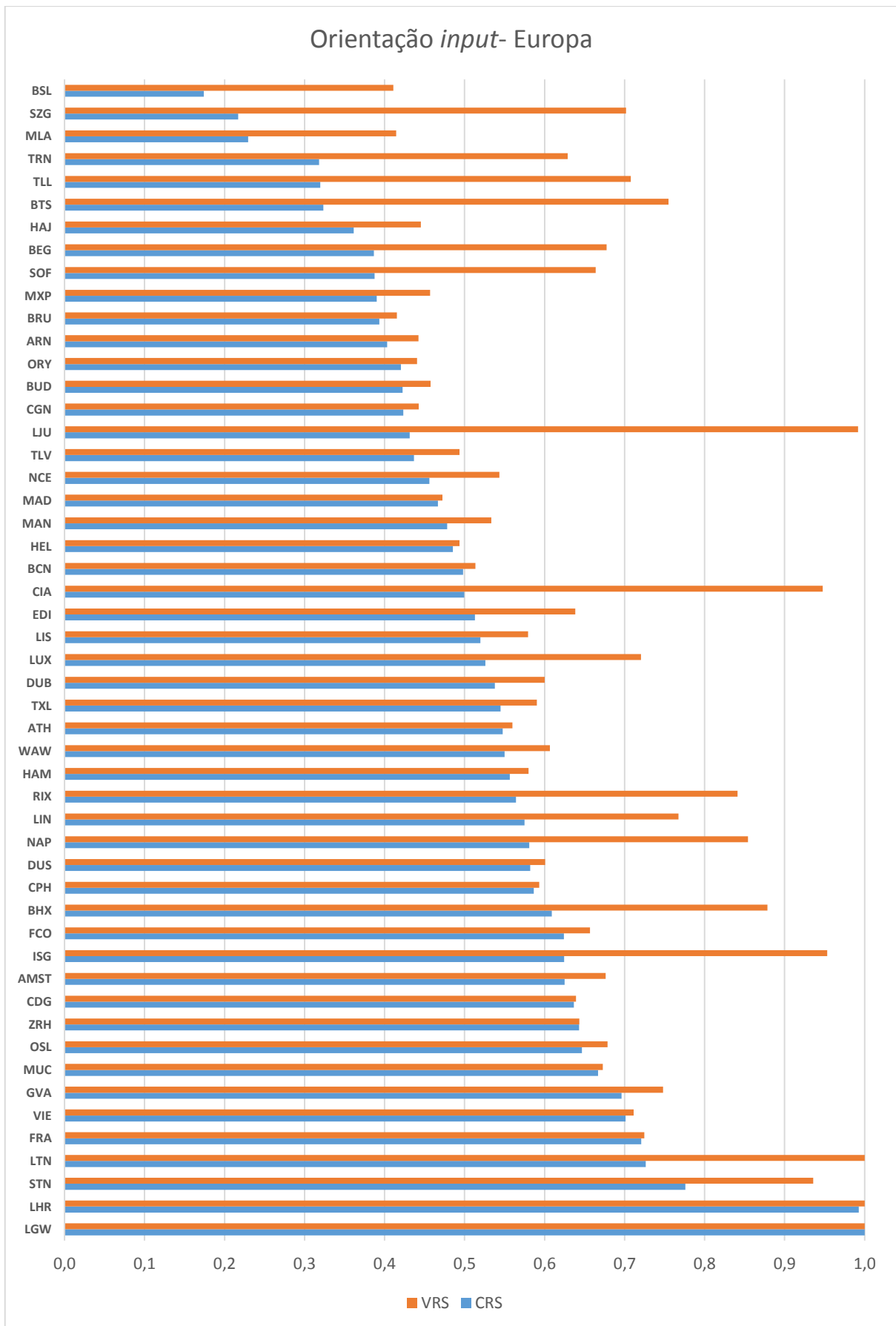


Figura 8. ET dos aeroportos europeus segundo uma orientação *input*

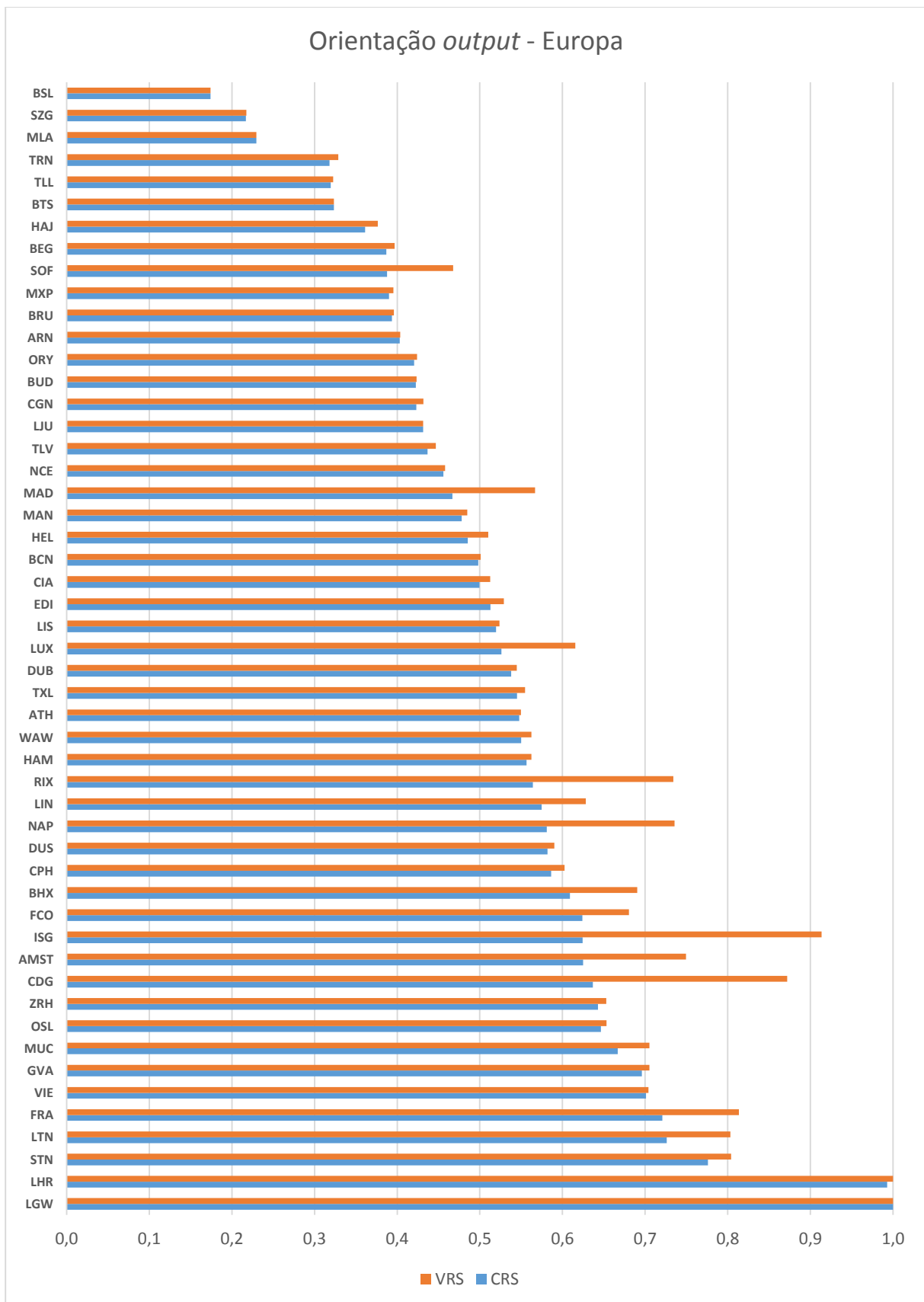


Figura 9. ET dos aeroportos europeus segundo uma orientação *output*

4.3.1.2 América do Norte

Os resultados de eficiência em relação à América do Norte revelam que existe o mesmo número de aeroportos eficientes, tanto para orientação *input* como para orientação *output*. Além disso, todos os aeroportos que são eficientes na orientação *input*, são também eficientes numa orientação *output*, como se pode observar nas Figuras 10 e 11. São 7 aeroportos eficientes considerando tecnologia CRS e 10 os aeroportos eficientes com tecnologia VRS: ANC, ATL, CLT, DCA, MEM, SDF, YYJ, SAN, SNA e DEN. Destes 10 aeroportos eficientes com tecnologia VRS, apenas 1 pertence ao Canadá, estando os restantes localizados nos EUA.

Quanto aos aeroportos com piores eficiências com tecnologia VRS, destacam-se 3 na orientação *input* (BNA, PIT e STL) com eficiências inferiores a 0,38 e 1 na orientação *output* (BNA) com uma eficiência de 0.30. É de salientar que o aeroporto BNA é o pior em termos de eficiência, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*.

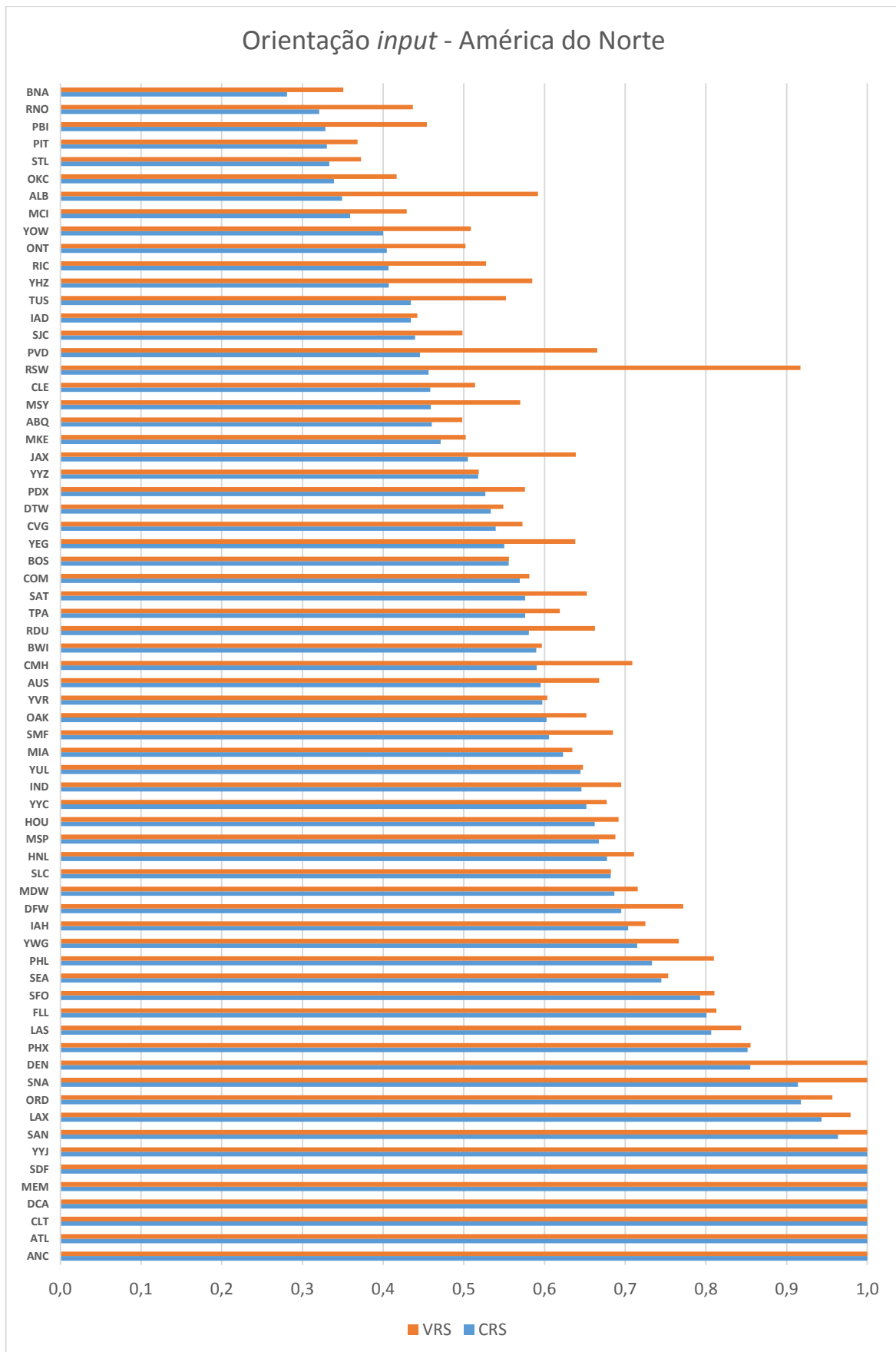


Figura 10. ET dos aeroportos da América do Norte segundo uma orientação *input*

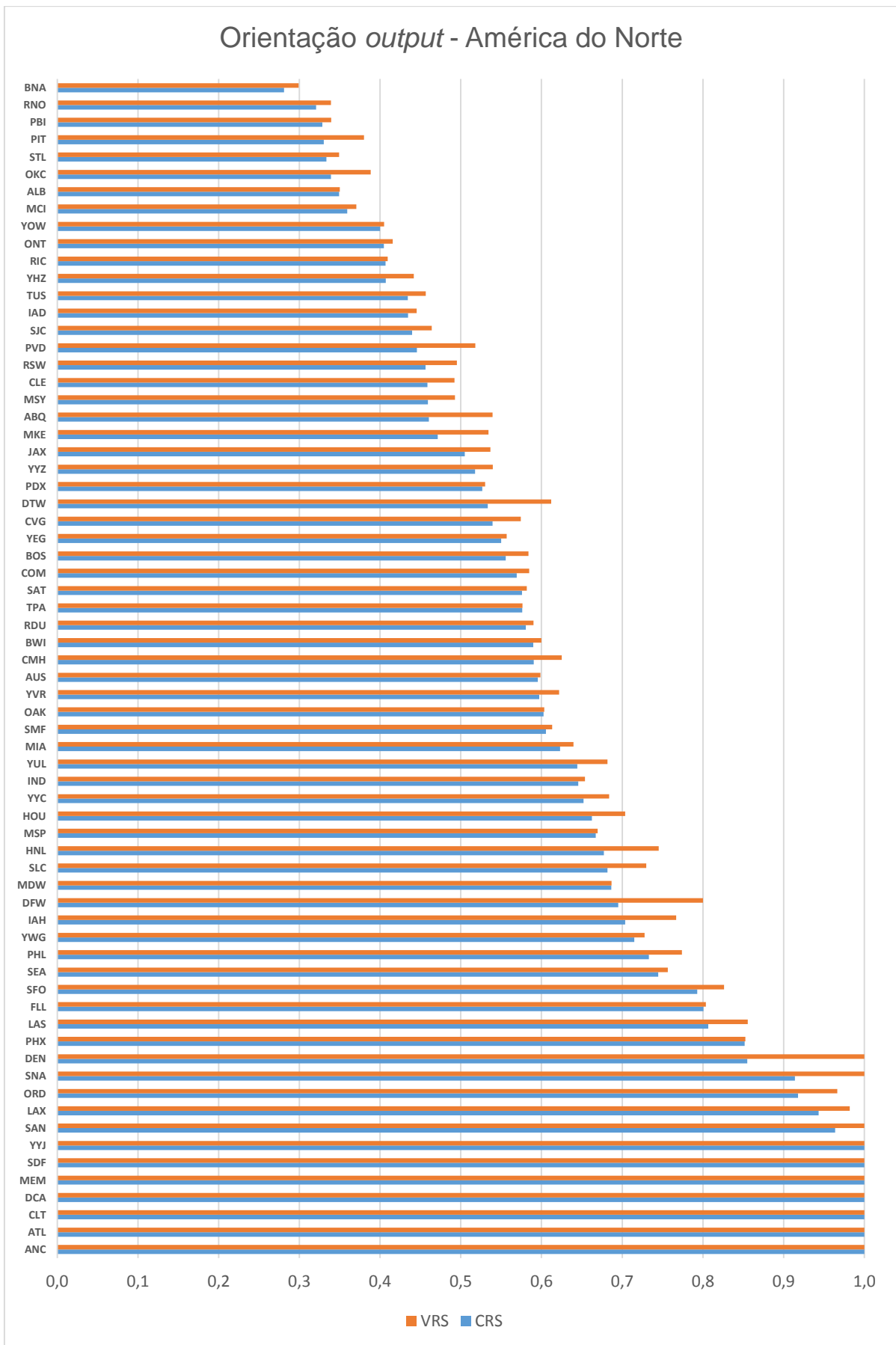


Figura 11. ET dos aeroportos da América do Norte segundo uma orientação *output*

4.3.1.3 Ásia/Pacífico

Em relação à região da Ásia/Pacífico e em VRS, existem 8 aeroportos eficientes segundo uma orientação *input* (CAN, CGK, HKG, HND, PVG, XMN, DUD e ZQN) e 6 aeroportos segundo uma orientação *output* (CAN, CGK, HKG, HND, PVG e XMN), como se pode observar nas figuras 12 e 13, respetivamente. Assim sendo, conclui-se que existem nesta região 4 aeroportos eficientes, tanto para uma orientação *input*, como para uma orientação *output*: CAN, CGK, HKG e HND.

Para uma orientação *input*, os aeroportos PER e KIX são os que têm um menor valor de eficiência, de 0,56 e 0,53, respetivamente. Segundo uma orientação *output*, o aeroporto NTL é o que se destaca pela negativa, com um valor de eficiência igual a 0,18.

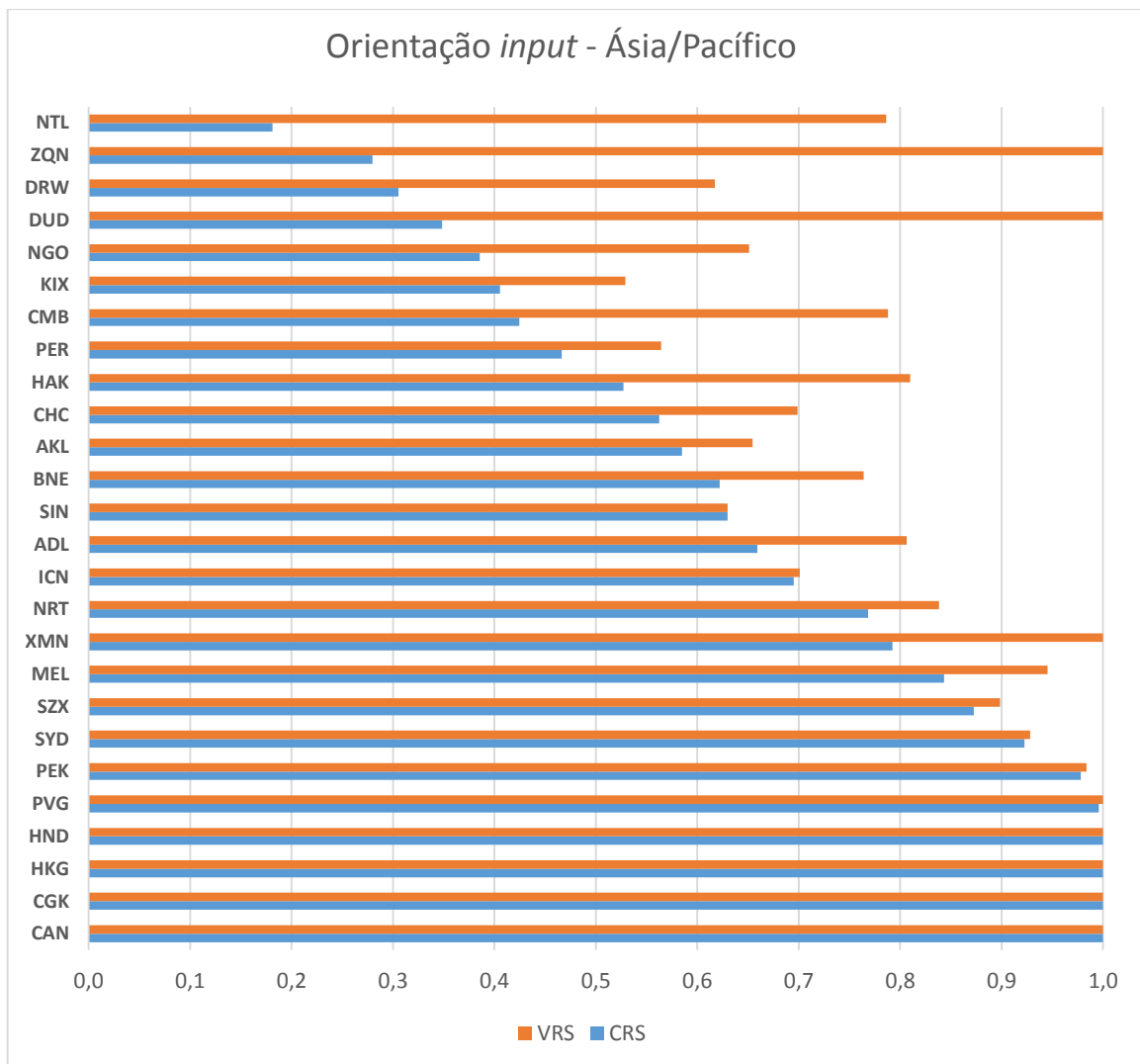


Figura 12. ET dos aeroportos da Ásia/Pacífico segundo uma orientação *input*

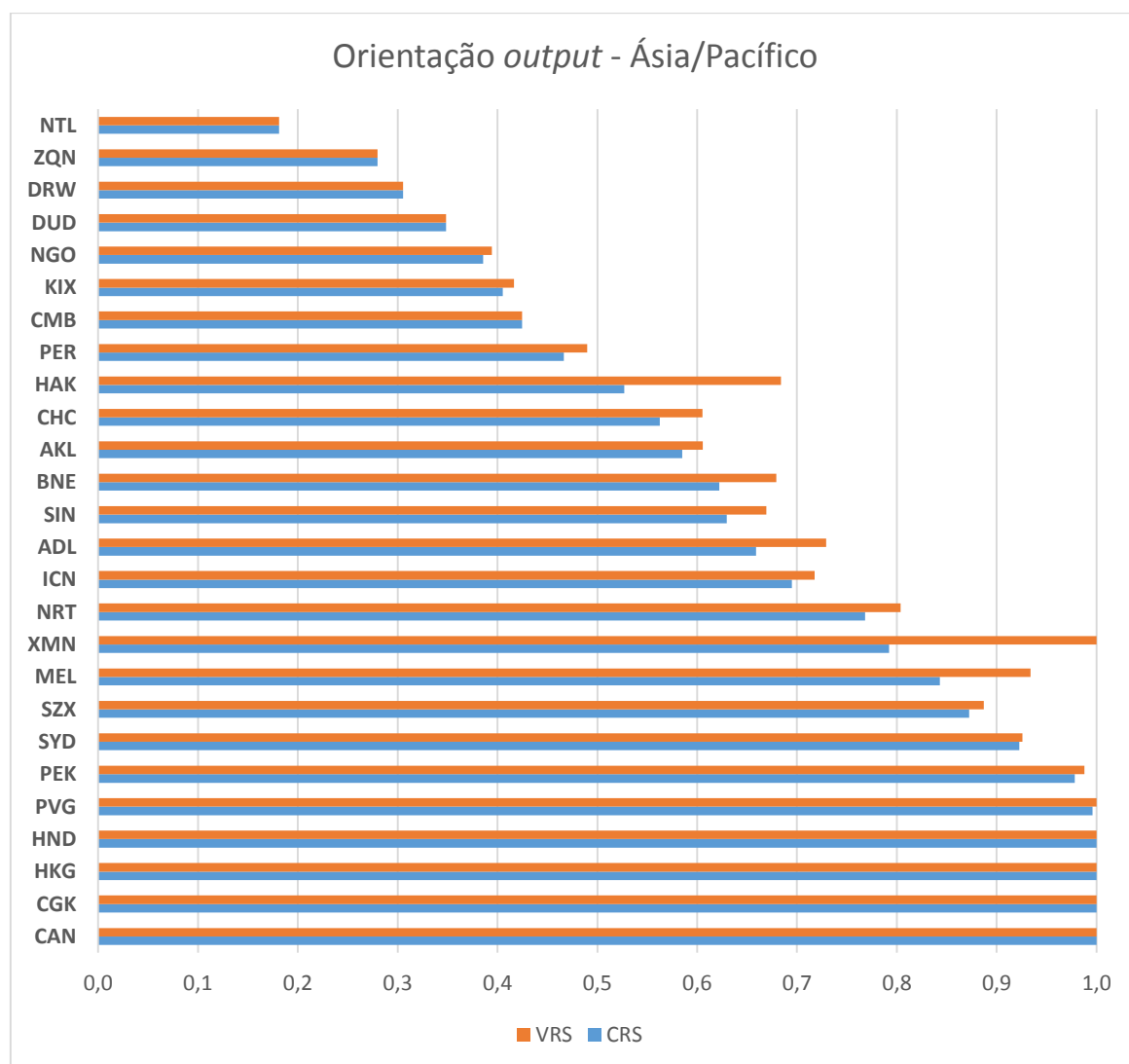


Figura 13. ET dos aeroportos da Ásia/Pacífico segundo uma orientação *output*

4.3.2 Aeroportos públicos, público-privados e privados

No Quadro 28 e na Figura 14 são apresentados os principais indicadores de eficiência para cada modelo de gestão identificado no ponto 2.6 segundo uma orientação *input*.

O resultado que se destaca de imediato é a supremacia dos aeroportos privados em relação a aeroportos públicos e público-privados no que diz respeito à ET média: 0,79 nos aeroportos privados, 0,71 nos aeroportos público-privados (empresas mistas) e 0,69 nos aeroportos públicos. Estes resultados vão de encontro a uma hipótese já abordada em outros estudos, na qual se assumia que as entidades privadas são mais eficientes que entidades públicas (Button e Weymann-Jones, 1992).

Outro resultado interessante consiste no facto de os aeroportos públicos e público-privados apresentarem uma EE superior à dos aeroportos privados. Isto significa, que em média, os aeroportos privados têm um maior potencial de melhoria na EE do que os restantes aeroportos.

Um outro dado curioso é a percentagem de aeroportos eficientes: como se pode verificar no Quadro 28, este valor é semelhante para aeroportos públicos e para aeroportos privados, com 17% e 18%, respetivamente. Tendo em conta as suas ET médias e mínimos de ET, facilmente se percebe que existe uma maior dispersão nos valores de eficiência de aeroportos públicos do que nos aeroportos privados.

Os dois aeroportos eficientes que possuem gestão privada são o LHR e o LGW, sendo o CAN e o ZQN os aeroportos eficientes que apresentaram gestão público-privada.

Quadro 28. Indicadores de eficiência para aeroportos públicos, público-privados e privados segundo uma orientação *input*

	Global	Públicos	Público-privados	Privados
Aeroportos (n.º)	145	102	32	11
ET média	0,70	0,69	0,71	0,79
EE média	0,85	0,87	0,82	0,75
Mínimo ET	0,35	0,35	0,41	0,56
Mínimo EE	0,23	0,31	0,28	0,23
Aeroportos eficientes (n.º)	21	17	2	2
% Aeroportos eficientes	14%	17%	6%	18%

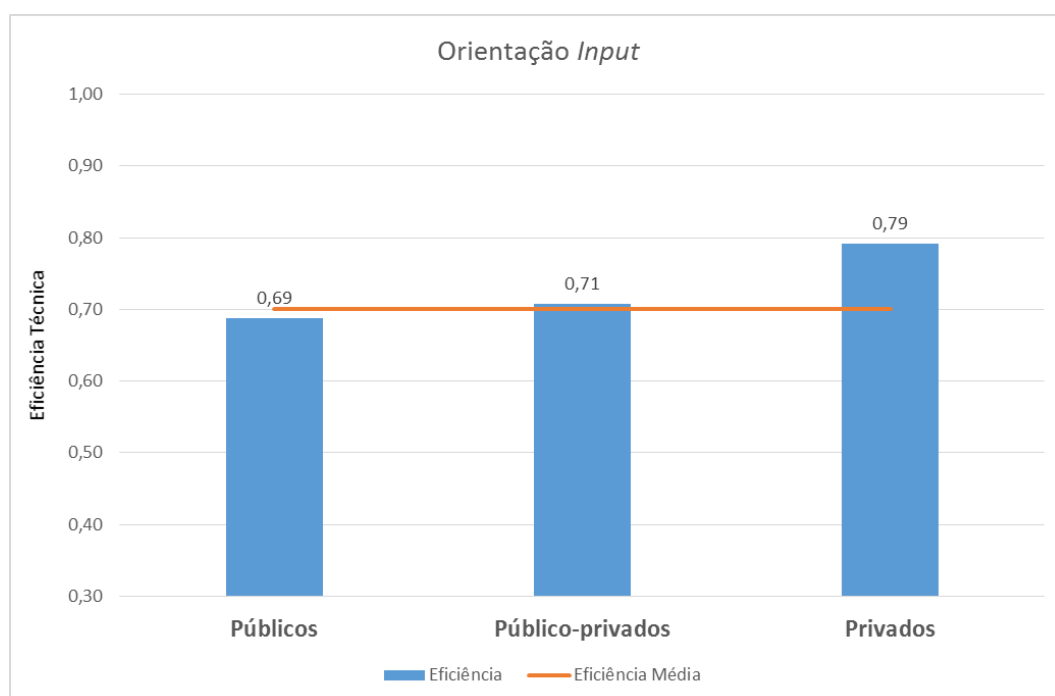


Figura 14. Eficiência técnica de aeroportos públicos, privados e público-privados segundo orientação *input*

O Quadro 29 e a Figura 15 refletem o mesmo tipo de indicadores de eficiência do Quadro 26 e da Figura 14, mas segundo uma orientação *output*.

À semelhança do que acontece para uma orientação *input*, os aeroportos mais eficientes segundo uma orientação *output* continuam a ser os aeroportos privados. No entanto, neste tipo de orientação, a diferença entre o grupo mais eficiente (aeroportos privados) e o segundo grupo mais eficiente (aeroportos públicos) é mínimo, com uma diferença de 1 ponto percentual apenas. Além disso, é de notar que todos os grupos de aeroportos são mais eficientes de acordo com uma orientação *input* (0,70) do que segundo uma orientação *output* (0,63).

O número de aeroportos eficientes também diminuiu face à orientação *input*: existiam 21 aeroportos eficientes segundo essa orientação, enquanto na orientação *output* apenas existem 18 aeroportos eficientes. ZQN era um dos aeroportos, neste caso público-privado, que era eficiente segundo uma orientação *input* (com uma ET igual a 1), mas que na orientação *output* apenas tem uma ET de 0,28.

Quadro 29. Indicadores de eficiência para aeroportos públicos, público-privados e privados segundo uma orientação *output*

	Global	Públicos	Público-privados	Privados
Aeroportos (n.º)	145	102	32	11
ET média	0,63	0,63	0,61	0,64
EE média	0,95	0,96	0,94	0,96
Mínimo ET	0,17	0,17	0,23	0,18
Mínimo EE	0,68	0,77	0,68	0,90
Aeroportos eficientes (n.º)	18	15	1	2
% Aeroportos eficientes	12%	15%	3%	18%

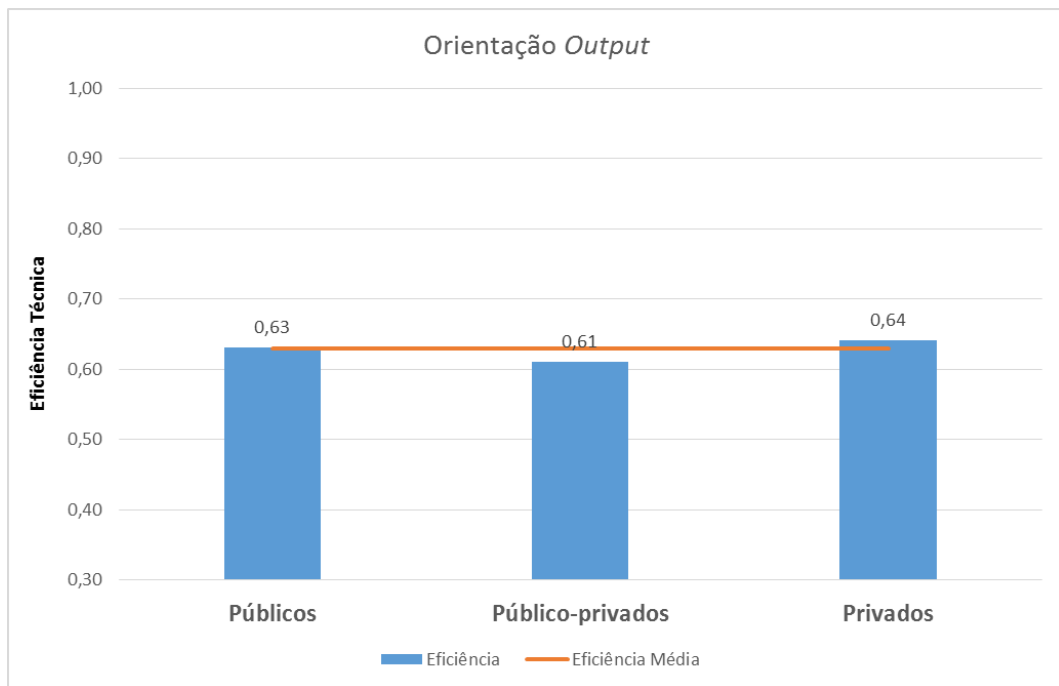


Figura 15. Eficiência técnica de aeroportos públicos, privados e público-privados segundo orientação *output*

4.3.3 Gestão de forma isolada e gestão por *holdings*

No Quadro 30 e na Figura 16 estão apresentados os indicadores de eficiência para uma comparação entre aeroportos geridos individualmente e aeroportos geridos por *holdings*, segundo uma orientação *input*.

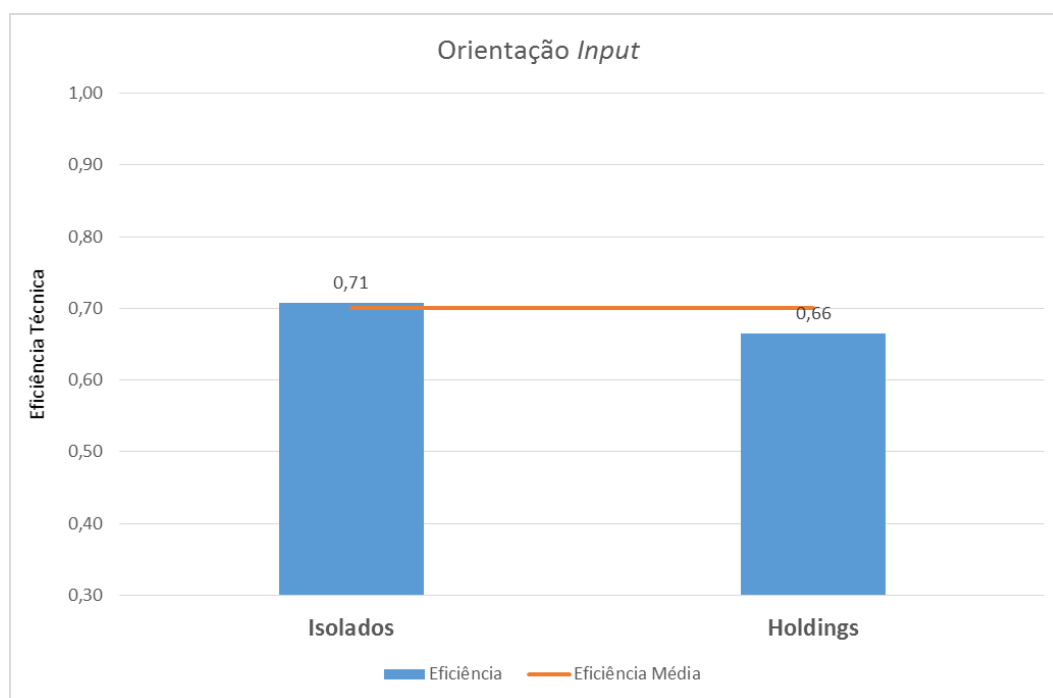
Como se pode observar, a grande maioria dos aeroportos em estudo é gerida de forma isolada – cerca de 83% - sendo os restantes geridos por *holdings*. Aeroportos geridos isoladamente têm uma ET média de 0,71, enquanto aeroportos geridos por *holdings* têm uma ET de 0,66, o que constitui uma diferença de 5 pontos percentuais.

Dos 21 aeroportos eficientes na amostra, isto é, com ET igual a 1, apenas 2 deles são geridos por *holdings* (CGK e LHR). Os restantes 19 são geridos de forma individual.

Quanto à EE média, existe uma potencial melhoria na poupança de recursos de 0,16 nos aeroportos geridos de forma isolada e de 0,11 nos aeroportos geridos por *holdings*.

Quadro 30. Indicadores de eficiência para aeroportos geridos de forma isolada e por *holdings* segundo uma orientação *input*

	Global	Isolados	Holdings
Aeroportos (n.º)	145	121	24
ET média	0,70	0,71	0,66
EE média	0,85	0,84	0,89
Mínimo ET	0,35	0,35	0,44
Mínimo EE	0,23	0,23	0,49
Aeroportos eficientes (n.º)	21	19	2
% Aeroportos eficientes	14%	16%	8%

Figura 16. Eficiência técnica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos através de holdings segundo orientação *input*

O Quadro 31 e a Figura 17 representam o mesmo tipo de indicadores de eficiência do que o Quadro 30 e a Figura 16, mas para uma orientação *output*. Ao contrário da orientação *input*, não existe uma grande diferença entre os valores de ET registados para aeroportos geridos isoladamente e geridos por *holdings*, segundo uma orientação *output*. No entanto, os valores segundo este tipo de orientação são substancialmente inferiores aos valores registados segundo uma orientação *input*.

Similarmente ao que acontece na orientação *input*, na orientação *output* apenas 8% dos aeroportos geridos por *holdings* são eficientes: CGK e LHR. Os restantes aeroportos eficientes são

geridos de forma isolada. Na sua globalidade, existem mais 3 aeroportos eficientes segundo orientação *input* do que na orientação *output*.

Quadro 31. Indicadores de eficiência para aeroportos geridos de forma isolada e por *holdings* segundo uma orientação *output*

	Global	Isolados	Holdings
Aeroportos (n.º)	145	121	24
ET média	0,63	0,63	0,62
EE média	0,95	0,95	0,95
Mínimo ET	0,17	0,17	0,31
Mínimo EE	0,68	0,68	0,73
Aeroportos eficientes (n.º)	18	16	2
% Aeroportos eficientes	12%	13%	8%

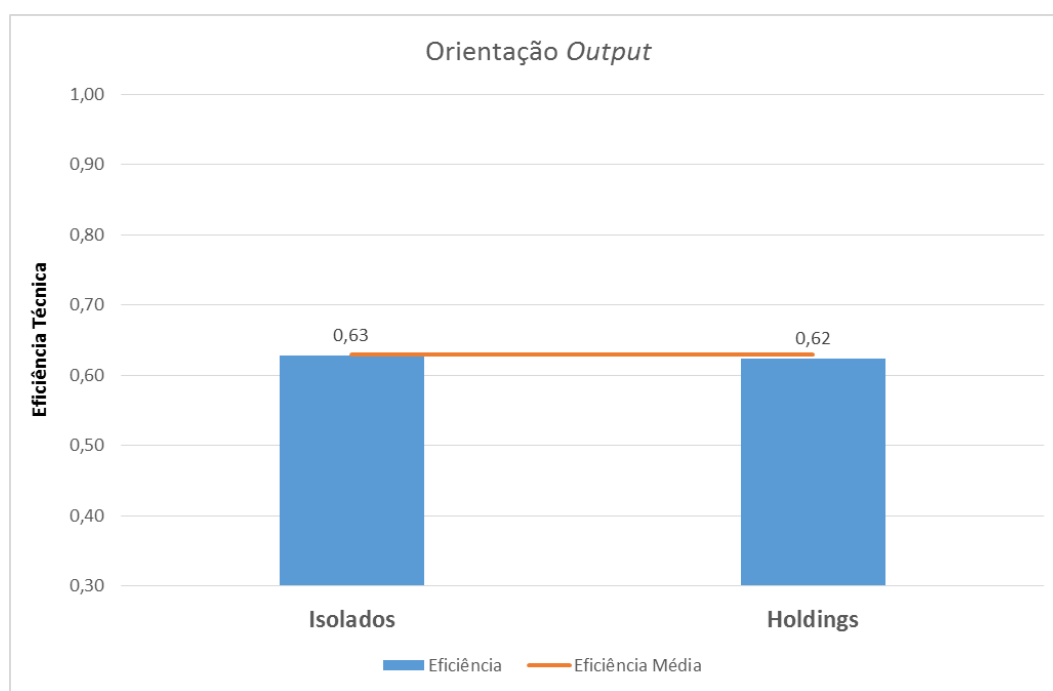


Figura 17. Eficiência técnica de aeroportos geridos de forma isolada e geridos através de holdings segundo orientação *output*

4.3.4 Aeroportos regulados e aeroportos não regulados

No Quadro 32 e na Figura 18 estão ilustrados os indicadores de eficiência segundo uma orientação *input* para aeroportos regulados por agência reguladora para os não regulados.

Em relação ao número de aeroportos, conclui-se de imediato que dos 145 em estudo, apenas 19 não têm qualquer tipo de regulação económica explícita. Por sua vez, o nível de ineficiência de cada um destes grupos é exatamente igual, sendo igual a 0,30. Contudo, quando se efetua uma comparação entre aeroportos regulados por agência e não regulados ao nível da EE, constata-se que os aeroportos regulados por agência são superiores a aeroportos não regulados em 12 pontos percentuais.

Por fim, uma rúbrica que não pode deixar de ser analisada consiste na percentagem de aeroportos eficientes em aeroportos regulados por agência e nos não regulados. Apesar da ET média ser igual em cada um destes grupos em análise, a diferença de aeroportos eficientes é considerável: 16% dos aeroportos regulados por agência são eficientes, enquanto apenas 5% dos aeroportos não regulados têm o mesmo estatuto.

Quadro 32. Indicadores de eficiência para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação *input*

	Global	Não Regulado	Regulado
Aeroportos (n.º)	145	19	126
ET média	0,70	0,70	0,70
EE média	0,85	0,75	0,87
Mínimo ET	0,35	0,41	0,35
Mínimo EE	0,23	0,42	0,23
Aeroportos eficientes (n.º)	21	1	20
% Aeroportos eficientes	14%	5%	16%

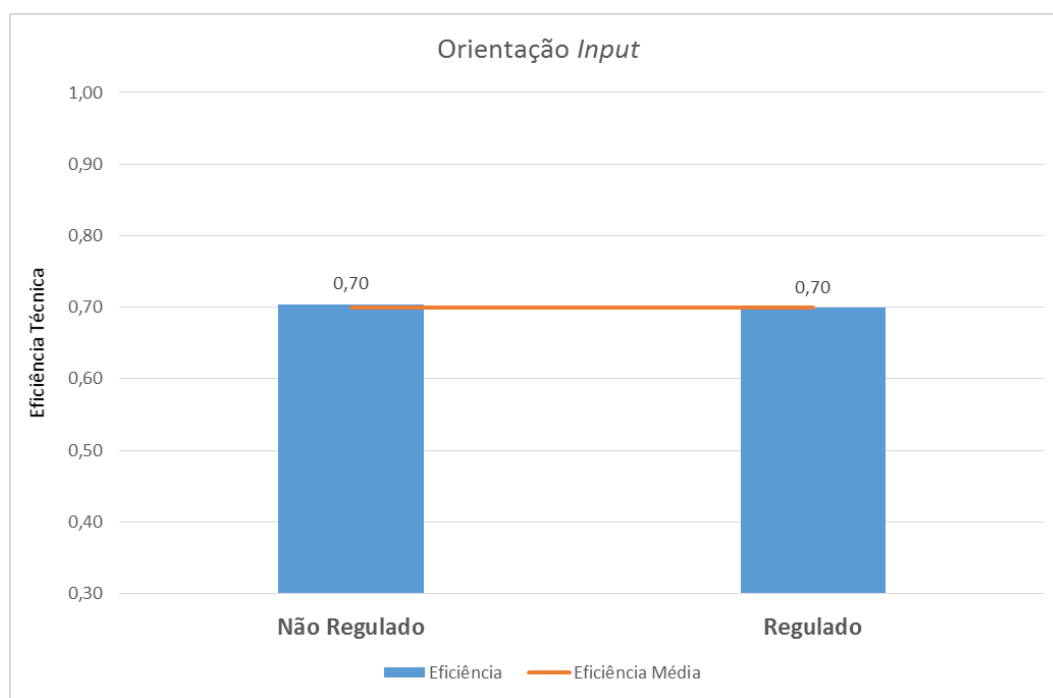


Figura 18. Eficiência técnica para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação *input*

Segundo uma orientação *output*, os indicadores de eficiência são os que se encontram representados no Quadro 33 e na Figura 19. À semelhança das outras análises já efetuadas, nesta também se verifica que as ET médias registadas segundo uma orientação *output* são inferiores às registadas segundo uma orientação *input*.

Ao contrário da orientação *input*, nesta análise já se nota uma diferença de ET média entre aeroportos regulados por agência e não regulados, com 0,64 e 0,55, respetivamente. Quanto à percentagem de aeroportos eficientes, mantém-se uma maior predominância em aeroportos regulados – 13%. A EE assume o mesmo valor nestes 2 grupos de aeroportos (0,95).

Quadro 33. Indicadores de eficiência para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação *output*

	Global	Não Regulado	Regulado
Aeroportos (n.º)	145	19	126
ET média	0,63	0,55	0,64
EE média	0,95	0,95	0,95
Mínimo ET	0,68	0,17	0,18
Mínimo EE	0,68	0,77	0,68
Aeroportos eficientes (n.º)	18	1	17
% Aeroportos eficientes	12%	5%	13%

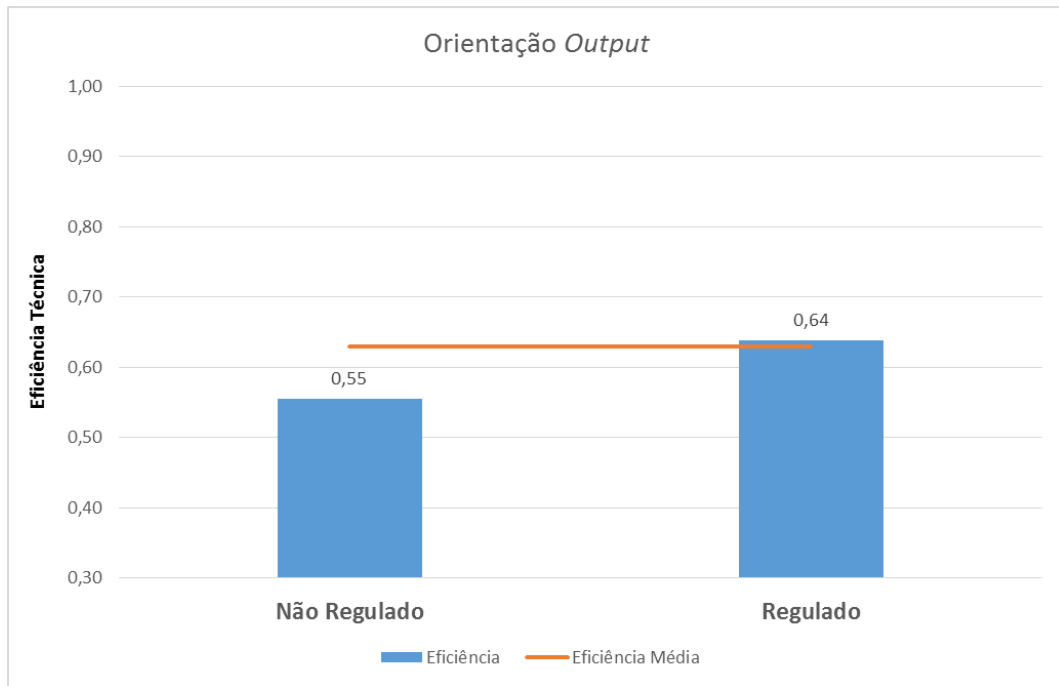


Figura 19. Eficiência técnica para aeroportos regulados e não regulados segundo orientação *output*

4.3.5 *Slacks, Targets e Peers*

De seguida, apresentar-se-ão os *slacks* (folgas) médios de cada variável selecionada como descritiva do modelo de funcionamento de um aeroporto e os *targets* (metas) de eficiência de 3 aeroportos: Lisboa (LIS), Madrid (MAD) e Barcelona (BCN). Tanto os *slacks* como os *targets* serão apresentados quer para uma orientação *input*, quer para uma orientação *output*. Além disso, será ainda apresentada a contagem de *peers* para os aeroportos *benchmarks*.

4.3.5.1 Orientação *Input*

No Quadro 34 estão representados os valores médios de *slacks* por região segundo uma orientação *input*. Como se pode observar, em termos médios o *slack* de portas de embarque/desembarque é praticamente insignificante, o que significa que, em geral, os aeroportos encontram-se bem nesta variável. O mesmo acontece no número de voos, onde existe um *slack* de 3.619 voos para uma média de voos na amostra em estudo de cerca de 202.823 voos.

Em relação às restantes variáveis, o potencial de melhoria é bastante superior. Em geral, os aeroportos têm em excesso 120 metros em comprimento de pistas, 298 funcionários e cerca de 10,7 milhões de euros em outros custos operacionais. Em *outputs*, além do défice de voos anteriormente mencionado, existe ainda um défice de cerca de 3,5 milhões de passageiros equivalentes.

Quadro 34. Valores médios de *slacks* segundo uma orientação *input*

Variável	Slack
Comprimento total das pistas (m)	120
Funcionários (n.º)	298
Portas de embarque/desembarque (n.º)	1
Outros custos operacionais (Milhões €)	10,7
Voos (n.º)	3.619
Passageiros equivalentes (n.º)	3.567.656

Como o conjunto de aeroportos em estudo é muito vasto, optou-se por efetuar uma análise dos *targets* de eficiência apenas para os aeroportos localizados na Península Ibérica: BCN, LIS e MAD. Estes valores estão representados no Quadro 35 para uma orientação *input*.

Quadro 35. *Targets* de eficiência para uma orientação *input*

Inputs/Outputs	BCN	LIS	MAD
Comprimento (m)	4.494	3.595	7.299
	<i>8.752</i>	<i>6.205</i>	<i>15.450</i>
Portas (n.º)	66	27	98
	<i>149</i>	<i>47</i>	<i>224</i>
Funcionários (n.º)	454	171	548
	<i>885</i>	<i>296</i>	<i>1.160</i>
Outros custos operacionais (Milhões €)	77.378.170	56.957.553	123.404.832
	<i>192.954.466</i>	<i>98.311.498</i>	<i>330.373.747</i>
Voos (n.º)	277.832	138.131	433.683
	<i>277.832</i>	<i>138.131</i>	<i>433.683</i>
Passageiros Equivalentes (n.º)	32.897.885	19.002.447	55.310.168
	<i>30.252.395</i>	<i>14.983.171</i>	<i>53.597.304</i>

Nota: A itálico encontram-se os valores das variáveis para o ano de 2010

O aeroporto de Barcelona (BCN), para se tornar eficiente segundo uma orientação *input*, terá que efetuar reduções a vários níveis: diminuir o comprimento total das pistas de 8.752 metros para 4.494 metros, diminuir o número de portas de embarque/desembarque de 149 para 66, eliminar 431 postos de trabalho e cortar cerca de 60% em outros custos operacionais. Além disto, teria ainda que aumentar percentualmente os seus passageiros equivalentes em cerca de 9%.

Por sua vez, o único aeroporto português em estudo – o aeroporto de Lisboa (LIS) – também teria que efetuar alterações significativas na sua estrutura de *inputs* e *outputs*, tendo em vista uma operação eficiente. Reduzir de 6.205 metros para 3.595 metros no comprimento das pistas, reduzir de 47 para 27 portas de embarque/desembarque, eliminar 125 postos de trabalho e reduzir outros custos operacionais em aproximadamente 41 milhões de euros seriam parte das medidas a implementar. A restante parte passaria por um aumento no número de passageiros equivalentes em 27%.

Por fim, e à semelhança dos restantes aeroportos ibéricos, o aeroporto de Madrid (MAD) também tem um longo caminho a percorrer na busca de uma operação eficiente. Além de ter que efetuar uma redução bastante elevada em outros custos operacionais, passando de 330 milhões para 123 milhões de euros, teria ainda que diminuir o comprimento das suas pistas em 8.151 metros, eliminar 126 portas de embarque/desembarque e 612 funcionários. Por fim, teria ainda que aumentar o transporte de passageiros equivalentes de 53,5 milhões para 55,3 milhões de euros.

As reduções de *inputs* e aumento de *outputs* aqui sugeridos seriam os passos a dar por cada um destes aeroportos ibéricos para se tornarem eficientes segundo uma orientação *input*. No entanto, estas metas não seriam fáceis de atingir. Em relação aos *outputs* (voos e passageiros equivalentes), os aeroportos não têm uma grande influência sobre estas variáveis, sendo por esse motivo, bastante difícil atingir os objetivos aqui traçados. No entanto, a médio prazo com a sua reestruturação será possível ir atuando sobre estes valores.

No que diz respeito a reduções de *inputs*, apesar de se tratarem de reduções bastante significativas, são variáveis sobre as quais as entidades gestoras dos aeroportos têm uma maior facilidade de intervenção. Contudo, como se trata de ativos que acarretaram investimentos elevadíssimos e que não são muito flexíveis, pode ser um entrave à sua implementação.

A contagem de *peers* é um indicador relativo do número de vezes que uma UD eficiente serve de termo comparativo para UD ineficientes e, por conseguinte, constituem os *benchmarks* (boas práticas). Deste modo, um maior número de *peers* de uma UD revela que esta constitui uma boa prática e, logo, é uma referência para as outras UD. A Figura 20 ilustra o número de *peers* de um conjunto de UD.

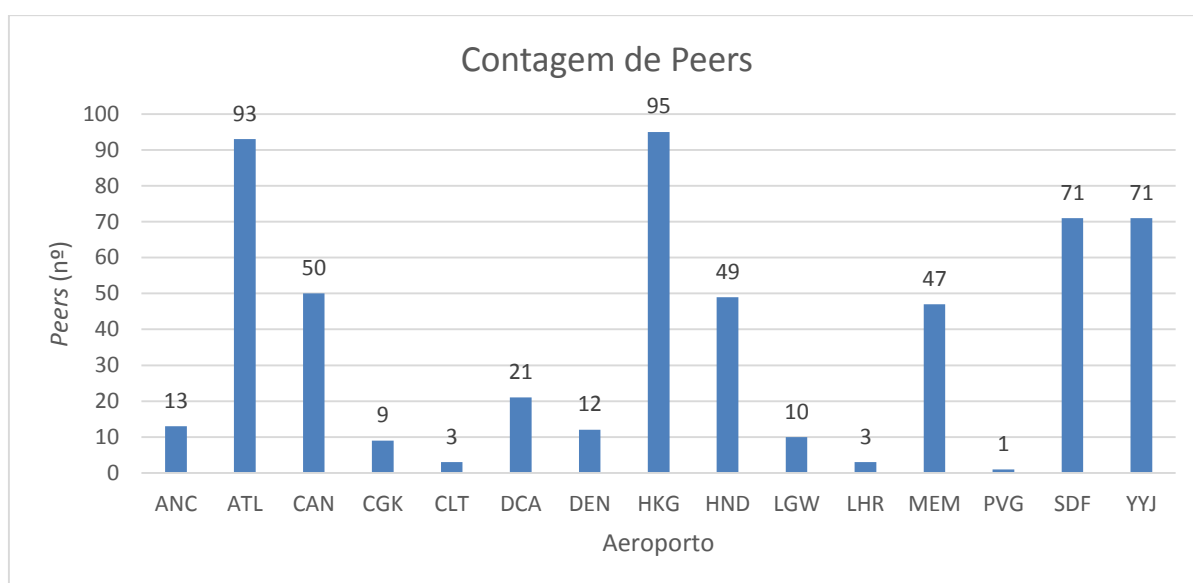


Figura 20. Contagem de *peers* segundo uma orientação *input*

Como se pode verificar, existem quatro aeroportos que se destacam em número de *peers*: ATL, HKG, SDF e YYJ, sendo que dois deles estão situados no continente americano e os outros 2 na região Ásia/Pacífico. Do continente europeu apenas LGW e LHR servem de *peers* para outros aeroportos, mas numa dimensão consideravelmente inferior aos quatro aeroportos mencionados anteriormente.

4.3.5.2 Orientação *Output*

O Quadro 36 é um Quadro análogo ao Quadro 34, excetuando o facto deste refletir os *slacks* de cada variável segundo uma orientação *output*. Como acontece na orientação *input*, os *slacks* de portas de embarque/desembarque e de voos são reduzidos, com 1 porta de embarque/desembarque em excesso e um défice de 4.107 voos. Os restantes *slacks* são de 154 metros no comprimento das pistas, de 368 funcionários, de 16,7 milhões em outros custos operacionais e de 1,35 milhões de passageiros equivalentes.

Quadro 36. Valores médios de *slacks* segundo uma orientação *output*

Variável	Slack
Comprimento total das pistas (m)	154
Portas de embarque/desembarque (n.º)	1
Funcionários (n.º)	368
Outros custos operacionais (Milhões €)	16,7
Voos (n.º)	4.107
Passageiros equivalentes (n.º)	1.355.831

O Quadro 37 tem uma abordagem semelhante ao Quadro 35, com a única diferença de se tratarem dos *targets* de eficiência para uma orientação *output*.

Quadro 37. *Targets* de eficiência segundo uma orientação *output*

<i>Inputs/Outputs</i>	BCN	LIS	MAD
Comprimento (m)	8.752	6.205	15.139
	<i>8.752</i>	<i>6.205</i>	<i>15.450</i>
Portas (n.º)	140	47	210
	<i>149</i>	<i>47</i>	<i>224</i>
Funcionários (n.º)	885	296	843
	<i>885</i>	<i>296</i>	<i>1.160</i>
Outros custos operacionais (Milhões €)	164.424.466	98.311.498	330.373.627
	<i>192.954.466</i>	<i>98.311.498</i>	<i>330.373.747</i>
Voos (n.º)	417.024	210.496	787.210
	<i>277.832</i>	<i>138.131</i>	<i>433.683</i>
Passageiros Equivalentes (n.º)	45.898.141	23.294.138	83.973.255
	<i>30.252.395</i>	<i>14.983.171</i>	<i>53.597.304</i>

Nota: A *itálico* encontram-se os valores das variáveis para o ano de 2010

À semelhança da orientação *input*, existe igualmente um longo caminho a percorrer por estes 3 aeroportos para atingirem o seu *target* de eficiência.

Em relação aos seus *inputs*, o aeroporto de Barcelona tem que reduzir 9 das suas portas de embarque/desembarque e cortar os seus outros custos operacionais em 28,5 milhões de euros. Contudo, estas medidas não chegariam para se tornar eficiente segundo uma orientação *output*. Um aumento de 51% no número de voos realizados e de 50% no transporte de passageiros equivalentes completariam as medidas necessárias para que o aeroporto se tornasse eficiente.

O aeroporto de Lisboa, segundo este tipo de orientação, não necessitaria de fazer nenhuma alteração na sua estrutura de *inputs*, estando neste ponto, numa posição mais favorável que o aeroporto de Barcelona e Madrid, como veremos de seguida. Os seus *outputs*, por sua vez, precisariam sofrer aumentos bastante significativos: 52% no número de voos e 55% em passageiros equivalentes.

Ao contrário de Lisboa, o aeroporto de Madrid já teria que atuar nos seus *inputs*: a uma diminuição de 311 metros no comprimento das pistas e de 14 portas de embarque/desembarque, acresce ainda uma redução de 317 dos seus 1.160 funcionários. Além disto, os seus voos teriam que aumentar 81% e o transporte de passageiros equivalentes em 57%.

A contagem de *peers* segundo uma orientação *output* encontra-se representada na Figura 21. Como se pode verificar, ATL é o aeroporto que se destaca em número de *peers* com 118, seguido de

YYJ e HKG com 80 e 75 *peers*, respectivamente. À semelhança da orientação *input*, LGW e LHR são os únicos aeroportos europeus representados, sendo que têm um número de *peers* substancialmente inferior aos aeroportos mencionados anteriormente.

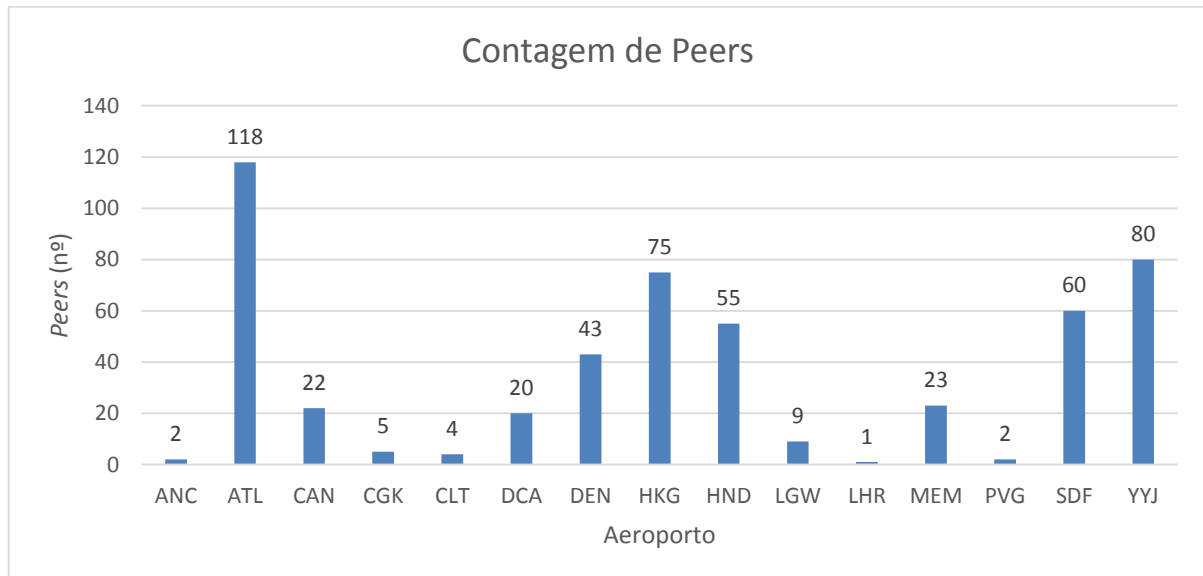


Figura 21. Contagem de *peers* segundo uma orientação *output*

5 Conclusões

5.1 Síntese Conclusiva

De uma forma geral, este trabalho de investigação incidiu sobre a análise de eficiência de um conjunto de aeroportos dispersos entre 3 regiões geográficas - Europa, Ásia/Pacífico e América do Norte – sendo que os principais objetivos incidiam numa análise estruturada por grupos de aeroportos. Isto é, dos 145 aeroportos em estudo, pretendia-se aferir se existia uma diferença significativa nos valores de eficiência entre aeroportos por região geográfica; entre aeroportos públicos, privados e público-privados; entre aeroportos geridos de forma isolada e geridos por *holdings*; e entre aeroportos sujeitos a regulação económica por agência e sem regulação económica explícita.

Inseridos na literatura existente, existiam vários métodos de avaliação de desempenho passíveis de serem usados neste trabalho. No entanto, após serem pesadas as vantagens e desvantagens do uso de cada um deles, optou-se por usar o método não paramétrico com recurso a fronteira eficiente denominado DEA, o qual é bastante usado em estudos com um âmbito semelhante a este. De uma forma sucinta, a DEA é um método de avaliação de desempenho baseado em programação matemática usado para calcular a eficiência relativa de UD, que consomem um ou vários *inputs* para produzir um ou vários *outputs*. O modelo de medição de eficiência poderá seguir 2 orientações, essencialmente: orientação *input* e/ou orientação *output*. A orientação *input* rege-se pela minimização de *inputs* mantendo os *outputs* constantes, enquanto a orientação *output* maximiza os *outputs* mantendo os *inputs* constantes. Neste trabalho, a medição de eficiência foi feita segundo modelos que utilizam estes 2 tipos de orientação.

Um dos passos mais importantes, senão mesmo o mais importante, para os resultados aqui obtidos foi a seleção das variáveis para *inputs* e *outputs* dos aeroportos. Após ter-se feito a revisão de literatura e confrontado esses dados com a informação disponível para a realização deste trabalho de investigação, foram escolhidos 4 *inputs* e 2 *outputs*. Como *inputs* foram selecionados o número de portas de embarque/desembarque, o número de funcionários, o comprimento total das pistas de aterragem/descolagem e outros custos operacionais. Por sua vez, o número de voos e o número de passageiros equivalentes foram os *outputs* escolhidos.

Estando o modelo totalmente definido, seguiu-se para a sua implementação e determinação de forma a serem obtidos os valores de eficiência para cada aeroporto. Dos 145 aeroportos analisados, apenas 21 obtiveram o valor de eficiência máximo segundo uma orientação *input*, enquanto de acordo com uma orientação *output* apenas 18 tiveram esse estatuto. Em relação à eficiência média, segundo uma orientação *input* a eficiência média foi de 0,70 e baseado numa orientação *output* foi de 0,63. Desta forma, conclui-se que os aeroportos em análise são mais eficientes na minimização dos seus *inputs* do que na maximização dos seus *outputs*.

A análise de eficiência por região permitiu concluir que os aeroportos pertencentes à Ásia/Pacífico são consideravelmente mais eficientes do que aeroportos pertencentes à Europa ou à

América do Norte, tanto numa orientação *input* como numa orientação *output*. Por outro lado, os aeroportos europeus são os menos eficientes nos dois tipos de orientação. No futuro, estando previsto um grande aumento da procura no continente asiático, será interessante perceber se a região Ásia/Pacífico conseguirá responder adequadamente e nestes níveis de eficiência a essa alteração de consumo. Por sua vez, os responsáveis pelos aeroportos europeus e norte americanos terão necessariamente que olhar para os seus homólogos asiáticos e tomar medidas que os façam aproximar dos seus níveis de eficiência.

Um outro grupo de aeroportos que foi analisado esteve relacionado com o modelo de gestão dos aeroportos: público, privado ou público-privado. À semelhança do que alguma literatura já abordou, também neste estudo os aeroportos puramente privados registaram valores de eficiência superiores a aeroportos públicos e público-privados, sendo que esta diferença é grande numa orientação *input* (8 pontos percentuais) e ténue numa orientação *output* (1 ponto percentual). No entanto, como o paradigma da gestão dos aeroportos se encontra em mudança, estando previstas privatizações e inclusivamente algumas foram concluídas após o ano de 2010 (ano em análise), é expectável que o valor de eficiência média dos aeroportos aumente.

Entre aeroportos geridos de forma isolada e geridos por *holdings*, conclui-se que os aeroportos geridos de forma isolada são mais eficientes do que os aeroportos geridos por *holdings*. Enquanto numa orientação *input* a diferença dos valores de eficiência é significativa (5 pontos percentuais), segundo uma orientação *output* a diferença é praticamente nula (1 ponto percentual). Posto isto, seria recomendável que a maior concentração de aeroportos continuasse a ser gerida de forma isolada, tendo em vista uma operação mais eficiente, o que não vai de encontro ao que têm sido os últimos anos no mercado da aviação, marcados pelo aparecimento de *holdings* interessadas na compra e gestão de aeroportos.

Por último, a comparação entre aeroportos sujeitos a regulação económica explícita e sem regulação económica externa (sem agência reguladora) sugere que ambos têm o mesmo nível de eficiência numa orientação *input*, enquanto segundo uma orientação *output*, aeroportos sob regulação económica externa operam mais eficientemente do que os restantes em 9 pontos percentuais. Perante isto, conclui-se que um aeroporto que enfrente um ambiente de regulação económica explícita tende a ser mais eficiente que um aeroporto que não tenha qualquer tipo de intervenção de uma agência de regulação económica.

Quanto às medidas concretas apresentadas para os aeroportos de Barcelona, Lisboa e Madrid se tornarem eficientes, alterando a sua estrutura de *inputs* e *outputs*, é de realçar que algumas delas apesar de resultarem de uma análise dos resultados obtidos não são exequíveis, como é o caso da redução no comprimento total das pistas. Contudo, os resultados que se obtiveram são interessantes, pois revelam que existem aeroportos de dimensão semelhante que conseguem converter mais eficientemente os seus *inputs* em *outputs*. Por outro lado, medidas como a redução no número de funcionários ou nos outros custos operacionais já seriam indicadores mais facilmente atuáveis pela entidade gestora do aeroporto, tendo em vista uma operação mais eficiente.

5.2 Limitações

Estando o trabalho de investigação concluído, é imperativo apresentar as suas limitações de forma a que não sejam feitas interpretações erradas que levem a tomadas de decisão sem uma base sólida.

Numa primeira fase, é de realçar que os valores de eficiência registados têm como base as variáveis escolhidas como *inputs* e *outputs* do modelo DEA implementado. Qualquer alteração nestas variáveis poderia levar a resultados substancialmente diferentes daqueles aqui apresentados.

Em segundo lugar, importa referir que neste trabalho de investigação apenas estão representados 145 aeroportos entre Europa, Ásia/Pacífico e América do Norte. Seria interessante estender esta análise a África e à América do Sul para detetar eventuais oportunidades de melhoria nestas duas áreas geográficas e aferir o seu nível de eficiência em comparação com os aeroportos aqui contemplados, apesar da recolha de dados nestes dois continentes não ser fácil. Além disso, convém referir que nas três regiões geográficas aqui abordadas não foram considerados alguns aeroportos relevantes e com alguma dimensão que poderiam ter alguma influência nos resultados finais deste trabalho.

Em terceiro lugar, é de salientar que neste trabalho de investigação não foram efetuados estudos de supereficiência ou de outros métodos para remover a influência de eventuais *outliers* que estejam a deturpar os resultados de eficiência obtidos.

Por último, e como referido anteriormente, a DEA apenas mede a eficiência relativa das UD. Portanto, os aeroportos aqui identificados como eficientes não deverão estagnar os seus esforços na busca de uma operação mais eficiente. Deverão simplesmente envidar os seus esforços no prolongamento do desempenho evidenciado no ano de 2010 e continuar a ser uma *best practice* para os seus homólogos.

5.3 Trabalhos Futuros

Apesar deste trabalho de investigação não ser pioneiro nesta área, devido ao facto de já existirem diversos estudos associados à avaliação de desempenho dos aeroportos, não deixa de ter a sua relevância. Ao contrário de muitos estudos, que se focam apenas numa análise de aeroportos de um país ou de uma região, este trabalho de investigação primou pela análise a um conjunto de aeroportos dispersos pela Europa, Ásia/Pacífico e América do Norte.

Contudo, de forma a que os resultados aqui apresentados ganhassem solidez e robustez, seria necessário e sugere-se, portanto, que surjam mais estudos como este, nesta área. Tanto a DEA, com pequenas alterações na estrutura de variáveis descritivas de um aeroporto, como estudos usando outras metodologias, tais como modelos de fronteira estocásticos (SFA), seriam fundamentais para se ter uma visão diferente daquela que é aqui apresentada. Além disso, permitiria ainda, que fossem feitas comparações entre eventuais trabalhos que viessem a ser realizados futuramente e o

presente estudo. A utilização de outras metodologias seria também altamente benéfica para análise e complemento dos resultados obtidos.

Um outro ponto interessante seria efetuar uma análise dinâmica: como referido anteriormente, este trabalho de investigação baseou-se nos dados de *inputs* e *outputs* dos aeroportos no ano de 2010. De um ponto de vista temporal, seria benéfico ter um histórico dos valores de eficiência registados por cada aeroporto, de forma a que fosse possível aferir o desempenho de cada um deles ao longo dos últimos anos.

Por último, e tendo já sido mencionado como uma limitação deste trabalho de investigação, seria vantajoso excluir eventuais *outliers* da amostra usada, efetuando, futuramente, uma análise de eficiência utilizando a mesma metodologia e variáveis aqui apresentadas. Este teste permitiria determinar a influência de *outliers* nos resultados de eficiência das restantes UD.

BIBLIOGRAFIA

- ACI, 2010. The ownership of Europe's airports. Consultado em:
<https://www.aci-europe.org/component/downloads/downloads/72.html> em 28/11/2013.
- ACI, 2011. ACI releases world airport traffic report 2010 – strong traffic rebound demonstrates industry's resiliency. Consultado em:
<http://www.aci.aero/News/Releases/Archives/2011/2011/08/01/ACI-releases-World-Airport-Traffic-Report-2010--Strong-traffic-rebound-demonstrates-industrys-resiliency>
- Aigner, D., Lovell, C. e Schmidt, P., 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21–37.
- Airbus, 2013. Global market forecast 2013-2032. Consultado em:
http://www.airbus.com/company/market/gmf2013/?eID=dam_frontend_push&docID=33621 em 05/10/2013.
- Alvarez, A., Arias, C. e Greene, W., 2004. Accounting for unobservables in production models: management and inefficiency, Working Paper nº 72, Centro de Estudios Andaluces.
- ANA, 2013a. Sobre os aeroportos. Consultado em:
<http://www.ana.pt/pt-PT/Topo/Institucional/NegociosEmpresa/SobreosAeroportos/Paginas/Sobre-os-Aeroportos.aspx> em 05/01/2014.
- ANA, 17 de Setembro de 2013b. Vinci conclui aquisição da ANA, concessionária dos aeroportos portugueses. Consultado em:
<http://www.ana.pt/pt-PT/Topo/Institucional/SobreANA/Imprensa/Noticias/Paginas/VINCI-conclui-aquisicao-da-ANA,-concessionaria-dos-aeroportos-portugueses-0917-4308.aspx?fromlist=1> em 06/01/2014.
- ANA, 10 de Janeiro de 2013c. Tráfego de passageiros cresce 1,9% em 2012. Consultado em:
<http://www.ana.pt/pt-PT/Topo/Institucional/SobreANA/Imprensa/Noticias/Paginas/Tráfego-de-passageiros-cresce-1,9-em-20120110-5453.aspx> em 06/01/2014.
- ANAM, 2013. A empresa. Consultado em: <http://www.anam.pt/a-empresa> em 05/01/2014.
- Anna.aero, 2013. 2012/2013 European airport traffic trends. Consultado em:
<http://www.anna.aero/european-airport-traffic-trends/> em 20/12/2013.
- Anna.aero, 2014. European airport traffic trends 2014: passenger number. Consultado em:
<http://www.anna.aero/databases/>.
- Ashford, N., Wright, P. e Mumayiz, S., 1979. *Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports*, 4th edition. John Wiley & Sons.
- ATRS, Junho de 2012. Airport benchmarking report - 2012, global standards for airport excellence.
- Banker, R., Charnes, A. e Cooper, W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Barros, C. e Athanassiou, M., 2004. Efficiency in european seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics & Logistics*, 6 (2), 122-140.

- Barros, C. e Dieke, P., 2007. Performance evaluation of Italian airports: a data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management*, 13 (4), 184–191.
- Barros, C., 2008. Airports in Argentina: technical efficiency in the context of an economic crisis. *Journal of Air Transport Management*, 14 (6), 315–319.
- Betancor, O. e Rendeiro, R., 1999. *Regulating privatized infrastructures and airport services*. World Bank Institute.
- Button, K. e Weyman-Jones, T., 1992. Ownership structure, institutional organization and measured x-inefficiency. *American Economic Review*, 82 (2), 439-445.
- Camp, R., 1995. *Business Process Benchmarking: Finding and Implementing Best Practices*. ASQC Quality Press (Milwaukee, Wis).
- Charnes, A., Cooper, W. e Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. e Seiford, L., 1994. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Academic Publishers Norwell, MA, USA.
- Coelli, T., Rao, D., O'Donnell, C. e Battese, G., 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science Business Media, Second Edition.
- Comissão Europeia, 2000. Lisbon european council – 23 and 24 March 2000. Consultado em: http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/00100-r1.en0.htm em 07/10/2013.
- Comissão Europeia, 2012. Transportes, novos horizontes para a aviação da EU, 27/09/2012. Consultado em: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1027_pt.htm em 10/10/2013.
- Comissão Europeia, 2014. Air, internal market. Consultado em: http://ec.europa.eu/transport/modes/air/internal_market/index_en.htm
- Cook, W. e Zhu, J., 2005. *Modeling Performance Measurement: Applications and Implementation Issues in DEA*. Springer, New York.
- Cooper, W., Seiford, L. e Zhu, J., 2006. *Handbook on Data Envelopment Analysis - International Series in Operations Research & Management Science*. Springer, Second Edition.
- Cooper, W., Seiford, L. e Tone, K., 2009. *Data Envelopment Analysis, A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. New York, Second Edition.
- Cowan, S., 2002. Price-cap regulation. *Swedish Economic Policy Review*, 9 (2), 167-188.
- Cruz, C. e Marques, R., 2011. Contribution to the study of PPP arrangements in airport development, management and operation. *Transport Policy*, 18 (2), 392-400.
- Cullinane, K., Song, D., Ji, P. e Wang, T., 2005. An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Networks Economics*, 3 (2), 184–206.
- Diário de Notícias, 10 de Janeiro de 2013. Movimento de passageiros nos aeroportos da ANA cresceu 1,9% em 2012. Consultado em: <http://www.dnoticias.pt/actualidade/economia/364005-movimento-de-passageiros-nos-aeroportos-da-ana-cresceu-19-em-2012> em 02/01/2014.
- Donthu, N., Hershberger, E. e Osmonbekov, T., 2005. Benchmarking marketing productivity using data envelopment analysis. *Journal of Business Research*, 58 (11), 1474-1482.

- Eurostat, 2011. Signs of recovery for air transport in Europe in 2009 – icelandic volcanic eruption in early 2010 shows fragility of the air transport industry. Consultado em: <http://ec.europa.eu/eurostat> em 05/12/2013.
- Eurostat, 2012. Air transport recovers in 2010 – remains vulnerable to unforeseen events. Consultado em: <http://ec.europa.eu/eurostat> em 05/12/2013.
- Expresso, 28 de Junho de 2013a. ANA passou a deter 80% do capital dos aeroportos da Madeira. Consultado em: <http://expresso.sapo.pt/ana-passou-hoje-a-deter-80-do-capital-dos-aeroportos-da-madeira=f817067> em 05/01/2014.
- Expresso, 17 Setembro de 2013b. Compra da ANA concluída. Consultado em: <http://expresso.sapo.pt/compra-da-ana-concluida=f830936> em 05/01/2014.
- Farrell, M., 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120 (3), pp. 253-290.
- Financial Times, 28 de Outubro de 2013. Spain sets stage for Aena privatization. Consultado em: <http://www.ft.com/cms/s/0/d9434d48-3fec-11e3-a890-00144feabdc0.html#axzz2ppEilt00> em 03/01/2014.
- Financial Times, 10 de Fevereiro de 2014. Optimism about aviation markets tempered by asian jitters. Consultado em: <http://www.ft.com/cms/s/2/2bb4d494-8501-11e3-8968-00144feab7de.html#axzz3EcNLF4Y6> em: 28/09/2014.
- Fry, J., Humphreys, I. e Francis, G., 2005. Benchmarking in civil aviation: some empirical evidence. *Benchmarking: An International Journal*, 12 (2), 125–137.
- Gillen, D. e Lall, A., 2001. Non-parametric measures of efficiency of U.S. airports. *International Journal of Transport Economics*, 28 (3), 283-306.
- Helpman, E. e Krugman, P., 1985. Market structure and foreign trade: increasing returns, imperfect competition, and the international economy. *Journal of Economic Literature*, 24 (2), 713-715.
- IAPMEI, 2013. Benchmarking e boas práticas – apoio à melhoria do desempenho das PME. Consultado em: <http://www.iapmei.pt/iapmei-bmkartigo-01.php?temaid=2&subtemaid=11> em 10/12/2013.
- IATA, Junho de 2012. Annual review 2012. Consultado em: <http://www.iata.org/publications/Pages/annual-review.aspx> em 05/01/2014.
- IATA, Junho de 2013. Annual review 2013. Consultado em: <http://www.iata.org/publications/Pages/annual-review.aspx> em 05/01/2014.
- IATA, Julho de 2014. Fact sheet: economic & social benefits of air transport. Consultado em: http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/pages/economic-social-benefits.aspx em 01/10/2014.
- ICAO, Junho de 2014. Economic contribution of civil aviation. Consultado em: http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/pages/economic-social-benefits.aspx em 10/09/2014.
- Indústria da Comissão Europeia, 1996. Consultado em: <http://www.iapmei.pt/iapmei-bmkartigo-01.php?temaid=2> em 11/12/2013.

- Jamison, M., 2007. Price cap and revenue cap. *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*, 3, 1245-1251.
- Jamison, M., 2008. *Rate of return regulation*. Public Utility Research Center, University of Florida.
- Lai, M., Huang, H. e Wang, W., 2010. Designing a knowledge-based system for benchmarking: a DEA approach. *Knowledge-Based Systems*, 24 (5), 662-671.
- Lovell, C., Fried, H. e Schmidt, S., 1993. *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. Oxford University Press.
- Marques, R., 2005. *Regulação de serviços públicos*, Edições Sílabo, Lisboa.
- Marques, R. e Silva, D., 2006. Inferência estatística dos estimadores de eficiência obtidos com a técnica fronteira não paramétrica de DEA: uma metodologia de bootstrap. *Investigação Operacional*, 26 (1), 89-110.
- Marques, R. e Brochado, A., 2008. Airport regulation in Europe>is there a need for a European observatory_. *Transport Policy*, 15, 163-172.
- Marques, R. e Witte, K., 2008. Towards a benchmarking paradigm in the european water utilities. *Public Money & Management, Taylor and Francis Journals*, 30 (1), 42-48.
- Marques, R. e Simões, P., 2009. Avaliação do desempenho dos serviços de resíduos urbanos em Portugal. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 14 (2), 285-294.
- Marques, R. e Barros, C., 2010. Performance of european airports: regulation, ownership and management efficiency. *Applied Economics Letters*, 18 (1), 29-37.
- Marques, R., 2011. Advanced Operations Research: performance evaluation. Slides das aulas de complementos de Investigação Operacional, Instituto Superior Técnico.
- Meeusen, W. e Broeck, J., 1977. Efficiency estimation from Cobb–Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18 (2), 435–444.
- Mello, J., Meza, L., Gomes, E. e Neto, L., 2005. Curso de análise envoltória de dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável.
- Pacheco, R. e Fernandes, E., 2003. Managerial efficiency of brazilian airports. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37 (8), 667-680.
- Pels, E., Nijkamp, P. e Rietveld, P., 2001. Relative efficiency of european airports. *Transport Policy*, 8 (3), 183-192.
- Porcelli, F., 2009. Measurement of technical efficiency - a brief survey on parametric and non-parametric techniques. Consultado em: http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/phd_students/porcelli/ em 02/01/2014.
- Público, 10 de Janeiro de 2013. Tráfego nos aeroportos portugueses subiu 1,9% em 2012. Consultado em: <http://www.publico.pt/economia/noticia/trafego-nos-aeroportos-portugueses-subiu-19-em-2012-1580189> em 04/01/2014.
- Qin, Z., 2010. Comprehensive review of airport business models. Consultado em: http://www.airports.org/aci/ACIAPAC/File/Young%20Executive%20Award%2011/ACI_YEA2011_Shanghai.pdf em 03/01/2014.

- Smash, L., 1992. Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping. *Journal of Productivity Analysis*, 3 (1-2), 171-203.
- Spendolini, J., 1992. *The Benchmarking Book*. American Management Association, 6th Edition.
- Vincent, A., 1968. La mesure de la productivité. *Revue Économique*, 20 (3), 546-548.
- Ulku, T., 2009. Efficiency of German Airports and Influencing Factors. Humboldt University, Berlin.
- Wanke, P., 2013. Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in brazilian airports: a two-stage network-DEA approach. *Journal of Air Transport Management*, 31, 1–5.

ANEXOS

Anexo A. Modelo de gestão e regulação dos aeroportos

Cód. IATA	Região - País	Modelo de	Modelo de Gestão	Regulação
		Gestão Isolado=0; Holding=1	Público=0; Privado=1; Público-privado=2	Não regulado=0; Regulado=1
ABQ	América - Estados Unidos	0	0	1
ADL	Pacífico - Austrália	0	1	1
AKL	Pacífico - Nova Zelândia	0	2	1
ALB	América - Estados Unidos	0	0	1
AMS	Europa - Holanda	1	2	1
ANC	América - Estados Unidos	0	0	1
ARN	Europa - Suécia	1	0	1
ATH	Europa - Grécia	0	2	0
ATL	América - Estados Unidos	0	0	1
AUS	América - Estados Unidos	0	0	1
BCN	Europa - Espanha	1	0	1
BEG	Europa - Sérvia	0	2	1
BHX	Europa - Inglaterra	0	2	1
BNA	América - Estados Unidos	0	0	1
BNE	Pacífico - Austrália	0	1	1
BOS	América - Estados Unidos	0	0	1
BRU	Europa - Bélgica	0	2	1
BSL	Europa - Suíça	0	0	0
BTS	Europa - Eslováquia	0	0	0
BUD	Europa - Hungria	0	2	1
BWI	América - Estados Unidos	0	0	1
CAN	Pacífico - China	0	2	1
CDG	Europa - França	1	2	1
CGK	Pacífico - Indonésia	1	0	1
CGN	Europa - Alemanha	0	0	1
CHC	Pacífico - Nova Zelândia	0	2	1
CIA	Europa - Itália	1	2	0

Anexo A. Modelo de gestão e regulação dos aeroportos (continuação)

Cód. IATA	Região - País	Modelo de	Modelo de Gestão	Regulação
		Gestão Isolado=0; Holding=1	Público=0; Privado=1; Público-privado=2	Não regulado=0; Regulado=1
CLE	América - Estados Unidos	0	0	1
CLT	América - Estados Unidos	0	0	1
CMB	Pacífico - Sri Lanka	0	0	1
CMH	América - Estados Unidos	0	0	1
COM	América - Estados Unidos	0	0	1
CPH	Europa - Dinamarca	0	2	1
CVG	América - Estados Unidos	0	0	1
DAL	#N/D	0	0	1
DCA	América - Estados Unidos	0	0	1
DEN	América - Estados Unidos	0	0	1
DFW	América - Estados Unidos	0	0	1
DRW	Pacífico - Austrália	1	1	1
DTW	América - Estados Unidos	0	0	1
DUB	Europa - Irlanda	1	0	1
DUD	Pacífico - Nova Zelândia	0	0	1
DUS	Europa - Alemanha	0	2	1
EDI	Europa - Escócia	1	1	1
FCO	Europa - Itália	1	2	0
FLL	América - Estados Unidos	0	0	1
FRA	Europa - Alemanha	1	2	1
GVA	Europa - Suíça	0	0	0
HAJ	Europa - Alemanha	0	2	1
HAK	Pacífico - China	0	2	1
HAM	Europa - Alemanha	0	2	1
HEL	Europa - Finlândia	1	0	0
HKG	Pacífico - China	0	0	1
HND	Pacífico - Japão	0	0	0
HNL	América - Estados Unidos	0	0	1
HOU	América - Estados Unidos	0	0	1

Anexo A. Modelo de gestão e regulação dos aeroportos (continuação)

Cód. IATA	Região - País	Modelo de	Modelo de Gestão	Regulação
		Gestão Isolado=0; Holding=1	Público=0; Privado=1; Público-privado=2	Não regulado=0; Regulado=1
IAD	América - Estados Unidos	0	0	1
IAH	América - Estados Unidos	0	0	1
ICN	Pacífico - Coreia	0	0	1
IND	América - Estados Unidos	0	0	1
ISG	Europa - Turquia	0	2	1
JAX	América - Estados Unidos	0	0	1
KIX	Pacífico - Japão	0	0	0
LAS	América - Estados Unidos	0	0	1
LAX	América - Estados Unidos	0	0	1
LGW	Europa - Inglaterra	0	1	1
LHR	Europa - Inglaterra	1	1	1
LIN	Europa - Itália	1	2	0
LIS	Europa - Portugal	1	0	1
LJU	Europa - Eslovénia	0	2	0
LTN	Europa - Inglaterra	0	0	1
LUX	Europa - Luxemburgo	0	0	1
MAD	Europa - Espanha	1	0	1
MAN	Europa - Inglaterra	1	0	1
MCI	América - Estados Unidos	0	0	1
MDW	América - Estados Unidos	0	0	1
MEL	Pacífico - Austrália	1	1	1
MEM	América - Estados Unidos	0	0	1
MIA	América - Estados Unidos	0	0	1
MKE	América - Estados Unidos	0	0	1
MLA	Europa - Malta	0	2	1
MSP	América - Estados Unidos	0	0	1
MSY	América - Estados Unidos	0	0	1
MUC	Europa - Alemanha	0	0	1
MXP	Europa - Itália	1	2	0

Anexo A. Modelo de gestão e regulação dos aeroportos (continuação)

Cód. IATA	Região - País	Modelo de	Modelo de Gestão	Regulação
		Gestão Isolado=0; Holding=1	Público=0; Privado=1; Público-privado=2	Não regulado=0; Regulado=1
NAP	Europa - Itália	0	2	0
NCE	Europa - França	0	0	1
NGO	Pacífico - Japão	0	1	0
NRT	Pacífico - Japão	0	2	0
NTL	Pacífico - Austrália	0	1	1
OAK	América - Estados Unidos	0	0	1
OKC	América - Estados Unidos	0	0	1
ONT	América - Estados Unidos	0	0	1
ORD	América - Estados Unidos	0	0	1
ORY	Europa - França	1	2	1
OSL	Europa - Noruega	1	0	1
PBI	América - Estados Unidos	0	0	1
PDX	América - Estados Unidos	0	0	1
PEK	Pacífico - China	0	2	1
PER	Pacífico - Austrália	0	1	1
PHL	América - Estados Unidos	0	0	1
PHX	América - Estados Unidos	0	0	1
PIT	América - Estados Unidos	0	0	1
PVD	América - Estados Unidos	0	0	1
PVG	Pacífico - China	0	0	1
RDU	América - Estados Unidos	0	0	1
RIC	América - Estados Unidos	0	0	1
RIX	Europa - Letónia	0	0	0
RNO	América - Estados Unidos	0	0	1
RSW	América - Estados Unidos	0	0	1
SAN	América - Estados Unidos	0	0	1
SAT	América - Estados Unidos	0	0	1
SDF	América - Estados Unidos	0	0	1
SEA	América - Estados Unidos	0	0	1

Anexo A. Modelo de gestão e regulação dos aeroportos (continuação)

Cód. IATA	Região - País	Modelo de	Modelo de Gestão	Regulação
		Gestão Isolado=0; Holding=1	Público=0; Privado=1; Público-privado=2	Não regulado=0; Regulado=1
SFO	América - Estados Unidos	0	0	1
SIN	Pacífico - Singapura	0	0	1
SJC	América - Estados Unidos	0	0	1
SLC	América - Estados Unidos	0	0	1
SMF	América - Estados Unidos	0	0	1
SNA	América - Estados Unidos	0	0	1
SOF	Europa - Bulgária	0	0	1
STL	América - Estados Unidos	0	0	1
STN	Europa - Inglaterra	1	1	1
SYD	Pacífico - Austrália	0	2	1
SZG	Europa - Áustria	0	0	1
SZX	Pacífico - China	0	0	1
TLL	Europa - Estónia	0	0	1
TLV	Europa - Israel	0	0	1
TPA	América - Estados Unidos	0	0	1
TRN	Europa - Itália	0	2	0
TUS	América - Estados Unidos	0	0	1
TXL	Europa - Alemanha	1	0	1
VIE	Europa - Áustria	0	2	1
WAW	Europa - Polónia	1	0	0
XMN	Pacífico - China	0	0	1
YEG	América - Canadá	0	0	1
YHZ	América - Canadá	0	0	1
YOW	América - Canadá	0	0	1
YUL	América - Canadá	0	0	1
YVR	América - Canadá	0	0	1
YWG	América - Canadá	0	0	1
YYC	América - Canadá	0	0	1
YYJ	América - Canadá	0	0	1
YYZ	América - Canadá	0	0	1
ZQN	Pacífico - Nova Zelândia	0	2	1
ZRH	Europa - Suíça	0	2	0