

**FUNDAÇÃO INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISAS EM
CONTABILIDADE, ECONOMIA E FINANÇAS - FUCAPE**

LUÍS FERNANDO DIAS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS AEROPORTOS
BRASILEIROS ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS
(DEA)**

**VITÓRIA
2014**

LUÍS FERNANDO DIAS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS AEROPORTOS
BRASILEIROS ATRAVÉS DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS
(DEA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas – Nível Acadêmico, na área de concentração de Estratégia.

Orientador: Prof. Arilton Carlos Campanharo
Teixeira, PhD.

**VITÓRIA
2014**

*A minha irmã Marta que, mesmo de longe,
continua a me incentivar, orientar e servir
de inspiração de vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, discernimento e persistência.

Aos meus familiares, pela torcida e desejo de vitória.

À FUCAPE, pela oportunidade, orientação e dedicação.

Ao professor Arilton Carlos Campanharo Teixeira, pela orientação.

Aos professores, pelas contribuições.

A minha amiga Igneis M. Cani sempre presente com carinho e paciência.

A Infraero, pela presteza no fornecimento dos dados utilizados na análise.

Aos colegas, pelo convívio.

Aos funcionários da FUCAPE, pela presteza e solicitude.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

*“Não se pode gerenciar o que não se
pode medir. Não se pode medir o que não
se pode descrever.”*

Robert S. Kaplan e David P. Norton, 1997.

RESUMO

Esta dissertação aplica a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação da eficiência relativa dos 23 maiores aeroportos brasileiros em Unidade de Carga de Trabalho (WLU), no ano de 2012. As análises abrangem a eficiência operacional e o nível de saturação da infraestrutura aeroportuária, no período 2011-2012. Foram propostos dois modelos: 1) Modelo de Eficiência Operacional com retorno variável de escala (BCC), orientado a *input*, com duas variáveis de *inputs*: **Efetivo** - quantidade de funcionários do aeroporto e **DOP** - despesas operacionais em milhões de reais e duas variáveis de *outputs*: **ROP** - receitas operacionais em milhões de reais e **WLU** - Unidade de Carga de Trabalho. 2) Modelo de Medição do Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária com retorno variável de escala (BCC), orientado *output*, com três variáveis de *inputs*: **TMAL** - soma das áreas dos terminais de passageiros e de carga aérea, em metros quadrados; **PPD** - área da pista de pouso e decolagem, em metros quadrados; **APA** - área do pátio de estacionamento de aeronaves, em metros quadrados; e duas variáveis de *outputs*: **WLU** e **Movaer** - quantidade de movimento de aeronaves em pouso e decolagem. Conclui-se que da amostra analisada, no período 2011-2012, houve uma evolução média da eficiência operacional e não houve alteração no nível de saturação da infraestrutura aeroportuária. Os aeroportos *benchmarks* da amostra analisadas foram Curitiba, Florianópolis e Brasília.

Palavras-chave: eficiência operacional, saturação da infraestrutura aeroportuária, Análise Envoltória de Dados (DEA), aeroportos.

ABSTRACT

This dissertation applies the technique of Data Envelopment Analysis (DEA) to evaluate the relative efficiency of the 23 major Brazilian airports in Work Load Unit (WLU), in 2012. The analysis covers operational efficiency and measurement of the Saturation Level of Airport Infrastructure, in the period 2011-2012. We propose two models: 1) Model Operational Efficiency with Returns Variables to scale (BCC), input-oriented, with two input variables: **Efetivo** - number of employees of the airport, and **DOP** - operational expenses in millions of Brazilian reais and two variables outputs: **ROP** - operational revenues in millions of Brazilian reais and **WLU** - Work Load Unit. 2) Model Level Measurement Saturation Airport Infrastructure with variable returns to scale (BCC), output-oriented, with three input variables: **TMAL** - sum of the areas passenger and freight terminals, in square meters; **PPD** - the area of the runway and takeoff, in square meters; **APA** - area of the apron, in square meters; and two variables outputs: **WLU** and **Movaer** - amount of movement of aircraft landing and takeoff. We conclude that the sample analyzed, in the period 2011-2012, there was an evolution of the average operational efficiency and no change in saturation level of airport infrastructure. The benchmarks were Curitiba, Florianópolis and Brasília airports.

Keywords: Operational Efficiency, Saturation of Airport Infrastructure, Data Envelopment Analysis (DEA), airports.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fronteira de Eficiência DEA com Retorno Constante de Escala (CCR) e Retorno Variável de Escala (BCC)	26
Figura 4.1 - Evolução da Eficiência Operacional no período de 2011-2012.....	38
Figura 4.2 - Saturação da Infraestrutura Aeroportuária no período 2011-2012.....	44
Figura 4.3 - Eficiência Operacional <i>versus</i> Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária em 2011.....	47
Figura 4.4 - Eficiência Operacional <i>versus</i> Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária em 2012.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Classificação dos aeroportos em função da Unidade de Carga de Trabalho (WLU) - 2012.....	31
Tabela 3.2 - Dados de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para o Modelo de Eficiência Operacional, 2011-2012	33
Tabela 3.3 - Dados de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para o Modelo de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária, 2011-2012	34
Tabela 3.4 - Matriz de correlação entre as variáveis de inputs e outputs - 2012	35
Tabela 4.1 - Variação da Eficiência Operacional com Retorno Variável de Escala (BCC), período 2011-2012	37
Tabela 4.2 - Eficiência Operacional com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) de Escala dos principais Aeroportos Brasileiros em 2011.....	39
Tabela 4.3 - Eficiência Operacional com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2012	40
Tabela 4.4 - Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária com Retorno Variável de Escala (BCC), período de 2011-2012.....	43
Tabela 4.5 - Nível de Saturação da Infraestrutura (TMAL, PPD, APA) com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2011	45
Tabela 4.6 - Nível de Saturação da Infraestrutura (TMAL, PPD, APA) com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2012	46

LISTA DE SIGLAS

- AENA – *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*
- ANA – Aeroportos de Portugal - Empresa Pública Aeroportos e Navegação Aérea
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
- APA – área do pátio de estacionamento de aeronaves, em m²
- BCC – Banker, Charnes e Cooper – modelo DEA com retorno variável de escala
- BEL – Aeroporto Internacional de Belém – Val de Cans
- BSB – Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek
- CCR – Charnes, Cooper e Rhodes – modelo DEA com retorno constante de escala
- CGB – Aeroporto Internacional de Cuiabá – Marechal Rondon
- CGH – Aeroporto de Congonhas
- CGR – Aeroporto Internacional de Campo Grande
- CNF – Aeroporto Internacional de Confins – Tancredo Neves
- CWB – Aeroporto Internacional de Curitiba – Afonso Pena
- DEA – *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envolvória de Dados
- DMU – *Decision Making Units* – Unidades Tomadoras de Decisão
- DOP – Despesas operacionais
- Efetivo – Quantidade de funcionários orgânicos mais terceirizados no aeroporto
- FLN – Aeroporto Internacional de Florianópolis
- FOR – Aeroporto Internacional de Fortaleza – Pinto Martins
- GIG – Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Galeão – Antônio Carlos Jobim
- GRU – Aeroporto Internacional de Guarulhos / Cumbica – Governador André Franco Montoro
- GYN – Aeroporto de Goiânia
- IATA – *International Air Transport Association*
- IGU – Aeroporto Internacional de Foz de Iguaçu
- INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
- MAO – Aeroporto Internacional de Manaus – Eduardo Gomes
- MCZ – Aeroporto Internacional de Maceió

Movaer – quantidade de movimento de aeronaves em processo de aterrissagem e decolagem por ano

NAT – Aeroporto Internacional de Natal

PAX – passageiros embarcados, desembarcados e em conexões por ano

PIB – Produto Interno Bruto

POA – Aeroporto Internacional de Porto Alegre – Salgado Filho

PPD – área pavimentada da pista de pouso e decolagem, em m²

REC – Aeroporto Internacional de Recife / Guararapes – Gilberto Freyre

ROP – receitas operacionais

SDU – Aeroporto do Rio de Janeiro / Santos-Dumont

SLZ – Aeroporto Internacional de São Luiz

SSA – Aeroporto Internacional de Salvador – Dep. Luís Eduardo Magalhães

TMAL – soma das áreas dos terminais de passageiros e carga aérea, em m²

VCP – Aeroporto Internacional de Campinas / Viracopos

VIX – Aeroporto de Vitória – Eurico de Aguiar Salles

WLU – *Work Load Unit* – Unidade de Carga de Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA	16
2.2	EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE AEROPORTUÁRIA	17
2.3	ANTECEDENTES	20
2.4	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	23
2.4.1	Modelo CCR	26
2.4.2	Modelo BCC	27
3	UMA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS AEROPORTOS BRASILEIROS	30
3.1	SELEÇÃO DOS AEROPORTOS BRASILEIROS	30
3.2	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DE <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i>	31
4	APLICAÇÃO DO MODELO DEA	36
4.1	MODELO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL	36
4.2	MODELO DE SATURAÇÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA ...	42
4.3	EFICIÊNCIA OPERACIONAL <i>VERSUS</i> SATURAÇÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA	46
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

No início do século XXI, o transporte aéreo da aviação civil brasileira cresceu em média 11,77% ao ano, no movimento de passageiros, enquanto o PIB do Brasil cresceu em média, neste mesmo período 3,61% ao ano, de acordo com dados estatísticos obtidos no *site* da Infraero e da ANAC, demonstrando o vigor e o potencial de crescimento do setor. Em 2012, a principal operadora aeroportuária brasileira, Infraero, nos seus aeroportos circularam em torno de 191,62 milhões de passageiros embarcados, desembarcados e em conexão; 3 milhões de movimento de aeronaves entre pouso e decolagem e transportou 1,59 milhões de toneladas de carga aérea. Ainda em 2012, os vinte três maiores aeroportos brasileiros, objeto deste estudo, representaram 91,41% do fluxo de passageiros, 96,52% do transporte de carga aérea e 71,64% no movimento de aeronaves, da Infraero. No período de 2003-2012, o transporte aéreo de passageiros no Brasil cresceu 169,07%, o movimento de aeronaves 70,37% e o transporte de carga aérea cresceu somente 9,62%.

Segundo Gillen (2011) houve uma evolução na governança dos aeroportos com tendência mundial para transformá-los em modernos centros de negócio mudando a visão tradicional, na qual o aeroporto era visto unicamente como utilidade pública subsidiada pelo governo, para uma visão mais empresarial. Os aeroportos são complexos sistemas produtivos capazes de gerar renda aos operadores aeroportuários por meio de exploração de diversas atividades empresariais e comerciais, além das atividades aeronáuticas. A tendência atual é conferir aos aeroportos um enfoque mais comercial para aumentar sua lucratividade e competitividade.

A mudança na estrutura de governança e controle de alguns aeroportos brasileiros, devido ao processo de concessão iniciado em 2011, tem levantado a questão se realmente os aeroportos vão melhorar a eficiência e incentivar novos investimentos em infraestrutura aeroportuária aumentando a competição do setor. Para responder a esta questão devem ser implementados modelos de medição de eficiência e indicadores de desempenho que permitam analisar, dimensionar e comparar a eficiência e produtividade dos aeroportos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência operacional e medir o nível de saturação da infraestrutura aeroportuária, no período 2011-2012, em uma amostra composta pelos 23 maiores aeroportos brasileiros em 2012, em Unidade de Carga de Trabalho (WLU), através da Análise Envoltória de Dados (DEA).

A avaliação da eficiência operacional e do nível de saturação da infraestrutura aeroportuária é relativa à amostra dos aeroportos analisados e é uma prática de gestão indispensável para melhorar a competitividade do setor e identificar os aeroportos *benchmarks* restrito ao conjunto estudado. A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma metodologia não paramétrica, isto é, não faz inferência estatística, para medição da eficiência relativa entre Unidades Tomadoras de Decisões (DMU – *Decision Making Units*) com múltiplas variáveis de *inputs* e *outputs*. É por isso, que a análise DEA é um dos instrumentos fundamentais para o gerenciamento das atividades aeroportuárias e na avaliação da produtividade e da eficiência das DMU's.

Para atender ao objetivo desta pesquisa busca-se identificar um conjunto de variáveis quantitativas de *inputs* e de *outputs* relevantes e capazes de sintetizar e representar os principais aspectos operacionais da infraestrutura aeroportuária.

Para o desenvolvimento deste estudo, o trabalho foi estruturado em cinco capítulos: no primeiro capítulo é apresentada a introdução com motivação e objetivo

desta pesquisa, no segundo capítulo apresenta o referencial teórico, no terceiro capítulo são selecionados os aeroportos e escolhidas as variáveis de *inputs* e *outputs*, no quarto capítulo são apresentados dois modelos, com aplicação do DEA, um modelo de medição da eficiência operacional e outro de avaliação do nível de saturação da infraestrutura aeroportuária e os resultados e no último capítulo são feitos as conclusões e considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os conceitos de infraestrutura aeroportuária, produtividade, eficiência, unidade de carga de trabalho (WLU - *Work Load Unit*) e os modelos clássicos de Análise Envoltória de Dados (DEA).

2.1 INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Entende-se por infraestrutura de um complexo aeroportuário as facilidades disponíveis para movimentação de aeronaves e processamento de passageiros e carga aérea. Compõem estas facilidades a pista de pouso e decolagem, os acessos às áreas de estacionamento, pátio de estacionamento de aeronaves e os terminais de passageiros e carga. Quanto mais planejada for à infraestrutura mais ágil será o processamento do fluxo de passageiros, aeronaves e carga e, portanto, mais eficiente será o aeroporto.

A McKinsey & Company (2010) estudou a infraestrutura aeroportuária brasileira abrangendo os 20 principais aeroportos. O estudo concluiu que a falta de capacidade, frente ao crescimento da demanda por transporte aéreo e a necessidade de expansão dos terminais de passageiros, área do pátio de estacionamento de aeronaves e pista de pouso e decolagem são os principais gargalos da aviação civil brasileira. Nesta dissertação, saturação da infraestrutura aeroportuária, é entendida como um subdimensionamento da infraestrutura instalada nos aeroportos em função da demanda crescente por transporte aéreo, deixando o sistema sensível a perturbações provocadas por atrasos devido às condições meteorológicas ou por qualquer outro motivo e tendo como principal consequência o congestionamento dos aeroportos que já operam em nível de saturação. Portanto,

saturação ou congestionamento da infraestrutura aeroportuária será entendido, neste contexto, como uma maximização da produção aeroportuária, isto é, movimentação de aeronaves e processamento de passageiros e carga aérea mantendo-se o mesmo nível da capacidade de infraestrutura. Neste trabalho, os componentes da infraestrutura aeroportuária disponíveis para processar a produção aeroportuária serão utilizados no modelo DEA para avaliação do nível de saturação da infraestrutura dos aeroportos brasileiros.

2.2 EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE AEROPORTUÁRIA

A produção aeroportuária é composta por processos que geram receitas aeronáuticas e comerciais. As receitas aeronáuticas são compostas pelas tarifas de embarques, de pouso, de permanência e auxílios de navegação aérea. Os componentes das receitas comerciais são armazenagem e capatazia de cargas aéreas, concessão de áreas e exploração de serviços. Portanto, os aeroportos como qualquer outra atividade empresarial pode ser analisada utilizando-se de múltiplos *outputs* (resultados e produção) e múltiplos *inputs* (recursos e insumos).

Segundo Graham (2005) a medida tradicional usada pelos gestores aeroportuários é a Unidade de Carga de Trabalho (WLU - *Work Load Unit*) que combina passageiros processados e carga transportada. Um WLU é igual a um passageiro embarcado, desembarcado ou em conexão ou 100 quilogramas de carga aérea transportada. A unidade de carga de trabalho é o principal indicador utilizado para medir produtividade e eficiência nos aeroportos em todo o mundo.

O conceito de eficiência utilizado neste trabalho é oriundo da Análise Envoltória de Dados, que é minimizar os *inputs* dado os *outputs* ou maximizar os *outputs* dado os *inputs*, através de uma relação ponderada entre os produtos e os

insumos. Portanto, o cálculo da eficiência pode ser orientado a *input* ou a *output*. Enquanto a produtividade corresponde à razão entre um *output* e um *input*.

A medição da produtividade permite comparar o desempenho dos aeroportos, somente, através de dois parâmetros, um *output* e um *input* e acompanhar a evolução da produtividade aeroportuária no tempo. Enquanto a medição da eficiência DEA permite uma avaliação do desempenho dos aeroportos com múltiplos *outputs* e *inputs*. A medição da produtividade e eficiência permite comparar os aeroportos em suas diferentes estruturas de governança, pública ou privada, que praticam as melhores práticas de gestão e prestam serviços de qualidade, identificando os aeroportos de referência e que deve servir de modelo para os demais.

Exemplos de indicadores de desempenho e produtividade utilizados nos aeroportos:

- Passageiros por empregado;
- Passageiros por metro quadrado do terminal de passageiros;
- Movimento de aeronaves por empregado;
- Movimento de aeronaves por área de pátio de estacionamento de aeronaves;
- Tonelagem de carga por empregado;
- Tonelagem de carga por área de terminal de carga;
- WLU por movimento de aeronaves;
- Receita operacional por empregado;
- Receita operacional por WLU;
- Despesas operacionais por WLU.

Os indicadores de produtividade e os índices de eficiência combinados potencializam a avaliação do desempenho aeroportuário tanto em produção quanto em qualidade dos serviços prestados pelas operadoras aeroportuárias.

Os aeroportos desenvolvem atividades semelhantes e comparáveis, e investigar as causas básicas porque uns são mais produtivos e eficientes que outros, é fundamental para o gestor aeroportuário tomar as decisões estratégicas no sentido de transformar aeroportos ineficientes em eficientes. O modelo DEA é uma ferramenta que além de medir a eficiência relativa de um conjunto de aeroportos permite informar aos gestores quais são as variáveis críticas e relevantes, sobre o controle da administração aeroportuária, que devem ser tratadas para melhorar e aumentar a produtividade e a eficiência.

Enfim, quando um aeroporto com determinada quantidade de insumos produz maior quantidade de produtos, isto representa que houve um ganho de eficiência e produtividade.

Neste trabalho, a eficiência operacional aeroportuária será medida com duas variáveis de *inputs*: Efetivo, que corresponde à força de trabalho, que é composta pelos funcionários do próprio aeroporto mais os terceirizados, e as despesas operacionais (DOP). E como resultado das atividades aeroportuárias dois *outputs*: receitas operacionais (ROP) e unidade de carga de trabalho (WLU).

As receitas aeroportuárias têm origem em receita aeronáutica ou tarifária e receitas comerciais ou não tarifárias e que compõem as receitas operacionais. As receitas tarifárias são regulamentadas pela ANAC e as comerciais são determinadas pela lei da oferta e da demanda. As despesas operacionais são compostas por despesas com pessoal (salários, encargos, benefícios e formação profissional),

material de consumo, serviços de terceiros (serviços contratados e despesas gerais) e serviços públicos.

2.3 ANTECEDENTES

Esta pesquisa foi inspirada em trabalhos científicos sobre eficiência e desempenho desenvolvidos por diversos pesquisadores em todo o mundo com foco em aeroportos. Nos parágrafos seguintes são citados alguns trabalhos que aplicaram a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) para análise da eficiência relativa dos aeroportos. A diferença básica de um estudo para o outro são: as escolhas das múltiplas variáveis de *inputs* e de *outputs*; do retorno de escala do modelo DEA, constante ou variável, e orientação dos modelos para minimização dos *inputs* ou maximização dos *outputs*.

Gillen e Lall (1997) desenvolveram medidas de desempenho e produtividade com a aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) e o Fator de Produtividade Total em 21 aeroportos americanos. A análise se baseou na melhoria da gestão do lado ar (composta pelas pistas de pouso e decolagem e pátio de estacionamento de aeronaves) e lado terra (terminais de passageiros e estacionamento de veículos). A análise dos índices de desempenho foi construída com múltiplos *inputs* e *outputs* para análise dos terminais e do lado ar do aeroporto.

Martín e Román (2001) aplicaram a ferramenta DEA para analisar a eficiência técnica e o desempenho dos aeroportos espanhóis antes de um processo de privatização. Foram implementados os modelos clássicos DEA orientado a *output*. As variáveis de *inputs* foram custos de mão de obra, custo de capital e custos de materiais; e as variáveis de *outputs* foram número de passageiros embarcados, desembarcados e em conexão, carga em toneladas e quantidade de movimento de

aeronaves. Os resultados da análise de eficiência serviram de base para obtenção de algumas considerações políticas antes do processo de privatização e concessão do sistema aeroportuário da Espanha administrado pela estatal AENA.

Fernandes e Pacheco (2002) analisaram a eficiência de 35 aeroportos brasileiros no processamento de passageiros. O modelo DEA-BCC, com retorno variável de escala orientado a *output*, foi utilizado para avaliação da capacidade dos terminais de passageiros com a demanda atual. Os autores afirmaram que conhecendo a melhor relação entre a infraestrutura e a produção aeroportuária é possível prever a necessidade de ampliação e melhoria do complexo aeroportuário e contemplar futuros cenários de demanda. O modelo utiliza como variável de *inputs*: área do pátio de estacionamento de aeronaves, área da sala de embarque, número de *check in*, comprimento do meio fio em frente do terminal de passageiros, número de vagas no estacionamento de veículos e área de desembarque; e com variável de *output* número de passageiros embarcado, desembarcado e em conexão.

Barros e Dieke (2007) avaliaram os desempenhos financeiros e operacionais dos aeroportos italianos, no período 2001-2003, aplicando quatro modelos de Análise de Envoltória de Dados (DEA). Concluindo que os maiores aeroportos em produção de WLU e os aeroportos totalmente privatizados são os mais eficientes e que o modelo DEA-BCC, com retorno variável de escala, é o mais indicado para medição da eficiência dos aeroportos italianos.

Ablanedo-Rosas e Gemoets (2010) analisaram o desempenho operacional de 37 aeroportos mexicano por meio dos modelos clássicos DEA. Foram realizados três análises nos escores de eficiência: 1) Retorno Constante de Escala; 2) Retorno Variável de Escala; e 3) Eficiência de Escala. As variáveis de *inputs* foram número de

operações por hora e passageiros por hora. As variáveis de *outputs* foram movimentos de aeronaves, passageiros e carga.

Curi, Gitto e Mancuso (2010) analisaram os impactos das ações do governo italiano nos diversos modelos de configuração de concessão das atividades aeroportuárias com controle público ou privado, no período de transição de 2001 a 2003. O estudo avaliou a eficiência com retorno constante de escala dos 36 aeroportos italianos e concluiu que os aeroportos com controle do estado eram mais eficientes do que os controlados pela iniciativa privada.

Tovar e Martín-Cejas (2010) contribuíram para a literatura de *benchmarking* de aeroportos usando uma técnica paramétrica para medição da produtividade dos aeroportos espanhóis e apresentaram um resumo das principais medidas de *outputs* e *inputs* no estudo de desempenho aeroportuário.

Curi, Gitto e Mancuso (2011) utilizaram o procedimento DEA *bootstrapped* para determinar a eficiência operacional e financeira de 18 aeroportos italianos no período de 2000-2004. O modelo operacional mediu a eficiência na habilidade de gerenciar as atividades do lado ar e o modelo financeiro mediu a eficiência de retorno de todo o negócio aeroportuário. As variáveis de *inputs* foram número de funcionários, número de pista de pouso e decolagem, área do pátio de estacionamento de aeronaves, área do sítio aeroportuário, despesas com mão de obra e despesas operacionais; e as variáveis de *outputs* foram movimento de aeronaves, passageiros, carga, receita aeronáutica e receita comercial.

Marques (2011) analisou a produtividade e eficiência dos aeroportos portugueses com a aplicação dos modelos clássicos DEA orientado a *output*. O modelo tem quatro variáveis de *inputs*: número de portão de embarque, área do terminal de passageiros, número de pista de pouso e decolagem e número de

empregados; e três variáveis de *outputs*: movimento de aeronaves, passageiros e carga. Concluindo que a principal operadora dos aeroportos portugueses (ANA) opera com produtividade e eficiência abaixo da média global dos aeroportos.

Tsekeris (2011) avaliou o desempenho dos aeroportos gregos com os modelos clássicos DEA orientado a *output* seguido por uma técnica estatística de *bootstrapping*. As variáveis de *inputs* foram número de pista de pouso e decolagem, área do terminal de passageiros, área do pátio de estacionamento de aeronaves e horas de funcionamento do aeroporto. As variáveis de *outputs* foram passageiros, carga e movimento de aeronaves. A análise mostrou a importância da sazonalidade na demanda sobre o desempenho dos aeroportos e a relevância da localização e tamanho na eficiência dos aeroportos gregos.

A diferença básica desta pesquisa para os estudos citados acima estão nas escolhas dos modelos clássicos DEA com retorno variável de escala e orientado para *input* no modelo de eficiência operacional e orientado para *output* no modelo de saturação da infraestrutura aeroportuária, e a principal diferença está na escolha das múltiplas variáveis de *inputs* e de *outputs* para os modelos propostos.

2.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) é uma técnica de medição de eficiência relativa. O modelo DEA utiliza o conceito de eficiência de Farrell (1957) e foi proposto por Charnes *et al.* (1978) que também introduziu o termo de unidades tomadoras de decisão (DMU – *Decision Making Units*), que é uma unidade de produção que converte *inputs* em *outputs*. As DMU's podem ser uma empresa ou firma, com *inputs* e *outputs* em comuns, variando somente na quantidade e intensidade. Neste trabalho, uma DMU corresponde a um

aeroporto. A eficiência de uma DMU é obtida pela razão ponderada entre os *outputs* e os *inputs* e sujeito a condição de que as razões das DMU's seja menor ou igual a unidade.

A Análise por Envoltória de Dados é uma metodologia que usa programação linear na determinação da eficiência relativa para comparar as Unidades Tomadora de Decisão.

Os modelos clássicos DEA são:

- a) Modelo CCR – nome formado pelas iniciais dos autores (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) e utiliza retornos constantes de escala.
- b) Modelo BCC – nome em homenagem aos autores (Banker, Charnes e Cooper, 1984) e utiliza retornos variáveis de escala.

A DEA é conhecida como modelo de envelope tem como interpretação geométrica uma fronteira linear (modelo CCR) ou composta por segmentos lineares (modelo BCC). As DMU's situadas na fronteira são eficientes e as localizadas abaixo da fronteira de eficiência são as DMU's ineficientes. A Figura 2.1 mostra as fronteiras CCR e BCC, para um modelo DEA bidimensional (1 *input* e 1 *output*). As DMU's A, B, C e D têm eficiências BCC; as DMU's B e C têm eficiência tanto CCR quanto BCC. As DMU's E e F são ineficientes em ambos os modelos. Observa-se também que as DMU's eficientes no modelo CCR são eficientes no modelo BCC.

Na Figura 2.1, observa-se que o segmento \overline{AB} apresenta retorno crescente de escala, isto é, um aumento no *input*(x) causa um aumento proporcionalmente maior no *output*(y). O segmento \overline{BC} apresenta retorno constante de escala, isto é, um aumento de *input*(x) produz um aumento proporcional no *output*(y). O segmento \overline{CD}

apresenta retornos decrescentes de escala, pois, um aumento de *input*(x) produz um aumento menor, proporcionalmente no *output*(y).

Conforme Charnes *et al.* (1981), o cálculo da eficiência relativa no modelo DEA, busca-se maximizar ou minimizar a relação entre *output* e *input*, dependendo da orientação. Os modelos clássicos DEA, além de terem retornos constantes ou variáveis de escala, podem ser orientados a *input* ou *output*. Quando o modelo é orientado a *input* busca-se minimizar as variáveis de *inputs* mantendo inalteradas as variáveis de *outputs*, e no modelo orientado *output*, busca-se maximizar os *outputs* mantendo-se no mesmo nível os *inputs*.

A Figura 2.1 compara as superfícies de envelopamento dos Modelos CCR e BCC que constituem as respectivas fronteiras de eficiência e ilustra a decomposição da eficiência CCR em um exemplo com um *input* e um *output*.

Segundo Belloni (2000), a comparação entre os modelos CCR e BCC distingue-se pelas superfícies de envelopamento distintas. A superfície de envelopamento do modelo BCC é menor em função da convexidade formada pelos segmentos lineares com retornos de escala crescente, constante e decrescente, já o modelo CCR é uma função linear com somente retorno constante de escala e engloba toda a superfície BCC. A diferença entre os modelos DEA's está nas hipóteses de retorno variável de escala (BCC) e retorno constante de escala (CCR). Em consequência, o indicador de eficiência BCC é maior ou igual ao indicador de eficiência CCR e a diferença entre eles estão associada à escala de operação das DMU's.

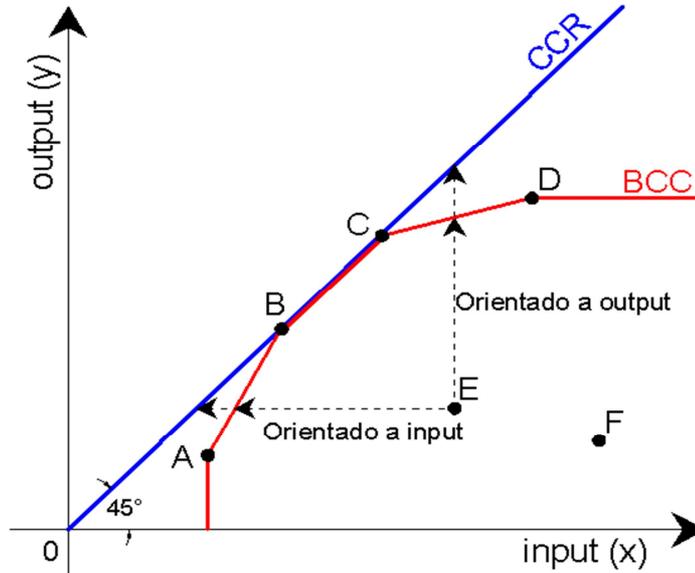


Figura 2.1 – Fronteira de Eficiência DEA com Retorno Constante de Escala (CCR) e Retorno Variável de Escala (BCC)

2.4.1 Modelo CCR

O Modelo CCR original, apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), foi concebido com retorno constante de escala, isto é, qualquer variação nos *inputs* produz variação na mesma proporção nos *outputs*.

Quando as unidades de produção possuem múltiplos *inputs* e *outputs*, o conceito de eficiência DEA é complexo e a medida de eficiência é calculada como a razão da soma ponderada dos *outputs* pela soma ponderada dos *inputs*.

A formulação matemática do Modelo CCR de Charnes *et al.* (1978) é:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2.1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s.$$

Onde:

h_0 – eficiência da DMU ₀	r – número de <i>outputs</i>
u_r – peso atribuído ao <i>output</i> r	i – número de <i>inputs</i>
v_i – peso atribuído ao <i>input</i> i	j – número de DMU's
y_{rj} – <i>output</i> r da DMU _{j}	y_{r0} – <i>output</i> r da DMU ₀
x_{ij} – <i>input</i> i a DMU _{j}	x_{i0} – <i>input</i> i da DMU ₀

O modelo através de programação linear busca a eficiência relativa para um conjunto de DMU's através da relação ponderada entre *outputs* e *inputs* para cada DMU.

O Modelo CCR mostra resultados de eficiência idênticos tanto orientados a *input* quanto a *output*. Neste trabalho, a simulação da eficiência relativa do modelo DEA, foi executada pelo *software Frontier Analyst®*, comercializado pela *Banxia Software Ltd.*

2.4.2 Modelo BCC

O modelo BCC apresentado por Banker *et al.* (1984), recebeu este nome em homenagem aos seus idealizadores Banker, Charles e Cooper. A grande contribuição deste modelo foi a introdução do retorno variável de escala, que pode ser crescente, constante ou decrescente dependendo da proporcionalidade das variáveis de *inputs* e *outputs*. Os escores de eficiência variam de 0 a 1, dependendo da adição da variável u_0 no modelo orientado aos *inputs* e a variável v_0 no modelo orientado aos *outputs*.

I. Modelo BCC orientado a *input* é expresso da seguinte forma:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2.2)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad \forall j, \quad u_r, v_i \geq 0,$$

e u_0 independe de sinal.

Onde:

h_0 – eficiência da DMU₀

u_r – peso atribuído ao *output* r

v_i – peso atribuído ao *input* i

y_{rj} – *output* r da DMU_j

x_{ij} – *input* i para a DMU_j

r – número de *outputs*

i – número de *inputs*

j – número de DMU's

y_{r0} – *output* r da DMU₀

x_{i0} – *input* i da DMU₀

u_0 – variável BCC orientado a *input*

A variável u_0 representa os retornos variáveis de escala, isto é, $u_0 > 0$ retorno crescente de escala, $u_0 = 0$ retorno constante de escala e $u_0 < 0$ retorno decrescente de escala. Na equação (2.2), o sinal negativo antes u_0 é para atender a condição do modelo BCC orientado a *input*.

II. Modelo BCC orientado a *output* é:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0} \quad (2.3)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v_0} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad \forall j, \quad u_r, v_i \geq 0,$$

e v_0 independe de sinal.

Onde:

h_0 – eficiência da DMU₀

u_r – peso atribuído ao *output* r

v_i – peso atribuído ao <i>input</i> i	j – número de DMU's
y_{rj} – <i>output</i> r da DMU $_j$	y_{r0} – <i>output</i> r da DMU $_0$
x_{ij} – <i>input</i> i para a DMU $_j$	x_{i0} – <i>input</i> i da DMU $_0$
r – número de <i>outputs</i>	v_0 – variável BCC orientado a <i>output</i>
i – número de <i>inputs</i>	

A variável v_0 representa os retornos variáveis de escala, isto é, $v_0 > 0$ retorno decrescente de escala, $v_0 = 0$ retorno constante de escala e $v_0 < 0$ retorno crescente de escala. Na equação (2.3), o sinal positivo antes v_0 é para atender a condição do modelo BCC orientado a *output*.

3 UMA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS AEROPORTOS BRASILEIROS

Neste capítulo são definidos os critérios para seleção da amostra dos aeroportos brasileiros a serem analisados e das variáveis de *inputs* e *outputs* para aplicação na Análise Envoltória de Dados.

3.1 SELEÇÃO DOS AEROPORTOS BRASILEIROS

Na Tabela 3.1 é apresentada a amostra dos principais aeroportos brasileiros selecionados com os seus respectivos código, composto por três letras maiúsculas, da Associação Internacional de Transportes Aéreos - IATA (*International Air Transport Association*).

O critério utilizado na escolha das DMU's foram os 23 maiores aeroportos brasileiros em unidade de carga de trabalho (WLU), em 2012. A Tabela 3.1 apresenta os aeroportos selecionados e classificados em ordem decrescente de WLU. Esta amostra representa 91,54%, da produção aeroportuária da principal operadora de aeroportos do Brasil, em 2012, destes aeroportos somente Santos Dumont e Congonhas não possuem terminais de carga e o aeroporto de São Luiz teve as despesas operacionais maiores que as receitas.

Para a aplicação do modelo DEA, além das escolhas das DMU's, é necessário escolher as variáveis de *inputs* e *outputs*, para os modelos de eficiência operacional e saturação da infraestrutura aeroportuária. Os modelos utilizados nesta dissertação foram orientados tanto para minimização dos *inputs* utilizados mantendo inalterados os *outputs*, quanto orientados para maximização dos *outputs*, sem incorrer em aumentos nos níveis dos *inputs* das DMU's. Neste trabalho foram

utilizados modelos com retorno constante de escala (CCR) e com retorno variável de escala (BCC).

Tabela 3.1 - Classificação dos aeroportos em função da Unidade de Carga de Trabalho (WLU) - 2012

	AEROPORTOS	Cod. IATA	WLU (mil)
1º	Guarulhos	GRU	32.448,4
2º	Galeão	GIG	18.285,6
3º	Congonhas	CGH	16.775,8
4º	Brasília	BSB	14.617,8
5º	Confins	CNF	10.397,3
6º	Viracopos	VCP	10.257,9
7º	Santos-Dumont	SDU	8.960,3
8º	Salvador	SSA	8.684,1
9º	Porto Alegre	POA	8.610,5
10º	Curitiba	CWB	7.269,0
11º	Recife	REC	6.794,0
12º	Fortaleza	FOR	6.163,9
13º	Manaus	MAO	4.859,1
14º	Vitória	VIX	3.699,0
15º	Florianópolis	FLN	3.414,2
16º	Belém	BEL	3.392,0
17º	Goiânia	GYN	3.113,8
18º	Cuiabá	CGB	2.846,2
19º	Natal	NAT	2.711,2
20º	São Luiz	SLZ	1.992,4
21º	Foz de Iguaçu	IGU	1.747,1
22º	Maceió	MCZ	1.712,2
23º	Campo Grande	CGR	1.691,3
	Total da amostra		180.442,9
	INFRAERO - 2012		197.111,9
	Percentual		91,54%

Fonte: www.infraero.gov.br

3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DE *INPUTS* E *OUTPUTS*

Como o modelo DEA permite a utilização de múltiplas variáveis de *inputs* e de *outputs*, então o critério de seleção utilizado nesta dissertação, foi a utilização de variáveis utilizadas nos indicadores de desempenho e produtividade aeroportuária e que tenham uma relação de causa-efeito entre as variáveis de *inputs* e de *outputs*. O

processo de escolha das variáveis foi validado através de análise de correlação linear entre as variáveis de *inputs* e *outputs*.

Na análise da eficiência relativa foram utilizados os modelos clássicos DEA, com retorno constante de escala (CCR) e com retorno variável de escala (BCC), orientados a *input* e a *output*. As variáveis de *inputs* são:

- 1) Efetivo – soma dos funcionários da operadora do aeroporto mais os funcionários terceirizados.
- 2) DOP – despesas operacionais do aeroporto, em milhões de reais.
- 3) TMAL – soma das áreas dos terminais de passageiros e de carga, em m².
- 4) APA – área do pátio de estacionamento de aeronaves, em m².
- 5) PPD – área da pista de pouso e decolagem, em m².

E as variáveis de *outputs*:

- 1) WLU – unidade de carga de trabalho que é igual 1 passageiro ou 100 quilograma de carga de aérea.
- 2) ROP – receitas operacionais, em milhões de reais.
- 3) Movaer – quantidade de movimento de aeronaves em pouso e decolagem.

Neste trabalho são propostos dois modelos um para medir a eficiência operacional e outro para avaliar o nível de saturação da infraestrutura aeroportuária.

Os dados de *inputs* e de *outputs* para modelagem e simulação da eficiência operacional são apresentados na Tabela 3.2, e da saturação da infraestrutura aeroportuária na Tabela 3.3, para o período de 2011-2012.

Tabela 3.2 - Dados de *inputs* e *outputs* para o Modelo de Eficiência Operacional, 2011-2012

	<i>inputs</i>				<i>outputs</i>			
			R\$ milhões		R\$ milhões		mil	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Aeroportos	Efetivo	Efetivo	DOP	DOP	ROP	ROP	WLU	WLU
Guarulhos	5.060	3.285	374,83	368,90	900,07	1.035,59	33.788,4	32.448,4
Galeão	4.233	4.401	313,13	359,85	402,36	534,48	15.831,6	18.285,6
Congonhas	1.475	1.493	95,47	109,60	237,50	267,22	16.756,5	16.775,8
Brasília	1.541	1.372	113,09	113,74	183,84	200,35	15.486,2	14.617,8
Confins	1.232	1.196	87,06	98,35	138,68	171,01	9.809,5	10.397,3
Viracopos	2.641	988	179,81	171,91	313,38	343,21	10.509,4	10.257,9
Santos-Dumont	969	1.240	85,52	92,71	124,96	161,84	8.515,0	8.960,3
Salvador	900	864	65,85	71,19	120,87	139,90	8.548,0	8.684,1
Porto Alegre	1.258	1.373	76,14	88,01	128,72	164,44	8.236,5	8.610,5
Curitiba	810	1.001	51,10	63,03	122,83	145,16	7.391,1	7.269,0
Recife	1.158	938	69,71	78,48	98,92	119,58	6.763,8	6.794,0
Fortaleza	777	810	47,76	54,88	77,10	92,58	5.834,5	6.163,9
Manaus	1.311	873	74,78	79,85	118,74	145,27	4.854,8	4.859,1
Vitória	485	568	37,04	43,43	48,50	54,74	3.240,2	3.699,0
Florianópolis	502	412	29,90	34,81	45,49	63,87	3.131,9	3.414,2
Belém	619	453	39,60	42,99	41,90	51,31	3.023,1	3.392,0
Goiânia	434	408	29,48	32,91	45,85	48,13	2.867,6	3.113,8
Cuiabá	267	309	20,80	24,11	25,14	32,39	2.599,1	2.846,2
Natal	352	389	27,78	31,15	34,73	39,76	2.625,2	2.711,2
São Luiz	334	217	23,68	23,88	15,94	19,47	1.846,7	1.992,4
Foz de Iguaçu	242	291	16,18	19,09	19,67	22,20	1.693,6	1.747,1
Maceió	408	237	20,46	22,75	19,18	24,34	1.550,1	1.712,2
Campo Grande	391	309	16,62	20,11	17,10	21,72	1.528,7	1.691,3

Fonte: INFRAERO

No Modelo de Eficiência operacional as variáveis de *inputs* são Efetivo e as despesas operacionais (DOP) que representam os custos de pessoal, de material de consumo, de serviços de terceiros e de serviços públicos. As variáveis de *outputs* são as receitas operacionais (ROP) e a unidade de carga de trabalho (WLU=1passageiro + 100 kg de carga). Neste modelo assume-se retorno variável de escala (BCC), pois a análise de eficiência abrangem aeroportos de diversos portes. Este modelo é orientado a *input*, isto é, busca-se minimizar as despesas operacionais e o efetivo mantendo inalterados os *outputs*, isto é, unidade de carga de trabalho e as receitas operacionais.

Tabela 3.3 - Dados de *inputs* e *outputs* para o Modelo de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária, 2011-2012

Aeroportos	<i>inputs</i>			<i>outputs</i> (x1.000)			
	TMAL (m ²)	PPD (m ²)	APA (m ²)	2011	2012	2011	2012
				Movaer	Movaer	WLU	WLU
Guarulhos	255.402	301.500	468.110	270,6	251,6	33.788,4	32.448,4
Galeão	329.181	297.660	712.895	139,4	154,3	15.831,6	18.285,6
Congonhas	64.579	138.375	77.321	209,3	213,2	16.756,5	16.775,8
Brasília	93.047	292.500	178.799	189,6	179,6	15.486,2	14.617,8
Confins	63.094	135.000	85.000	108,1	120,1	9.809,5	10.397,3
Viracopos	106.643	145.800	86.978	100,0	105,5	10.509,4	10.257,9
Santos-Dumont	70.303	93.366	30.132	129,6	135,4	8.515,0	8.960,3
Salvador	70.857	203.625	128.810	126,0	121,6	8.548,0	8.684,1
Porto Alegre	59.609	95.760	142.750	99,6	96,7	8.236,5	8.610,5
Curitiba	57.000	180.675	32.830	94,1	89,0	7.391,1	7.269,0
Recife	58.125	148.500	139.616	83,6	83,0	6.763,8	6.794,0
Fortaleza	40.500	114.525	52.990	65,9	65,4	5.834,5	6.163,9
Manaus	57.487	121.500	124.100	56,3	57,6	4.854,8	4.859,1
Vitória	7.500	78.750	44.400	57,3	63,8	3.240,2	3.699,0
Florianópolis	10.303	171.000	21.735	49,1	56,1	3.131,9	3.414,2
Belém	34.325	208.350	107.660	51,7	54,8	3.023,1	3.392,0
Goiânia	8.890	112.500	11.000	70,1	71,0	2.867,6	3.113,8
Cuiabá	3.643	103.500	38.600	57,1	60,1	2.599,1	2.846,2
Natal	12.318	280.125	74.000	30,3	28,1	2.625,2	2.711,2
São Luiz	8.700	173.205	66.422	27,9	30,4	1.846,7	1.992,4
Foz de Iguaçu	17.070	98.775	58.936	20,4	19,9	1.693,6	1.747,1
Maceió	22.250	117.090	56.143	20,2	20,1	1.550,1	1.712,2
Campo Grande	7.371	117.000	44.224	31,0	30,3	1.528,7	1.691,3

Fonte: INFRAERO

A McKinsey & Company (2010), em um estudo do setor de transporte aéreo do Brasil, analisou as limitações da infraestrutura brasileira, sendo que grande ênfase foi dada na falta de capacidade dos aeroportos brasileiros. Conforme o estudo em questão, o crescimento expressivo da demanda por transporte aéreo não foi acompanhado, no mesmo ritmo, pelo desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária.

No Modelo de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária tem como *inputs* as áreas dos terminais de passageiros e carga (TMAL), área pista de pouso e decolagem (PPD) e área do pátio de estacionamento de aeronaves (APA). As variáveis de *outputs* são as quantidades de movimento de aeronaves em processo de pouso e decolagem mais a produção aeroportuária em unidade de carga de

trabalho. Este modelo foi suposto orientado a *output*, já que a expectativa é de crescimento da produção aeroportuária e com retorno variável de escala (BCC), já que a análise de eficiência engloba aeroportos com diferentes portes. O modelo proposto busca maximizar os resultados da produção aeroportuária mantendo inalterada a capacidade da infraestrutura instalada.

Na matriz de correlação Tabela 3.4 considera-se como fatores de relacionamento entre as variáveis as seguintes faixas: 0 a 0,40 – baixa correlação; 0,41 a 0,80 – média correlação e entre 0,81 a 1,00 – alta correlação.

As variáveis de *inputs* e de *outputs* foram definidas em função da importância para gestão aeroportuária e da relação causa-efeito entre as variáveis. A Tabela 3.4, apresenta as correlações lineares entre as variáveis utilizadas nos modelos de eficiência operacional e de saturação da infraestrutura aeroportuária.

No modelo de eficiência operacional a correlação entre as variáveis de *inputs* e *outputs* são positivas e altas, indicando uma relação nexa causal. Já no modelo de saturação da infraestrutura aeroportuária a correlação entre as variáveis *inputs* e *outputs* são positivas e variam entre baixa e alta.

Tabela 3.4 - Matriz de correlação entre as variáveis de *inputs* e *outputs* – 2012

		<i>inputs</i>					<i>outputs</i>		
		Efetivo	DOP	TMAL	PPD	APA	WLU	ROP	Movaer
<i>inputs</i>	Efetivo	1							
	DOP	0,96	1						
	TMAL	0,98	0,98	1					
	PPD	0,58	0,60	0,63	1				
	APA	0,93	0,91	0,95	0,67	1			
<i>outputs</i>	WLU	0,85	0,90	0,84	0,57	0,72	1		
	ROP	0,85	0,94	0,87	0,56	0,77	0,95	1	
	Movaer	0,75	0,76	0,71	0,46	0,56	0,94	0,80	1

Elaborado pelo autor

4 APLICAÇÃO DO MODELO DEA

O objetivo deste capítulo é apresentar a análise do resultados dos modelos de eficiência operacional e de saturação da infraestrutura aeroportuária através da ferramenta Análise Envoltória de Dados.

4.1 MODELO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL

Para o cálculo da eficiência operacional foi utilizado o modelo DEA com retorno variável de escala (BCC), orientado a *input*. As variáveis de *inputs* são o Efetivo e as despesas operacionais (DOP) e as variáveis de *outputs* são as receitas operacionais (ROP) e a unidade de carga de trabalho (WLU). Na análise da eficiência BCC orientado a *input*, busca-se minimizar os *inputs* mantendo inalterados os *outputs*. Conforme mostra os resultados na Tabela 4.1, em 2011, cinco aeroportos foram eficientes e em 2012 sete, constatando um melhora na gestão dos recursos.

No período de 2011-2012, conforme Tabela 4.1, os aeroportos com variação de eficiência BCC acima da média (6,14%), foram: Viracopos, São Luiz, Belém, Maceió, Florianópolis, Manaus, Porto Alegre, Recife, Brasília e Confins. Os aeroportos com variação negativa da eficiência BCC foram: Santos-Dumont, Vitória, Natal, Campo Grande, Galeão e Curitiba. Os aeroportos com eficiência operacional no período foram Guarulhos, Congonhas, Cuiabá e Foz de Iguaçu.

A eficiência média da amostra dos aeroportos estudados aumentou de 82,58% em 2011 para 87,98% em 2012. Constando uma redução de despesas operacionais no conjunto dos aeroportos analisados.

Tabela 4.1 - Variação da Eficiência Operacional com Retorno Variável de Escala (BCC), período 2011-2012

Aeroporos	2012	2011	Var %
	BCC	BCC	
Belém	77,60%	60,30%	22,29%
Brasília	95,20%	88,70%	6,83%
Cuiabá	100,00%	100,00%	0,00%
Congonhas	100,00%	100,00%	0,00%
Campo Grande	95,00%	97,40%	-2,53%
Confins	79,20%	73,90%	6,69%
Curitiba	99,90%	100,00%	-0,10%
Florianópolis	98,60%	83,40%	15,42%
Fortaleza	82,60%	79,40%	3,87%
Galeão	54,70%	55,10%	-0,73%
Guarulhos	100,00%	100,00%	0,00%
Goiânia	88,50%	88,50%	0,00%
Foz de Iguaçu	100,00%	100,00%	0,00%
Manaus	77,10%	66,50%	13,75%
Maceió	100,00%	79,10%	20,90%
Natal	84,60%	90,80%	-7,33%
Porto Alegre	79,70%	71,00%	10,92%
Recife	70,50%	63,50%	9,93%
Santos-Dumont	75,10%	85,60%	-13,98%
São Luiz	100,00%	73,70%	26,30%
Salvador	92,60%	89,80%	3,02%
Viracopos	100,00%	71,20%	28,80%
Vitória	72,70%	81,40%	-11,97%
mínimo	54,70%	55,10%	-0,73%
média	87,98%	82,58%	6,14%
máximo	100,00%	100,00%	0,00%
DMU ef	7	5	28,57%

Elaborado pelo autor

Na Figura 4.1 foram plotados os escores de eficiência BCC e dividido em quatro zonas pela eficiência média de 2011 e 2012.

1. Na zona de eficiência estão os aeroportos com eficiência BCC acima da média tanto em 2011 quanto em 2012: Guarulhos, Congonhas, Curitiba, Brasília, Salvador, Campo Grande, Goiânia, Florianópolis, Cuiabá e Foz de Iguaçu. Aeroportos com desempenho acima média.

2. Na zona de ganho de eficiência estão os aeroportos com eficiência BCC acima da média em 2012 e abaixo da média em 2011: Maceió, São Luiz e Viracopos.
3. Na zona de ineficiência estão os aeroportos com eficiência BCC abaixo de média tanto em 2011 quanto em 2012: Galeão, Recife, Belém, Manaus, Porto Alegre, Confins, Fortaleza e Vitória.
4. Na zona de perda de eficiência estão os aeroportos com eficiência BCC abaixo da média em 2012 e acima da média em 2011: Santos Dumont e Natal.

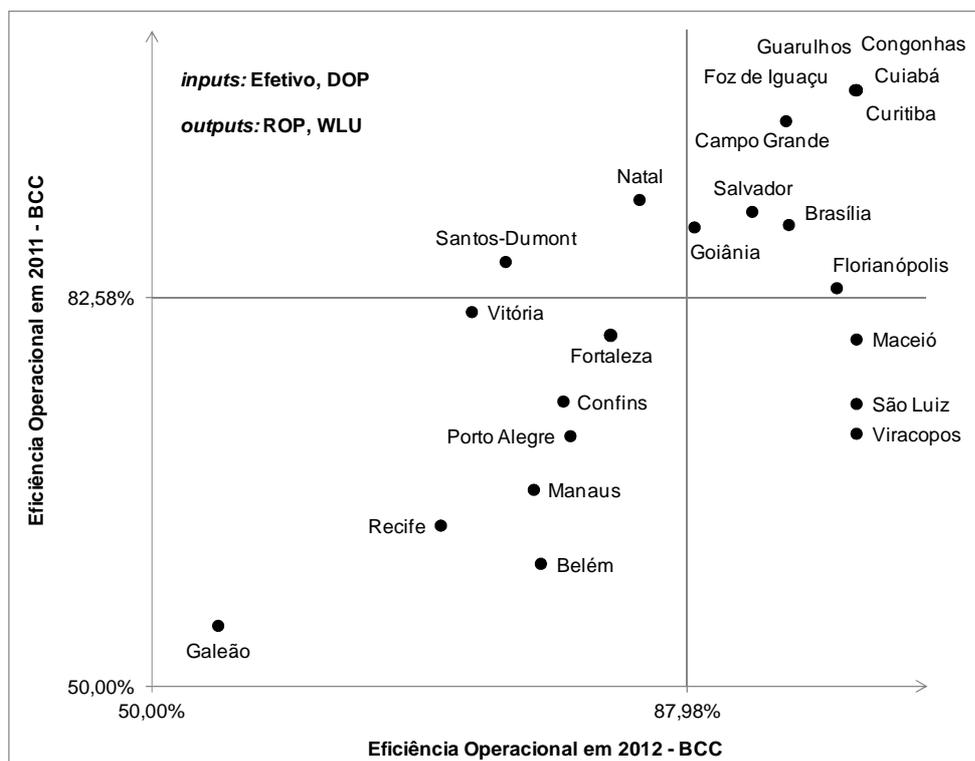


Figura 4.1 – Evolução da Eficiência Operacional no período de 2011-2012

A medição da eficiência operacional dos maiores aeroportos brasileiros, período 2011-2012, foi realizada com *software Frontier Analyst®* e foram calculados as eficiências com retorno constante de escala (CCR) e retorno variável de escala (BCC). Apesar da análise está focada no modelo BCC orientado a *input*, o objetivo

do cálculo da eficiência CCR é para identificar os aeroportos que operam com eficiência de escala. Entende-se por eficiência de escala quando a razão da eficiência CCR com a eficiência BCC for igual a um. O modelo de retorno variável de escala (BCC) orientado *input* busca minimizar os *inputs*, Efetivo e despesas operacionais (DOP) mantendo inalterados os *outputs*, receitas operacionais (ROP) e a unidade de carga de trabalho (WLU). Nas Tabelas 4.2 e 4.3 são apresentados os escores de eficiência dos modelos CCR e BCC e o potencial de melhoria para tornar estes aeroportos eficientes. O potencial de melhoria representa a meta que as unidades aeroportuárias precisam atingir para se tornarem eficientes.

Tabela 4.2 - Eficiência Operacional com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) de Escala dos principais Aeroportos Brasileiros em 2011

Aeroportos	CCR	BCC	Potencial de melhoria em 2011 - BCC			
			Efetivo	DOP	ROP	WLU
Belém	43,50%	60,30%	-40,95%	-39,67%		
Brasília	88,50%	88,70%	-11,32%	-21,50%	18,82%	
Cuiabá	85,70%	100,00%				
Congonhas	100,00%	100,00%				
Campo Grande	52,40%	97,40%	-38,11%	-2,64%	15,02%	10,79%
Confins	70,10%	73,90%	-26,12%	-31,22%		
Curitiba	96,60%	100,00%				
Florianópolis	61,20%	83,40%	-23,44%	-16,58%		
Fortaleza	69,60%	79,40%	-27,26%	-20,58%		
Galeão	53,70%	55,10%	-44,86%	-44,86%		2,05%
Guarulhos	100,00%	100,00%				
Goiânia	64,10%	88,50%	-11,47%	-11,47%		17,48%
Foz de Iguaçu	61,60%	100,00%				
Manaus	63,80%	66,50%	-39,93%	-33,51%		47,60%
Maceió	43,20%	79,10%	-40,69%	-20,90%	2,55%	9,26%
Natal	65,60%	90,80%	-9,22%	-11,16%		12,03%
Porto Alegre	68,00%	71,00%	-32,57%	-29,02%		
Recife	57,00%	63,50%	-40,75%	-36,48%		
Santos-Dumont	79,50%	85,60%	-14,41%	-36,67%		
São Luiz	48,70%	73,70%	-26,28%	-28,38%	29,23%	
Salvador	83,60%	89,80%	-10,18%	-18,85%		
Viracopos	71,00%	71,20%	-28,82%	-28,82%		70,05%
Vitória	61,40%	81,40%	-18,55%	-18,55%		6,24%
mínimo	43,20%	55,10%	<i>in</i> : Efetivo, DOP			
média	69,08%	82,58%	<i>out</i> : ROP, WLU			
máximo	100,00%	100,00%				
DMU ef	2	5				

Elaborado pelo autor

Tabela 4.3 - Eficiência Operacional com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2012

Aeroportos	CCR	BCC	Potencial de melhoria em 2012 - BCC			
			Efetivo	DOP	ROP	WLU
Belém	66,60%	77,60%	-22,38%	-22,38%		
Brasília	94,80%	95,20%	-4,76%	-14,64%	15,32%	
Cuiabá	82,00%	100,00%				
Congonhas	100,00%	100,00%				
Campo Grande	55,00%	95,00%	-5,83%	-5,05%	2,21%	3,30%
Confins	77,60%	79,20%	-20,81%	-20,81%		
Curitiba	89,40%	99,90%	-23,36%	-0,14%		
Florianópolis	75,20%	98,60%	-1,40%	-1,40%		
Fortaleza	73,40%	82,60%	-22,29%	-17,36%		
Galeão	53,60%	54,70%	-57,54%	-45,33%		
Guarulhos	100,00%	100,00%				
Goiânia	67,90%	88,50%	-11,54%	-11,54%		
Foz de Iguaçu	59,80%	100,00%				
Manaus	65,50%	77,10%	-25,02%	-22,89%		12,69%
Maceió	64,30%	100,00%				
Natal	62,00%	84,60%	-15,44%	-15,44%		
Porto Alegre	73,30%	79,70%	-36,50%	-20,26%		
Recife	65,00%	70,50%	-29,45%	-29,45%		
Santos-Dumont	69,40%	75,10%	-28,14%	-24,91%		
São Luiz	81,70%	100,00%				
Salvador	89,50%	92,60%	-7,36%	-7,36%		
Viracopos	100,00%	100,00%				
Vitória	58,00%	72,70%	-27,29%	-27,29%		
mínimo	53,60%	54,70%	<i>in:</i> Efetivo, DOP			
média	74,96%	87,98%	<i>out:</i> ROP, WLU			
máximo	100,00%	100,00%				
DMU ef	3	7				

Elaborado pelo autor

Neste período, 2011-2012, houve aumento de eficiência média CCR de 69,08% para 74,96% e de eficiência média BCC de 82,58% para 87,98%. Houve aumento do número de aeroportos com eficiência BCC de cinco em 2011 para sete em 2012. O aeroporto do Galeão demonstrou o menor índice de eficiência tanto CCR quanto BCC e, em 2012, para se tornar eficiente deve reduzir o efetivo e as despesas operacionais em 57,54% e 45,33%, respectivamente.

O aeroporto de Viracopos, em 2012, tornou-se eficiente devido à redução das variáveis que depende da gestão aeroportuária, efetivo e despesas operacionais e aumento da unidade de carga de trabalho. Os aeroportos de Congonhas e Guarulhos são referência no período 2011-2012, pois além de eficientes operaram

com eficiência de escala. O Quadro 4.1 apresenta um resumo do modelo de eficiência operacional.

Quadro 4.1 – Resumo da Eficiência Operacional (2011-2012)

Modelo de Eficiência Operacional	Aeroportos - 2011	Aeroportos - 2012
1) Aeroportos com eficiências CCR e BCC	Congonhas e Guarulhos	Congonhas, Guarulhos e Viracopos
2) Aeroportos com eficiência BCC	Cuiabá, Congonhas, Curitiba, Guarulhos e Foz de Iguaçu	Cuiabá, Congonhas, Guarulhos, Foz de Iguaçu, Maceió, São Luiz e Viracopos
3) Aeroportos com eficiência CCR acima da média	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Confins, Curitiba, Fortaleza, Guarulhos, Santos-Dumont, Salvador e Viracopos	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Confins, Curitiba, Florianópolis, Guarulhos, São Luiz, Salvador, Viracopos
4) Aeroportos com eficiência BCC acima da média	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Campo Grande, Curitiba, Florianópolis, Guarulhos, Goiânia, Foz de Iguaçu, Natal, Santos-Dumont, Salvador	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Campo Grande, Curitiba, Florianópolis, Guarulhos, Goiânia, Foz de Iguaçu, Maceió, São Luiz, Salvador, Viracopos
5) Aeroportos com eficiências CCR e BCC acima da média	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Curitiba, Guarulhos, Santos-Dumont e Salvador	Brasília, Cuiabá, Congonhas, Curitiba, Florianópolis, Guarulhos, São Luiz, Salvador e Viracopos
6) Redução de Efetivo acima de 40%	Galeão, Belém, Maceió e Recife	Galeão
7) Redução de Despesas Operacionais acima de 30%	Galeão, Belém, Santos-Dumont, Recife, Confins, Manaus	Galeão
8) Aumento de Receita Operacional	São Luiz (29,23%), Brasília (18,82%), Campo Grande (15,02%), Maceió (2,55%)	Brasília (15,32%), Campo Grande (2,21%)
9) Aumento de WLU	Viracopos (70,05%), Manaus (47,60%) e Goiânia (17,48%)	Manaus (12,69%), Campo Grande (3,30%)

4.2 MODELO DE SATURAÇÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Uma das propostas deste trabalho é avaliar a capacidade da infraestrutura aeroportuária através do modelo DEA, tendo como referência o estudo McKinsey & Company (2010), que identificou a saturação da infraestrutura dos principais aeroportos brasileiros. Então os aeroportos com eficiência de infraestrutura, que maximizam os resultados mantendo o mesmo nível da infraestrutura são supostos saturados.

O modelo proposto supõe retorno variável de escala (BCC), pois a análise abrange aeroportos com diversos portes de produção de WLU e, também não há uma correlação linear forte entre as variáveis de *inputs* e *outputs*, isto é, a produção aeroportuária não é proporcional à capacidade da infraestrutura instalada e o movimento do aeroporto depende do desenvolvimento da economia onde está localizado o complexo aeroportuário. O modelo é orientado a *output*, pois os aeroportos operam com o objetivo de maximizar sua produção aeroportuária, isto é, processamento de passageiros, transporte de carga aérea e movimento de aeronaves. As variáveis de *inputs* são:

- Soma das áreas dos terminais de passageiros e carga, em m² (TMAL);
- Área do pátio de estacionamento de aeronaves, em m² (APA);
- Área da pista de pouso e decolagem, em m² (PPD).

As variáveis de *outputs* são:

- Movimentos de aeronaves em pouso e decolagem (Movaer);
- Unidade de carga de trabalho (WLU).

De acordo com a Tabela 4.4 observa-se que seis aeroportos mantiveram sua infraestrutura saturada. Os aeroportos saturados são Cuiabá, Congonhas, Guarulhos, Goiânia, Santos-Dumont e Vitória. O nível de saturação médio da infraestrutura no período 2011-2012 ficou próximo de 69%.

No período de 2011-2012, o aeroporto do Galeão teve a maior variação positiva (15,91%) no nível de saturação da infraestrutura significando um aumento na produção aeroportuária, no entanto, o aeroporto ainda possui potencial para crescer. Com o índice 61,60% de saturação em 2012, o Galeão pode planejar a expansão da infraestrutura conforme o crescimento da demanda.

Tabela 4.4 - Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária com Retorno Variável de Escala (BCC), período de 2011-2012

	2012	2011	
Aeroportos	BCC	BCC	Var %
Belém	40,00%	38,70%	3,25%
Brasília	82,00%	86,80%	-5,85%
Cuiabá	100,00%	100,00%	0,00%
Congonhas	100,00%	100,00%	0,00%
Campo Grande	45,70%	46,70%	-2,19%
Confins	64,50%	61,10%	5,27%
Curitiba	82,00%	86,80%	-5,85%
Florianópolis	91,50%	89,50%	2,19%
Fortaleza	59,80%	57,80%	3,34%
Galeão	61,60%	51,80%	15,91%
Guarulhos	100,00%	100,00%	0,00%
Goiânia	100,00%	100,00%	0,00%
Foz de Iguaçu	29,60%	30,20%	-2,03%
Manaus	36,10%	36,50%	-1,11%
Maceió	24,10%	22,40%	7,05%
Natal	56,10%	56,90%	-1,43%
Porto Alegre	96,30%	96,50%	-0,21%
Recife	44,40%	44,30%	0,23%
Santos-Dumont	100,00%	100,00%	0,00%
São Luiz	49,80%	48,90%	1,81%
Salvador	56,70%	59,60%	-5,11%
Viracopos	59,80%	61,20%	-2,34%
Vitória	100,00%	100,00%	0,00%
mínimo	24,10%	22,40%	7,05%
média	68,70%	68,51%	0,27%
máximo	100,00%	100,00%	0,00%
DMU sat	6	6	0,00%

Elaborado pelo autor

Na Figura 4.2 foram plotados as coordenadas do nível de saturação da infraestrutura aeroportuária, do período 2011-2012. Neste trabalho foi considerada a linha de corte o nível de saturação médio de 69%, acima deste valor, caracteriza os aeroportos na zona de saturação. Têm-se duas zonas distintas:

1. Na zona de saturação estão situados dez aeroportos: Cuiabá, Congonhas, Guarulhos, Goiânia, Santos-Dumont, Vitória, Porto Alegre, Florianópolis, Brasília e Curitiba.
2. Na zona de folga estão situados treze aeroportos: Maceió, Foz de Iguaçu, Manaus, Belém, Recife, Campo Grande, São Luiz, Natal, Fortaleza, Galeão, Salvador, Viracopos e Confins.

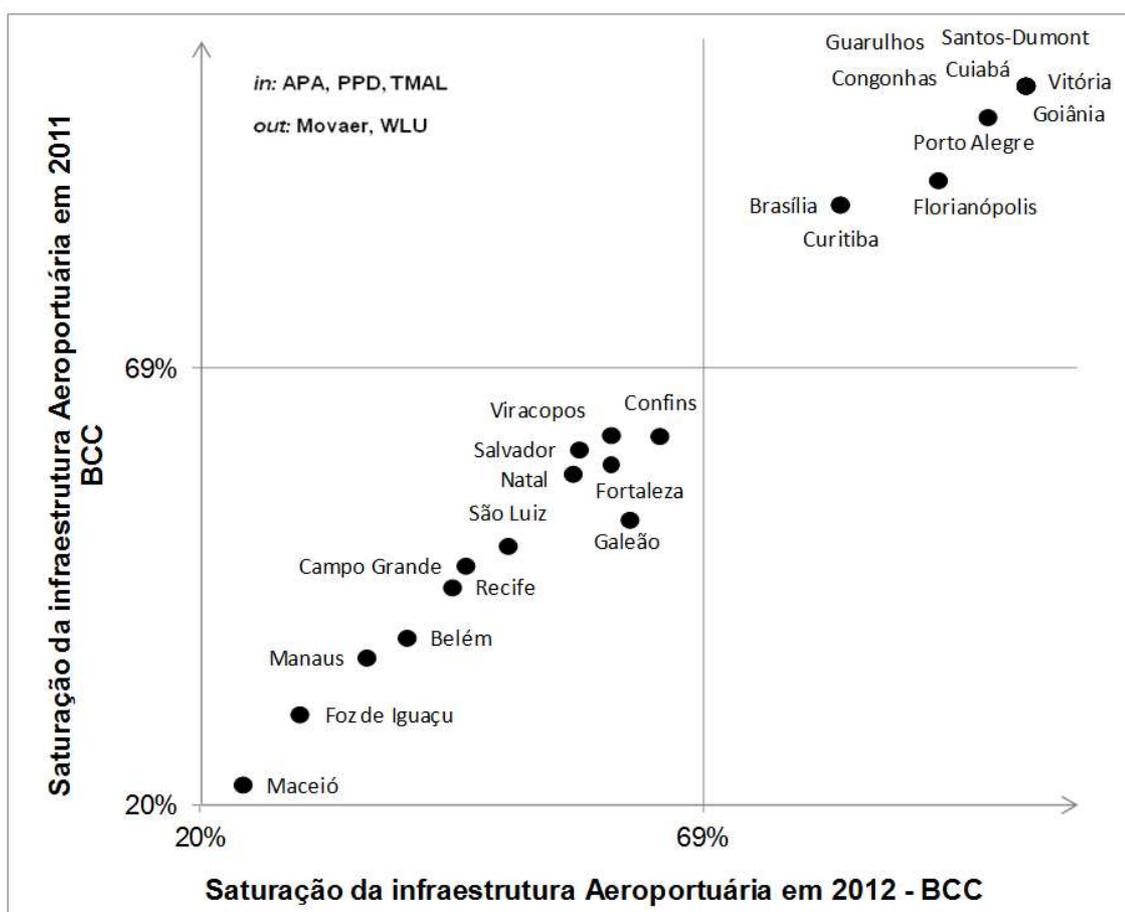


Figura 4.2 – Saturação da Infraestrutura Aeroportuária no período 2011-2012

Os aeroportos que operam com nível de saturação acima de 69%, mas ainda não estão congestionados são Porto Alegre, Curitiba, Florianópolis e Brasília.

Nas Tabelas 4.5 e 4.6 são apresentados os níveis de saturação da infraestrutura nos modelos CCR e BCC e o potencial crescimento da produção aeroportuária e o nível de folga da infraestrutura aeroportuária em 2011 e 2012.

Tabela 4.5 - Nível de Saturação da Infraestrutura (TMAL, PPD, APA) com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2011

Aeroportos	CCR	BCC	Potencial de folga em 2011 - BCC				
			TMAL	PPD	APA	Movaer	WLU
Belém	28,60%	38,70%		-41,90%	-46,04%	158,41%	221,72%
Brasília	59,40%	86,80%		-44,37%	-24,15%	15,22%	24,61%
Cuiabá	100,00%	100,00%					
Congonhas	100,00%	100,00%					
Campo Grande	42,80%	46,70%		-9,71%	-7,36%	114,29%	126,68%
Confins	60,00%	61,10%			-12,17%	86,75%	63,73%
Curitiba	82,80%	86,80%		-42,69%		36,65%	15,23%
Florianópolis	84,70%	89,50%		-34,85%		50,07%	11,69%
Fortaleza	53,90%	57,80%				110,40%	73,07%
Galeão	43,90%	51,80%	-23,78%		-35,63%	93,02%	110,89%
Guarulhos	92,50%	100,00%					
Goiânia	100,00%	100,00%					
Foz de Iguaçu	29,60%	30,20%			-17,41%	323,70%	230,73%
Manaus	33,00%	36,50%			-48,54%	206,90%	173,86%
Maceió	22,00%	22,40%		-2,51%	-10,19%	412,06%	346,55%
Natal	40,80%	56,90%		-61,28%	-40,39%	159,82%	75,78%
Porto Alegre	71,00%	96,50%			-73,80%	26,93%	3,63%
Recife	43,40%	44,30%		-9,31%	-47,56%	130,95%	125,57%
Santos-Dumont	100,00%	100,00%					
São Luiz	37,40%	48,90%		-38,57%	-37,05%	149,71%	104,36%
Salvador	49,00%	59,60%		-29,41%	-29,99%	67,72%	102,58%
Viracopos	59,50%	61,20%	-35,02%	-2,33%		110,83%	63,45%
Vitória	100,00%	100,00%					
mínimo	22,00%	22,40%	in: TMAL, PPD, APA				
média	62,36%	68,51%	out: Movaer, WLU				
máximo	100,00%	100,00%					
DMU sat	5	6					

Elaborado pelo autor

Os aeroportos, em 2012, com potencial de crescimento da unidade de carga de trabalho acima dos 100% são Belém, Campo Grande, Galeão, Foz de Iguaçu, Manaus, Maceió, Recife, São Luiz e Salvador. Os aeroportos com folga nos terminais de passageiro e carga aérea são Galeão e Viracopos. Os aeroportos com

folga na pista de pouso e decolagem e área de pátio de estacionamento de aeronaves acima de 30% são Belém, Natal e São Luiz.

Tabela 4.6 - Nível de Saturação da Infraestrutura (TMAL, PPD, APA) com Retorno Constante (CCR) e Variável (BCC) dos principais Aeroportos Brasileiros em 2012

Aeroportos	CCR	BCC	Potencial de folga em 2012 - BCC				
			TMAL	PPD	APA	Movaer	WLU
Belém	28,20%	40,00%		-41,90%	-46,04%	150,18%	190,68%
Brasília	54,60%	82,00%		-44,37%	-24,15%	21,90%	30,76%
Cuiabá	100,00%	100,00%					
Congonhas	100,00%	100,00%					
Campo Grande	42,90%	45,70%		-9,71%	-7,36%	129,75%	118,67%
Confins	63,50%	64,50%			-12,17%	71,42%	54,94%
Curitiba	76,70%	82,00%		-42,69%		49,67%	21,92%
Florianópolis	84,90%	91,50%		-34,85%		34,27%	9,34%
Fortaleza	56,50%	59,80%				118,29%	67,22%
Galeão	50,70%	61,60%	-23,78%		-35,63%	62,44%	75,44%
Guarulhos	88,80%	100,00%					
Goiânia	100,00%	100,00%					
Foz de Iguaçu	28,30%	29,60%			-17,41%	357,26%	237,83%
Manaus	33,00%	36,10%			-48,54%	208,08%	176,93%
Maceió	23,20%	24,10%		-2,51%	-10,19%	431,82%	314,66%
Natal	38,60%	56,10%		-61,28%	-40,39%	191,46%	78,12%
Porto Alegre	74,20%	96,30%			-73,80%	36,58%	3,81%
Recife	43,10%	44,40%		-9,31%	-47,56%	137,31%	125,21%
Santos-Dumont	100,00%	100,00%					
São Luiz	37,00%	49,80%		-38,57%	-37,05%	139,93%	100,87%
Salvador	45,70%	56,70%		-29,41%	-29,99%	76,34%	99,12%
Viracopos	58,00%	59,80%	-35,02%	-2,33%		103,03%	67,31%
Vitória	100,00%	100,00%					
mínimo	23,20%	24,10%	in: TMAL, PPD, APA				
média	62,08%	68,70%	out: Movaer, WLU				
máximo	100,00%	100,00%					
DMU sat	5	6					

Elaborado pelo autor

No período 2011-2012, os aeroportos com saturação CCR e BCC foram Cuiabá, Congonhas, Goiânia, Santos-Dumont e Vitória. O aeroporto de Guarulhos apresentou saturação da infraestrutura somente no modelo BCC.

4.3 EFICIÊNCIA OPERACIONAL *Versus* SATURAÇÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Em 2011, de acordo com a Figura 4.3, oito aeroportos operaram com eficiência operacional acima da média e nível de saturação acima de 80% (Santos-

Dumont, Goiânia, Guarulhos, Congonhas, Cuiabá, Florianópolis, Brasília e Curitiba). Os aeroportos que operaram com eficiência operacional e saturação 100% foram Cuiabá, Congonhas e Guarulhos. Uma proposta de meta para os aeroportos seria operarem com eficiência operacional acima da média (83%) e nível de saturação acima da média (69%), mas evitando o congestionamento dos aeroportos, ou seja, evitar o nível de saturação de 100%.

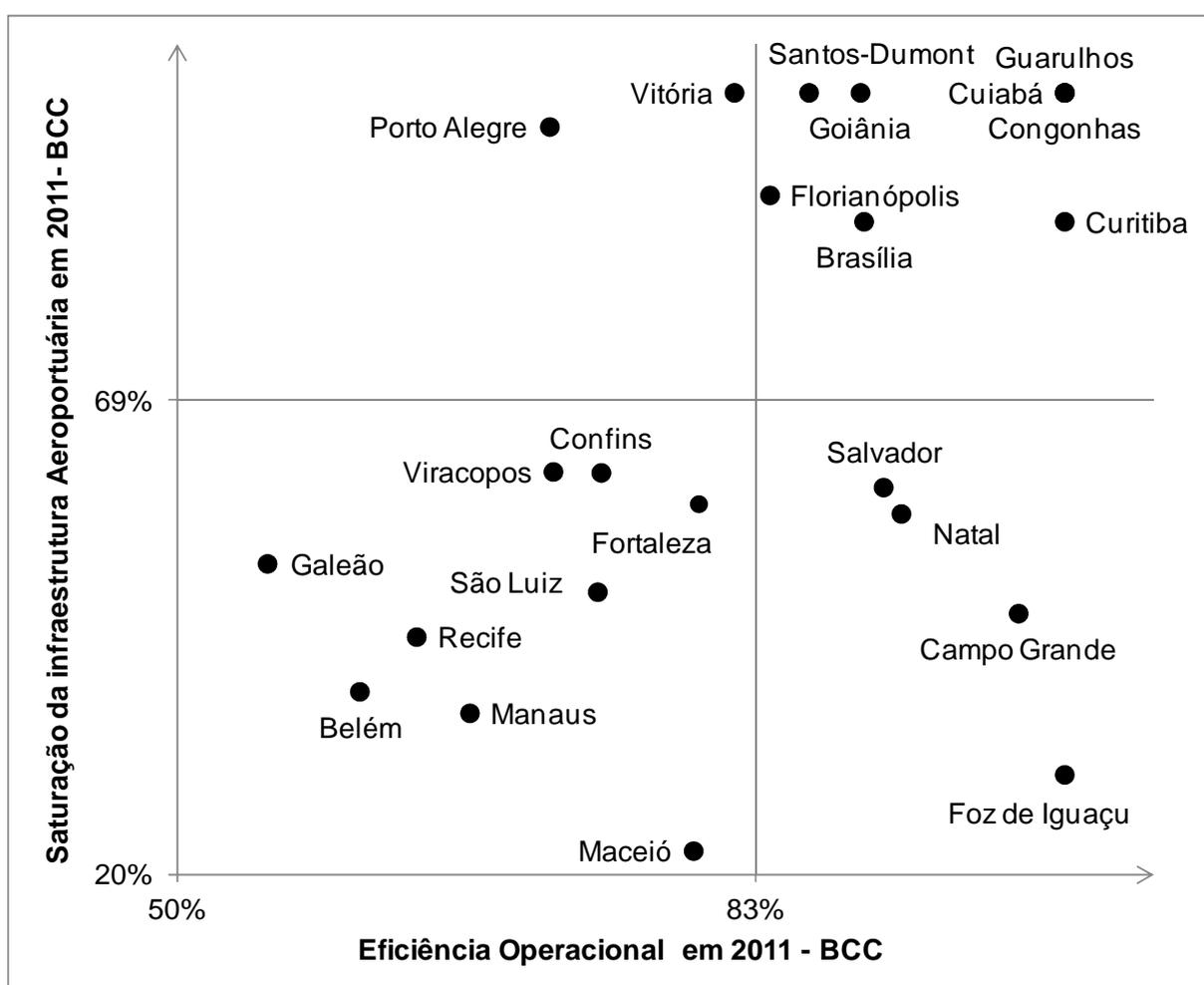


Figura 4.3 – Eficiência Operacional versus Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária em 2011

Em 2012, de acordo com a Figura 4.4, sete aeroportos operaram com eficiência operacional acima da média (88%) e nível de saturação acima da média (69%): Goiânia, Guarulhos, Congonhas, Cuiabá, Florianópolis, Brasília e Curitiba; e

destes somente três operaram com 100% de eficiência operacional e saturação da infraestrutura aeroportuária (Cuiabá, Congonhas e Guarulhos).

O aeroporto de Congonhas operou no período 2011-2021 com eficiência e saturação CCR e BCC, portanto, este aeroporto trabalha com eficiência de escala, mas está com sua infraestrutura totalmente saturada. Neste período, os aeroportos Cuiabá, Congonhas e Guarulhos tiveram uma gestão que minimizaram as despesas operacionais e maximizaram a produção aeroportuária, no entanto são aeroportos congestionados, e que por isso, impactam na qualidade dos serviços prestados de forma negativa.

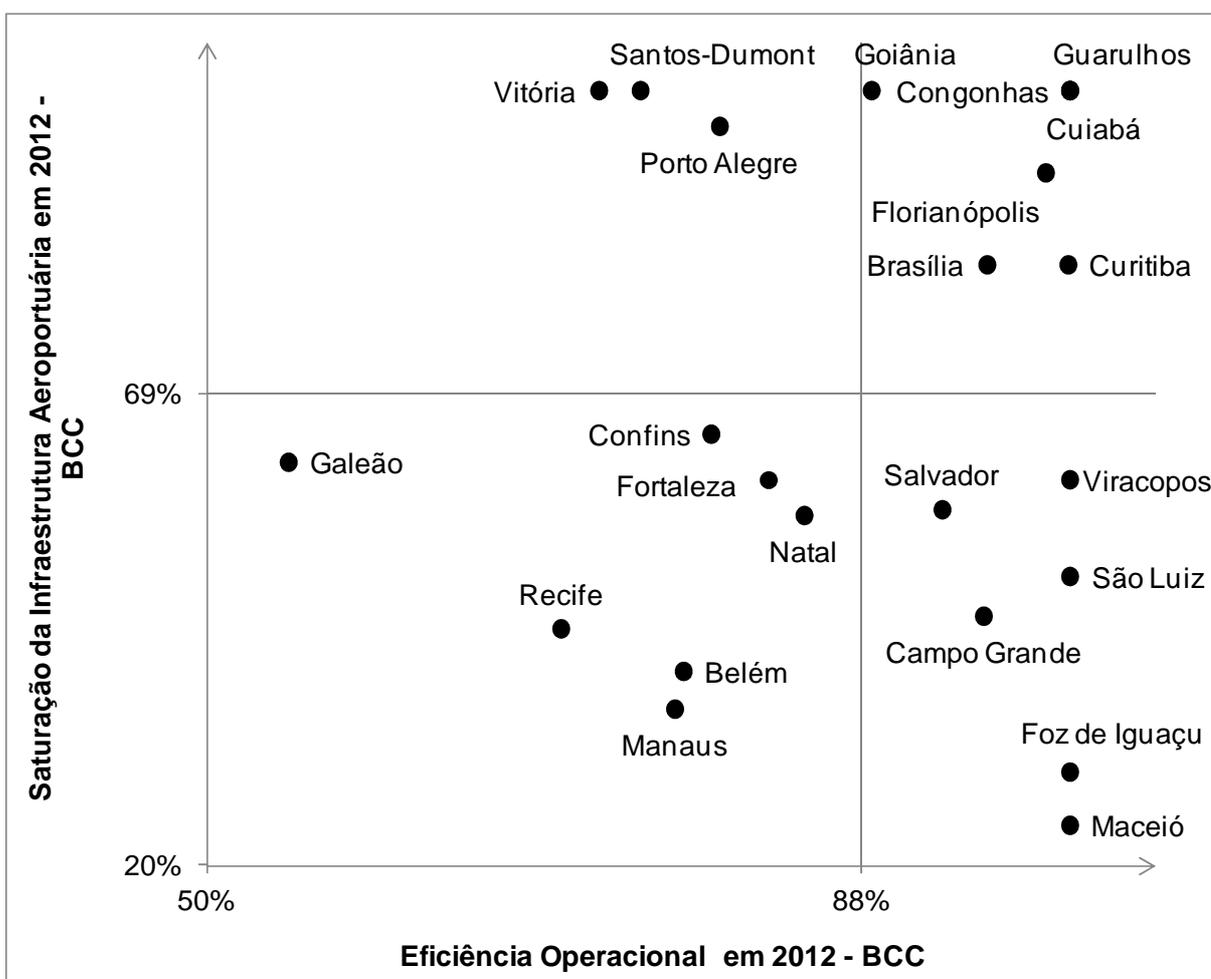


Figura 4.4 – Eficiência Operacional *versus* Nível de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária em 2012.

No período de 2011-2012 os aeroportos de Brasília, Curitiba e Florianópolis operaram com eficiência operacional acima da média e nível de saturação acima de 80%, sem, no entanto atingir o nível de saturação, podendo ser considerados os aeroportos de referência para os demais. O aeroporto *benchmark* é Curitiba, pois além de operar com eficiência operacional, ainda não está com sua infraestrutura congestionada.

O Quadro 4.2 apresenta um resumo do cruzamento da eficiência operacional com o nível de saturação da infraestrutura aeroportuária.

Quadro 4.2 – Resumo da Eficiência Operacional *versus* Saturação da Infraestrutura Aeroportuária 2011-2012

Eficiência e Saturação	Aeroportos 2011	Aeroportos 2012
1) Aeroportos com eficiência operacional BCC acima da média e nível de saturação BCC acima da média ($69\% \leq \text{saturação} < 100\%$). Aeroportos <i>Benchmarks</i>	Curitiba, Brasília e Florianópolis	Curitiba, Brasília e Florianópolis
2) Aeroportos com eficiência operacional (100%) e saturação (100%)	Cuiabá, Congonhas, Guarulhos,	Cuiabá, Congonhas, Guarulhos,
3) Aeroportos com eficiência de escala operacional e eficiência de escala no nível de saturação (CCR=BCC)	Congonhas	Congonhas

5 CONCLUSÕES

O propósito desta pesquisa foi aplicar a técnica DEA no setor aeroportuário. Foram apresentados e discutidos dois modelos um de avaliação da eficiência operacional com retorno variável de escala e orientado a *input* e outro de saturação da infraestrutura aeroportuária com retorno variável de escala e orientado a *output*.

A metodologia DEA possibilita diversas análises dependendo do nível de experiência e conhecimento do analista. A grande vantagem da metodologia DEA é a possibilidade de utilizar um modelo com múltiplas variáveis de *inputs* e *outputs* e a livre escolha dessas variáveis como *inputs* e *outputs*. Outra característica importante é a utilização de diversos tipos de variáveis físicas, financeiras e operacionais no mesmo modelo.

No período de 2011-2012, este trabalho correlacionou o modelo de eficiência operacional com o modelo de saturação da infraestrutura aeroportuária, identificando os aeroportos que operam com eficiência mas ainda não estão congestionados.

O Modelo de Eficiência Operacional teve como objetivo a redução das despesas operacionais e do efetivo. Neste modelo os aeroportos com o melhor desempenho e que operaram com eficiência de escala foram Congonhas e Guarulhos.

O Modelo de Saturação da Infraestrutura Aeroportuária identificou os aeroportos completamente congestionados: Cuiabá, Congonhas, Goiânia, Santos-Dumont e Vitória.

A quantificação de metas ou diretrizes para os administradores aeroportuários transformar aeroportos ineficientes em eficientes. Neste contexto, o objetivo da gestão aeroportuária é de minimizar as despesas operacionais e maximizar a produção aeroportuária.

A determinação dos aeroportos *benchmarks* da amostra analisada que são Curitiba, Florianópolis e Brasília. O aeroporto de Curitiba opera com eficiência operacional e sua infraestrutura não saturada.

Conclui-se que da amostra analisada, no período 2011-2012, houve uma pequena evolução na média da eficiência operacional e não houve alteração na quantidade de aeroportos com infraestrutura saturada, sinalizando para a necessidade de investimentos na ampliação da infraestrutura aeroportuária para atender a demanda crescente por transporte aéreo.

Como sugestão para futuras pesquisas é dar continuidade ao estudo, principalmente, após a concessão dos aeroportos de Brasília, Viracopos, Guarulhos, Galeão e Confins a iniciativa privada para comparação da eficiência dos modelos de gestão pública e privada. Os mesmos passos metodológicos podem ser replicados para estes aeroportos no futuro com mudanças de variáveis para verificar se houve ganhos de eficiência nos aeroportos concedidos.

REFERÊNCIAS

- 1º. ANUÁRIO DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA BRASILEIRA, 2011/2012. Airport News. São Paulo/SP.
- ABLANEDO-ROSAS, J. H. e GEMOETS, L. Measuring the efficiency of Mexican airports. **Journal of Air Transport Management**. vol. 16, p. 343-345, 2010.
- ANAC – **Relatório de Desempenho Operacional dos Aeroportos**. 2011b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/anac/relatorioaeroporto.asp>>. Acesso em: 20/06/2011.
- BANKER, R. D., CHARNES, A. e COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**. vol. 30, Nº. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BARROS, C. P. e DIEKE, P. U. C. Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. **Journal of Air Transport Management**. vol. 13, pp. 184-191, 2007.
- BELLONI, J. A. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2000.
- CHARNES, A., COOPER, W. W. e RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, vol. 2, Nº. 6 pp. 429-444, 1978.
- _____, _____ e _____. Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through. **Management Science**. vol. 27, Nº. 6, pp. 668-697, 1981.
- CURI, C., GITTO, S. e MANCUSO, P. The Italian airport industry in transition: a performance analysis. **Journal of Air Transport Management**. vol. 16, pp. 218-221, 2010.
- _____, _____ e _____. New evidence on the efficiency of Italian airports: A bootstrapped DEA analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, vol. 45, pp. 84-93, 2011.
- FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency of Production. **Journal of the Royal Statistical Society**. vol. 120, Series A, part III, pp 253–281, 1957.
- FERNANDES E. e PACHECO, R.R. Efficient use of airport capacity. **Transportation Research Part A**. vol. 36, pp. 225-238, 2002.
- GILLEN, D. e LALL, A. Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. **Transportation Research E**. vol. 33, pp. 261-273, 1997.
- GILLEN, D. The evolution of airport ownership and governance. **Journal of Air Transport Management**. vol. 17, pp 3-13, 2011.
- GRAHAM, A. Airport Benchmarking: A Review of Current Situation. **Benchmarking: An International Journal**. vol. 12, pp. 99-111, 2005.

INFRAERO – A Infraero. Disponível em:

<<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/a-infraero.html>>. Acesso em: 16/06/2011.

KAPLAN, Robert S. e NORTON, David P. **A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

MARQUES, R. C. Together or separately? The efficiency and market structure of Portuguese airports. **Journal of Air Transport Management**, vol. 17, p. 135-138, 2011.

MARTÍN, J. C. e ROMÁN, C. An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. **Journal of Air Transport Management**. vol. 7, pp. 149-157, 2001.

McKinsey & Company. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado**. 1ª ed. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/relatorio_consolidado.pdf>. Acesso em: 20/03/2011.

PARKER, D. The performance of BAA before and after privatisation: A DEA study. **Journal of Transport Economics and Policy**. Vol 33, No 2, pp133-146, 1999.

SARKIS, J. An analysis of the operational efficiency of major airports in the United States. **Journal of Operations Management**. vol. 18, pp 335-351, 2000.

TOVAR, B. e MARTÍN-CEJAS, R. R. Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach. **Transportation Research Part E**. vol. 46, pp. 249-260, 2010.

TSEKERIS, T. Greek airports: Efficiency measurement and analysis of determinants. **Journal of Air Transport Management**. vol. 17, pp. 139-141, 2011.