EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PRINCIPAIS AEROPORTOS BRASILEIROS ENTRE 2010 E 2016 UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Emiliany Leão Castro
Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Av. Randolfo Borges Júnior, 1250. Uberaba – MG, (34)99130-1664
emiliany_castro@hotmail.com

Viviane Adriano Falcão, Professora Doutora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Av. Randolfo Borges Júnior, 1250. Uberaba – MG, (85)99900-8559
viviane.falcao@uftm.edu.br

Flávia de Castro Camioto, Professora Doutora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Av. Randolfo Borges Júnior, 1250. Uberaba – MG, (34)99911-8030
flaviacamioto@yahoo.com.br

RESUMO

Os principais aeroportos brasileiros receberam altos investimentos para reforma/ampliação nos últimos anos. Contudo, devido à crescente demanda alguns desses aeroportos não operam com uma eficiência satisfatória. O método da Análise Envoltória de Dados é utilizado para avaliar a eficiência de aeroportos em diversos países, porém há poucas referências acerca dos aeroportos brasileiros. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência operacional dos principais aeroportos brasileiros entre 2010 e 2016, utilizando o modelo DEA- BCC. Dentre os 21 aeroportos analisados, 52% apresentaram eficiência média relativa superior a 90%, enquanto 19% obtiveram eficiência média abaixo de 50% ao longo dos anos.

Palavras-Chave: Aeroportos, Brasil, Eficiência, Análise Envoltória de Dados, BCC.

ABSTRACT

The main Brazilian airports have received high investments for reform/expansion currently. However, due to increasing demand, some of these airports do not operate with satisfactory efficiency. The Data Envelopment Analysis method is used to evaluate the efficiency of airports in several countries, despite that there are few references in Brazilian airports. This work aims to evaluate the operational efficiency of the main Brazilian airports between 2010 and 2016, using DEA - BCC model. Among the 21 airports analyzed, 52% presented average efficiency above 90%, while, 19% had an average efficiency less than 50% over the years.

Keywords: Airports, Brazil, Efficiency, Data Envelopment Analysis, BCC.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte aéreo caracteriza-se pela capacidade de transportar pessoas e cargas entre regiões afastadas com maior rapidez, quando comparado a outros modais como rodoviário, hidroviário e ferroviário. Desse modo, devido às diversas mudanças que estão ocorrendo em nível mundial, como a globalização, os avanços da tecnologia e as relações estreitas proporcionadas pelo mundo virtual, o desenvolvimento do setor aéreo torna-se necessário para possibilitar agilidade entre as relações econômicas do mercado brasileiro e internacional (SOUZA, 2010).

No Brasil, o modal aéreo vem ganhando destaque frente ao rodoviário no que se refere ao transporte de pessoas, principalmente nos últimos 10 anos. Entre 2006 e 2015 a demanda por transporte aéreo de passageiros teve um aumento de 118%, considerando voos nacionais e internacionais. O número de passageiros pagos transportados no ano de 2015 foi de 117,8 milhões. A quantidade de carga paga, transportada via aérea, também teve crescimento de 20% no mesmo período, totalizando 1,1 milhões de toneladas em 2015 (ANAC, 2016).

Entre 2000 e 2011, o Brasil teve um crescimento econômico médio anual próximo a 4% a.a., sendo esta uma taxa superior ao atingido nas duas décadas anteriores, que foi cerca de 2% a.a. (CRUZ *et al.*, 2012). Dessa forma, aumentou-se o número de pessoas empregadas e a geração de renda, consequentemente o consumo. O aumento do poder aquisitivo da população foi um dos fatores mais preponderantes que levou ao aumento na demanda por serviços aéreos (PÉRICO; SANTANA; CAPELATO, 2015).

De acordo com um estudo apresentado por McKinsey&Company (2010), a previsão é que a demanda pelo modal aéreo continue crescendo, sendo de 194 milhões de passageiros por ano em 2020.

Segundo Mckinsey&Company (2010), um dos principais desafios enfrentados pelo crescimento na demanda aérea brasileira é a adequação da infraestrutura aeroportuária, em grande parte de responsabilidade da Infraero (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária). Em 2010, dos 20 principais aeroportos brasileiros, que movimentavam juntos 90% do total de passageiros e 96% da carga, 13 já apresentavam problemas em sua infraestrutura, sendo que limitações quanto a área do pátio, área do terminal de passageiros (TPS) e comprimento de pista foram os principais gargalos encontrados.

Devido à importância fundamental do aeroporto para o sistema aéreo são necessários estudos sobre a performance e a eficiência desses, uma vez que os investimentos para construção e os custos de operação e manutenção são muito elevados.

A técnica Análise Envoltória de Dados (DEA) tem se tornado bem reconhecida para análise e comparação da eficiência de aeroportos devido a facilidade para construção de uma fronteira que identifica quais aeroportos da amostra analisada são eficientes. Trata-se de um modelo baseado em programação linear que requer informações de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*) (GILLEN; LALL, 1997).

Muitos autores, como Pels, Nijkamp e Rietveld (2001), Barros (2008), Suzuki *et al.* (2014), Tsui *et al.* (2014), Jiang *et al.* (2015) e Örkcü *et al.* (2016), já utilizaram os modelos da Análise Envoltória de Dados para verificação da eficiência de diversos aeroportos em diferentes países. No entanto, no Brasil há poucas referências na bibliografia que utilizaram o DEA em uma avaliação da eficiência dos aeroportos a partir de 2010. Considerando os importantes investimentos que foram realizados, principalmente para os eventos esportivos mundiais sediados no país, a Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016, o objetivo desse estudo é avaliar a eficiência operacional dos principais aeroportos brasileiros, entre 2010 e 2016, utilizando a Análise Envoltória de Dados.

2. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A técnica denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) foi proposta inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e por Banker, Charnes e Cooper (1984), ambos trabalhos baseados em Farrel (1957). Trata-se de um modelo de programação linear, não

paramétrico, capaz de medir a eficiência relativa de cada Unidade Tomadora de Decisão (DMU) de um conjunto analisado, por meio da construção de uma fronteira de eficiência. A vantagem desta técnica é a consideração, simultânea, de entradas e saídas múltiplas, que caracterizam determinado processo produtivo de uma DMU (CAMIOTO, 2013; MARIANO, 2008).

Segundo Azambuja (2002), a eficiência produtiva é definida como a relação entre os produtos/resultados (*outputs*) gerados, e os máximos *outputs* que poderiam ser gerados, dados os insumos/recursos (*inputs*) utilizados. Sendo assim, a eficiência produtiva está relacionada a capacidade que um sistema possui de gerar tantos *outputs* quanto for possível utilizando-se os *inputs* disponíveis, ou utilizar a menor quantidade de *inputs* para produção dos *outputs* almejados.

Mariano (2008) define Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Unit* – DMU) como um sistema produtivo que transforma, através de decisões, um conjunto de entradas (*inputs*) em um conjunto de saídas (*outputs*). Dessa forma, a DMU é a unidade pertencente ao conjunto no qual será avaliada a eficiência produtiva. No caso do presente estudo, cada aeroporto brasileiro selecionado para determinação da eficiência irá compor uma Unidade Tomadora de Decisão.

Os métodos não-paramétricos de análise de eficiência utilizam um gráfico para interpretação dos resultados. Nesse, todas as DMUs são representadas por pontos, sendo que as DMUs consideradas pelo método como as mais eficientes são interligadas por linhas, formando a fronteira de eficiência. Todas as unidades abaixo da fronteira são ditas ineficientes (MARIANO, 2008).

A metodologia utilizada pela DEA mede a eficiência de uma unidade por vez, estabelece a fronteira de eficiência e compara o desempenho relativo das demais DMUs com aquelas localizadas sobre a fronteira, estabelecendo assim, quais possuem um desempenho eficiente e quais precisam modificar seus *inputs* e/ou *outputs* para atingirem a fronteira. Sendo assim, a técnica não fornece uma eficiência absoluta, apenas relativa às unidades presentes no conjunto de análise. A grande limitação desta técnica é a necessidade de um grande número de dados de difícil acesso (FALCÃO E CORREIA, 2012).

Em um conjunto, quando determinada DMU é ineficiente, esta possui duas opções para atingir a fronteira de eficiência. Sendo essas, a diminuição da quantidade de insumos (*inputs*), mantendo-se constante a produção (*outputs*), ou o aumento dos *outputs* mantendo-se constantes os *inputs* utilizados. Dependendo das variáveis utilizadas para avaliação da eficiência pode ser mais viável a primeira ou a segunda opção. Quando deseja-se utilizar a primeira opção, o método da DEA é orientado a *input*, ou seja, considera-se uma minimização das variáveis de *input*. Por outro lado, quando a segunda opção é a mais adequada, o método deve ser orientado a *output*, sendo assim, haverá uma maximização das variáveis de *outputs* (MELLO *et al.,* 2005).

A técnica DEA apresenta mais de um modelo para avaliação da eficiência relativa devendo-se, portanto, escolher aquele que oferece as hipóteses compatíveis com a realidade do sistema produtivo a ser analisado. Nesse estudo será utilizado o modelo descrito a seguir.

2.1. MODELO DEA - BCC

O modelo BCC, proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), analisa e determina uma fronteira de eficiência considerando Retornos Variáveis de Escala (*Variable Returns to Scale* – VRS). Sendo assim, o modelo BCC compara as Unidades Tomadoras de Decisão que operam em escala semelhante (CAMIOTO, 2013; MARIANO, 2008).

A eficiência relativa de uma DMU, nesse modelo, é dada pela razão entre sua produtividade e a maior produtividade dentre as DMUs que possuem o mesmo tipo de retorno de escala que ela. Com isso, a fronteira tem formato convexo, formada por um conjunto de retas com angulações diferentes (CAMIOTO, 2013; MARIANO, 2008).

Segundo Mello *et al.* (2005), a convexidade da fronteira de eficiência do modelo BCC faz com que as unidades que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala, enquanto as que operam com altos valores de *inputs* tenham retornos decrescentes de escala.

Nesse modelo, deve-se optar pela orientação a *input* (minimização) ou orientação a *output* (maximização).

A formulação matemática do modelo pode ser expressa, segundo Wanke, Silveira e Barros (2009), por:

$$Minimizar\ \theta_j - \varepsilon \left(\sum {s_r}^{+}{}_{r=1}^{s} + \sum {s_i}^{-}{}_{i=1}^{m} \right) \quad (1)$$

Sujeito a:

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_j x_{ij}\ para\ i = 1, \dots, m$ (2)

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rj}\ para\ r = 1, \dots, s$ (3)

$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1\ para\ j = 1, \dots, n$ (4)

$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0\ para \forall\ i, j, r$ (5)

$\theta\ sem\ restrição$

Em que:

λ_j= representa as facetas (pesos) atribuídas aos *outputs* r e *inputs* i, com a soma restrita a 1, garantindo a convexidade da fronteira de eficiência.

s_r^+ = representa as folgas atribuídas aos *outputs* r,

s_i^- = representa os excessos atribuídos aos *inputs* i,

y_{rj} = quantidade observada do *output* r para a unidade j,

x_{ij} = quantidade observada do *input* i para a unidade j,

n = total de unidades em análise,

s = total de *outputs*,

m = total de *inputs*,

ε= é o menor número positivo não arquimediano.

2.2. ANÁLISE EM JANELA

Em algumas análises de eficiência relativa é desejável acrescentar o fator tempo, ou seja, realizar uma avaliação do desempenho relativo de uma DMU ao longo de um específico período de tempo. Isso é possível quando utilizada a Análise em Janela, que consiste em um método no qual é possível inserir dados de *inputs* e *outputs* de DMUs referentes a vários anos (CAMIOTO, 2013).

Segundo Camioto (2013) nesse método é necessária a realização de múltiplas aplicações de DEA, considerando diferentes combinações de anos, que são chamadas "janelas". O tamanho de cada janela e o número necessário de janelas a serem construídas são calculadas utilizando-se as seguintes expressões:

$$Tamanho\ da\ janela\ (p) = \frac{k+1}{2} \quad (6)$$

$$Quantidade\ de\ janela = k - p + 1 \quad (7)$$

Sendo k o número de períodos e p o tamanho da janela, que deve ser arredondado para cima, quando necessário.

No presente trabalho, será realizada uma análise da eficiência operacional dos aeroportos entre 2010 e 2016. Portanto, o valor de k é 7, correspondente ao número de anos que serão avaliados. O tamanho das janelas p é 4, e a quantidade de janelas necessárias é 4. Desta maneira, as janelas englobam os dados referentes aos seguintes períodos: (I) 2010 a 2013; (II) 2011 a 2014; (III) 2012 a 2015 e (IV) 2013 a 2016.

Após a determinação das janelas, a técnica DEA deve ser aplicada em cada uma, utilizando-se para cada ano seus respectivos dados de *inputs* e *outputs*. Posteriormente é montada uma tabela na qual serão incorporados os resultados obtidos em cada janela. Ao empregar essa abordagem, o resultado final da eficiência relativa de cada DMU é a média das eficiências obtidas em todos os anos e em todas as janelas. Caso necessário, pode-se verificar a estabilidade da eficiência no tempo de cada DMU analisada através do cálculo de seu desvio padrão (CAMIOTO, 2013).

2.3. DEA APLICADA EM AEROPORTOS

A Análise Envoltória de Dados tem sido adotada por vários autores para o estudo da eficiência aeroportuária em diversos países, através de diferentes modelos e variáveis.

Fernandes e Pacheco (2001) analisaram a eficiência de 35 aeroportos brasileiros com operação doméstica, em termos de números de passageiros transportados. Os dados processados foram referentes a 1998. Como variável de *output* foi utilizada a movimentação de passageiros (embarque/desembarque) domésticos. Para os *inputs* foram considerados: número de balcões de *check-in*, área do pátio, área de embarque, número de vagas no estacionamento, área de restituição de bagagem e comprimento do meio-fio. O modelo adotado foi BCC orientado a *output.* Nos resultados foram apresentados 16 aeroportos que atingiram a fronteira de eficiência, sendo os 19 restantes considerados relativamente ineficientes.

Barros (2008) investigou a eficiência técnica de 32 aeroportos Argentinos entre 2003 e 2007, sendo este um período de intensa crise econômica no país, que ocasionou uma redução de 50% no tráfego aéreo. Mesmo em face a crise econômica e mudanças na quantidade de aeronaves, passageiros e carga movimentados durante o período analisado, 8 aeroportos mantiveram sua alta eficiência. Outros aeroportos tiveram mudanças nos resultados ao longo dos anos, sendo considerados ineficientes nos primeiros anos, mas recuperando-se e atingindo a fronteira de eficiência posteriormente. Houve alguns aeroportos que tiveram eficiência decrescente perante a crise.

Tsui *et al.* (2014) estudaram a eficiência operacional de 21 aeroportos da Ásia e Pacífico, entre 2002 e 2011. Como resultado, 52% dos aeroportos foram considerados eficientes em algum momento entre 2002 e 2011, sendo que 6 foram classificados como eficientes durante todo o período analisado. Sugeriram que a porcentagem de passageiros internacionais, população próxima ao aeroporto, companhias aéreas dominantes e o PIB per capita influenciam na variação da eficiência aeroportuária.

Toledo, Falcão e Camioto (2016) desenvolveram uma pesquisa sobre a eficiência de 27 aeroportos brasileiros utilizando a técnica DEA, vertente SBM (*Slack Based Measure*). Esse modelo baseia-se em folgas e permite a orientação simultânea a *input* e a *output,* determinando, assim, a menor distância a ser percorrida pela DMU até a fronteira de eficiência. Os resultados mostraram que 11 aeroportos foram considerados eficientes, sendo que dos 16 aeroportos restantes, apenas 2 apresentaram eficiência superior a 50%.

Örkcü *et al.* (2016) avaliaram a eficiência operacional de 21 aeroportos da Turquia entre 2009 e 2014. O modelo utilizado foi BCC orientado a *output.* As variáveis de *inputs* consideradas foram: comprimento das pistas, quantidade de pistas de pouso/decolagem e área do terminal de passageiros. E como *outputs*: movimentação de passageiros, carga e aeronaves. Os resultados mostraram que a eficiência e a produtividade da maioria dos aeroportos analisados aumentaram, contudo, entre 2011 e 2012, observou-se um declínio significativo da eficiência. Um dos motivos apontado para tal, foi a ampliação na estrutura física dos aeroportos turcos. Como as movimentações de passageiros, carga e aeronaves não tiveram o mesmo aumento na demanda, houve uma diminuição da eficiência dos aeroportos. Em 2013, a eficiência operacional começou a crescer novamente.

Nas figuras a seguir são mostradas, sucintamente, as principais variáveis utilizadas por 15 autores em suas pesquisas, bem como, a porcentagem de estudos nos quais elas foram consideradas. Para elaboração das Figura 1 e Figura 2 foram considerados os 17 estudos apresentados no Anexo 1, que contém, além das pesquisas descritas acima, alguns outros autores que relacionaram DEA e eficiência em aeroportos. No Anexo 1 são especificadas as variáveis utilizadas como *inputs* e *outputs*, além dos modelos escolhidos, número de aeroportos analisados e os países em que estão localizados.

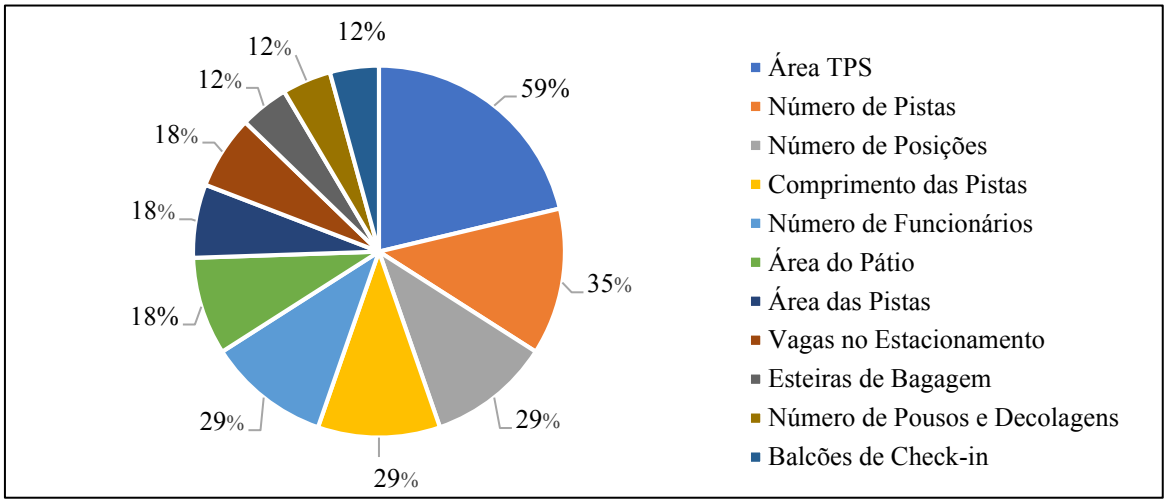


Figura 2: Variáveis de *Inputs*

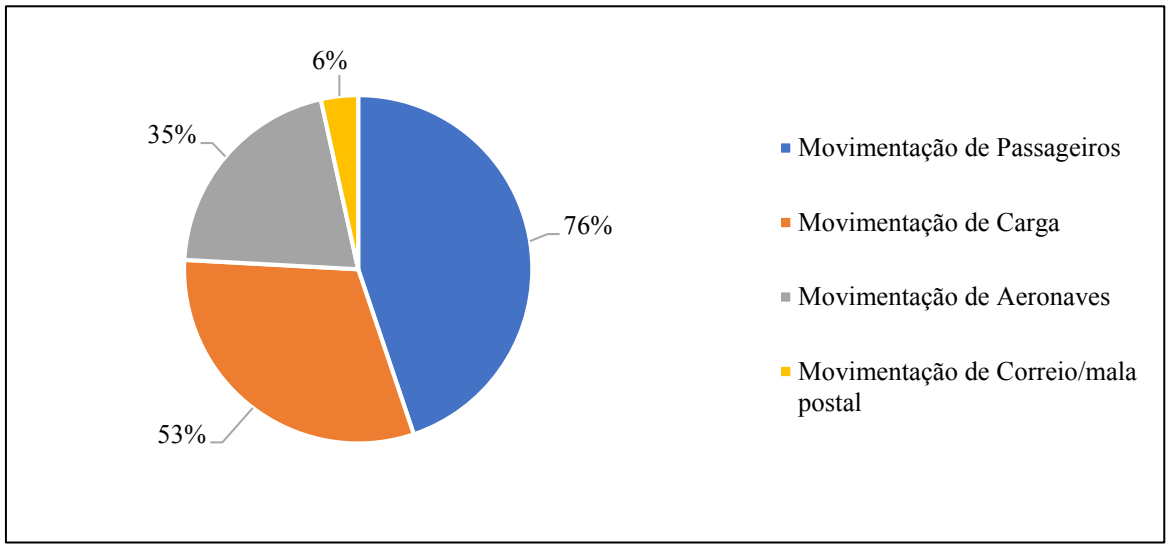


Figura 1: Variáveis de *Outputs*

3. MÉTODO

Inicialmente foram buscados referenciais teóricos acerca do panorama geral do transporte aéreo nacional, infraestrutura aeroportuária e alguns conceitos básicos sobre a técnica DEA, com suas principais vertentes, bem como algumas pesquisas na área de Análise de Eficiência Aeroportuária que utilizaram a referida técnica.

A escolha das variáveis foi feita baseando-se em estudos existentes no âmbito nacional e internacional, como exposto nas Figura 1 e Figura 2, além da disponibilidade e acessibilidade aos dados para todas as DMUs. Foram designados como *inputs*: área do terminal de passageiros (m), quantidade de posições de parada das aeronaves (un), comprimento total das pistas de pouso/decolagem (m), quantidade de pistas de pouso/decolagem (un) e área do pátio de estacionamento das aeronaves (m). Como variáveis de *outputs*, têm-se: movimentação anual de passageiros (un) e movimentação anual de carga (t). Os dados coletados são referentes aos voos regulares e voos não regulares.

Segundo Cooper *et al.* (2001), o número de DMUs deve ser estabelecido segundo a relação:

$$n \geq \max\{m\ x\ s, 3(m+s)\} \quad (8)$$

Sendo n a quantidade de DMUs, m o número de *inputs* e s o número de *outputs.* Com isso, chega-se que o número mínimo de DMUs para o desenvolvimento desta pesquisa é 21. Foram escolhidos aeroportos internacionais localizados nas principais capitais brasileiras e/ou que apresentam expressivas movimentações anuais de passageiros e carga.

Os dados (*inputs* e *outputs*) referentes a cada DMU foram coletados através do site da Infraero, do Sistema Hórus, dos relatórios do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), da Matriz de Responsabilidades publicada pela APO (Autoridade Pública Olímpica) e, no caso dos Aeroportos sob concessão da iniciativa privada, em sítios específicos.

De acordo com Périco, Santana e Capelato (2015), na literatura brasileira há poucas referências que tratam da análise da eficiência aeroportuária devido à dificuldade na obtenção de dados confiáveis. Apenas a partir de 2011 a ANAC começou a elaborar e divulgar o Relatório Anual de Desempenho Operacional dos Aeroportos Brasileiros. Em 2017 foi lançado o Sistema Hórus que oferece um banco de dados com informações referentes às movimentações desde 2004 até a data presente, além de outros dados, de 303 aeroportos regionais, domésticos e internacionais (BRASIL, 2017).

Devido à dificuldade na obtenção dos dados, além das fontes citadas acima alguns sites como ANAC (2014a; 2014b), SAC (2014; 2015), G1 (2012; 2015), BRASIL (2014a; 2014b; 2016), PINI (2011; 2014), PAC (2013) e EBC (2016) foram utilizados para averiguação e confirmação de algumas informações referentes às obras de reforma e ampliação em aeroportos.

Os modelos da DEA que mais se adequam ao contexto de eficiência aeroportuária são aqueles que consideram Retornos Variáveis de Escala (VRS), por esse motivo, foi adotado o modelo BCC orientado a *output*. A orientação do modelo foi escolhida devido as variáveis selecionadas para este trabalho. Quaisquer modificações relacionadas aos *inputs* escolhidos tendem a ser onerosas e inviáveis dependendo da situação, por isso, o emprego do modelo que permite a maximização dos *outputs* torna-se mais apropriado.

Os dados foram processados no Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD), fornecido por Angulo *et al*. (2005).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação do modelo DEA-BCC, foi feita a análise em janela para avaliação da eficiência média dos aeroportos, considerando a maximização da movimentação de passageiros e carga. Na Tabela 1 é apresentado o *Ranking* de Eficiência dos Aeroportos Brasileiros analisados. Estão explícitas na Tabela 1 a média das eficiências das DMUs em todas as janelas analisadas pela DEA, bem como o desvio padrão. A classificação foi feita considerando a média final da eficiência.

Os resultados indicam que o Aeroporto Internacional de Guarulhos com eficiência média de 98,72% é o que operou com melhor performance entre 2010 e 2016, dentre os demais aeroportos da amostra. Em segundo lugar está o Aeroporto Internacional de Campinas, com eficiência média de 98,69%, seguido pelo Aeroporto Internacional de Porto Alegre. O Aeroporto Internacional de Porto Velho é o quarto no *ranking*, com eficiência média equivalente a 97,41% e o Aeroporto de São Paulo – Congonhas, com eficiência de 97,39%, é o quinto.

Considerando as variáveis analisadas nesta pesquisa, o Aeroporto Internacional de Maceió foi considerado o menos eficiente da amostra, e o Aeroporto Internacional de Belém aparece na penúltima posição, com eficiência média relativa de 42,99%.

Quanto ao desvio padrão da eficiência, na Tabela 1, o Aeroporto Internacional de Salvador foi o que apresentou o maior valor, seguido pelo Aeroporto Internacional de Curitiba e pelo Aeroporto Internacional de Brasília. Os demais aeroportos apresentaram desvio padrão relativamente baixo, variando de 3% a 8%. Isso indica que, na maioria dos aeroportos nacionais estudados, não houve melhora e nem piora significativas em termos de eficiência, com exceção dos três aeroportos citados acima.

Tabela 1: *Ranking* da Eficiência dos Principais Aeroportos Brasileiros

Ranking da Eficiência	Aeroporto	Sigla ICAO	Eficiência das Janelas (%)				Média (%)	Desvio Padrão (%)
			1 (2010-2013)	2 (2011-2014)	3 (2012-2015)	4 (2013-2016)		
1	Guarulhos	SBGR	97,70%	100,00%	99,46%	97,72%	98,72%	2,779%
2	Campinas	SBKP	97,52%	100,00%	99,92%	97,34%	98,69%	3,447%
3	Porto Alegre	SBPA	95,50%	99,01%	99,60%	97,93%	98,01%	3,736%
4	Porto Velho	SBPV	95,50%	98,94%	98,04%	97,14%	97,41%	5,138%
5	Congonhas	SBSP	97,46%	99,64%	99,03%	93,44%	97,39%	4,128%
6	Teresina	SBTE	92,76%	97,84%	99,62%	97,36%	96,90%	6,352%
7	Macapá	SBMQ	97,96%	99,29%	98,42%	91,40%	96,77%	6,050%
8	Confins	SBCF	91,40%	98,02%	99,91%	96,53%	96,47%	7,473%
9	Florianópolis	SBFL	92,46%	97,05%	97,64%	95,59%	95,68%	6,252%
10	Manaus	SBEG	97,99%	96,96%	93,95%	88,78%	94,42%	7,765%
11	Curitiba	SBCT	95,30%	99,18%	88,64%	80,08%	90,80%	15,722%
12	Recife	SBRF	85,45%	86,49%	87,95%	88,52%	87,10%	3,161%
13	Brasília	SBBR	97,34%	91,23%	84,06%	74,80%	86,86%	12,003%
14	Fortaleza	SBFZ	83,89%	83,10%	83,98%	81,73%	83,17%	3,879%
15	Campo Grande	SBCG	66,00%	68,99%	73,77%	71,03%	69,95%	4,815%
16	Salvador	SBSV	78,01%	71,94%	62,48%	52,63%	66,27%	16,180%
17	João Pessoa	SBJP	53,31%	58,20%	61,28%	63,68%	59,12%	6,176%
18	São Luís	SBSL	47,54%	48,38%	45,88%	40,91%	45,68%	6,708%
19	Galeão	SBGL	43,35%	45,40%	46,57%	45,67%	45,25%	3,571%
20	Belém	SBBE	40,08%	43,08%	43,94%	44,88%	42,99%	4,009%
21	Maceió	SBMO	34,22%	36,76%	38,84%	40,78%	37,65%	3,850%

Para melhor compreensão dos motivos que levaram ao alto desvio padrão, os resultados das eficiências de todas as janelas construídas para o Aeroporto de Salvador são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Análise em Janela – Aeroporto Internacional de Salvador

Aeroporto_Ano	Eficiência das Janelas (%)			
	1 (2010-2013)	2 (2011-2014)	3 (2012-2015)	4 (2013-2016)
Salvador_2010	71,40%			
Salvador_2011	79,58%	78,19%		
Salvador_2012	82,64%	81,21%	79,03%	
Salvador_2013	78,44%	77,08%	75,01%	78,53%
Salvador_2014		51,30%	48,75%	47,74%
Salvador_2015			47,12%	45,92%
Salvador_2016				38,34%
Média_Salvador	78,01%	71,94%	62,48%	52,63%
Média_Final (%)	66,27%			
Desvio_Padrão (%)	16,180%			

Observa-se para o Aeroporto de Salvador que na análise da janela 1 a eficiência média obtida foi de 78,01%, considerando os anos de 2010 a 2013. Na janela 2, houve uma redução da eficiência média, para 71,94%, e nas janelas 3 e 4 a eficiência continuou a decrescer. Verificando-se as eficiências de cada ano e de cada janela, percebe-se que houve uma alta variação, de 82,64% (Janela 1, ano de 2012) a 38,34% (Janela 4, ano de 2016).

Essa redução significativa da eficiência pode ser atribuída a redução de 18,39% na movimentação de passageiros e de 23,88% na movimentação de carga, considerando os anos de 2012 e 2016. Outro fator que, associado a essa diminuição da demanda, contribuiu para perda da eficiência foi o aumento de 10,22% na área do pátio. A ampliação da infraestrutura física de um aeroporto contrapondo-se a redução na demanda pelos serviços aéreos fazem com que alguns setores sejam subutilizados, ocasionando assim, uma redução da eficiência.

Outro aeroporto que merece destaque na análise da eficiência em janelas é o Aeroporto de Congonhas, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Análise em Janela – Aeroporto de Congonhas

Aeroporto_Ano	Eficiência das Janelas (%)			
	1 (2010-2013)	2 (2011-2014)	3 (2012-2015)	4 (2013-2016)
Congonhas_2010	89,87%			
Congonhas_2011	100,00%	100,00%		
Congonhas_2012	99,96%	99,34%	100,00%	
Congonhas_2013	100,00%	99,20%	99,51%	93,39%
Congonhas_2014		100,00%	96,62%	87,64%
Congonhas_2015			100,00%	92,74%
Congonhas_2016				100,00%
Média_Congonhas	97,46%	99,64%	99,03%	93,44%
Média_Final (%)	97,39%			
Desvio_Padrão (%)	4,128%			

O Aeroporto de Congonhas apresentou melhora significativa e rápida ao longo dos anos, o que pode ser corroborado pelo fato de que o último ano de cada janela, sem exceção, foi eficiente em relação ao anterior. Sendo assim, a redução na eficiência média da janela 3 para a janela 4, na verdade, ocorreu devido ao aumento da eficiência no último ano da janela 4. O crescimento da eficiência em 2016 fez com que a eficiência de 2015, que era 100% na janela 3, passasse para 92,74% na janela 4. O mesmo pode ser observado na pequena redução de eficiência média da janela 2 para a janela 3.

Na Tabela 4 são detalhadas as eficiências relativas de cada janela para o Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Tabela 4: Análise em Janela – Aeroporto Internacional de Guarulhos

Aeroporto_Ano	Eficiência das Janelas (%)			
	1 (2010-2013)	2 (2011-2014)	3 (2012-2015)	4 (2013-2016)
Guarulhos_2010	90,81%			
Guarulhos_2011	100,00%	100,00%		
Guarulhos_2012	100,00%	100,00%	100,00%	
Guarulhos_2013	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Guarulhos_2014		100,00%	100,00%	100,00%
Guarulhos_2015			97,85%	97,85%
Guarulhos_2016				93,05%
Média_Guarulhos	97,70%	100,00%	99,46%	97,72%
Média_Final (%)	98,72%			
Desvio_Padrão (%)	2,779%			

O Aeroporto de Guarulhos foi classificado como o mais eficiente após a aplicação do método DEA-BCC e a análise em janela, tendo atingido eficiência máxima na janela 2, além de ser considerado 100% eficiente em 3 anos das janelas 1 e 3 e em 2 anos da janela 4.

Uma redução de 1,75% na eficiência média desse aeroporto foi observada entre as janelas 3 e 4. Isso pode ser atribuído a diminuição na movimentação de passageiros e carga, que foi de aproximadamente 5,97% e 0,24%, respectivamente, entre 2015 e 2016.

Vale ressaltar que um dos motivos que levou o Aeroporto de Guarulhos a ser considerado o mais eficiente, mesmo com redução na movimentação de passageiros e carga entre 2015 e 2016, foi o significativo aumento nas variáveis de *outputs* ao longo dos anos analisados. Houve um aumento de, aproximadamente, 35,29% na movimentação de passageiros e 12,19% na movimentação de carga em 2016 em relação a 2010.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aeroportos são elementos fundamentais para o funcionamento do sistema de transporte aéreo, uma vez que são a interface entre os modais terrestre e aéreo. Com isso, tornam-se necessários estudos que visam identificar os aeroportos que operam em condições ineficientes.

No Brasil, durante os últimos anos, houve investimento em reformas e ampliações nos principais aeroportos para o aumento da capacidade de transporte de passageiros e carga. A origem desses investimentos foram os eventos esportivos sediados no país, a Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016. Devido a poucas pesquisas encontradas nos referenciais teóricos buscados sobre o assunto, este trabalho analisou a eficiência operacional dos principais aeroportos nacionais entre 2010 e 2016, considerando-se como *outputs* as movimentações de passageiros e de carga.

As eficiências relativas das unidades analisadas foram obtidas pela Análise Envoltória de Dados - DEA, através de uma avaliação em janelas e considerando os retornos variáveis de escala do modelo BCC. No geral, os aeroportos brasileiros apresentaram eficiência satisfatória ao longo dos anos analisados, sendo que apenas São Luís, Galeão, Belém e Maceió tiveram eficiência média abaixo de 50%. Dentre os 21 aeroportos considerados no estudo, 11 obtiveram eficiência média superior a 90% entre 2010 e 2016, sendo o Aeroporto Internacional de Guarulhos classificado como o mais eficiente.

Com exceção dos Aeroportos de Salvador, Curitiba e Brasília os demais apresentaram desvio padrão entre 3% e 8%, mostrando assim, que os valores de eficiência obtidos em cada janela não tiveram significativas variações ao longo dos anos.

Como estudos futuros sugerem-se a incorporação de aeroportos internacionais considerados *benchmarkings* na amostra para que, assim, seja possível a comparação da eficiência relativa entre estes aeroportos e os brasileiros. Além disso, pode-se determinar a eficiência utilizando-se outras variáveis de *input* e *output* como número de funcionários, balcões de check-in, receitas, despesas, vagas de estacionamento, comprimento do meio-fio, dentre outras. Pode-se buscar a relação entre eficiência e nível de serviço nos aeroportos aqui estudados, para averiguação se aqueles considerados os mais eficientes também oferecem um serviço de qualidade. E por fim, recomenda-se um estudo mais aprofundado sobre os fatores que levaram as variações das eficiências nos aeroportos entre 2010 e 2016.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROPORTO DE BRASÍLIA. Sobre o Aeroporto. Disponível em: <http://www.bsb.aero/br/o-aeroporto/sobre-o-aeroporto-de-brasilia/>. Consulta em: 01/06/2017.

ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Análise de Eficiência de Aeroportos Internacionais Brasileiros. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Revista Produção: Florianópolis. ISSN 1676 – 1901. Dez. 2007.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Anuário do Transporte Aéreo 2015. Brasília, DF: 2016. Disponível em: < http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>. Acessado em: 10/04/2017.

ANAC. Concessão Aeroporto do Galeão. Publicado em: 04/2014 (a). Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/concessoes/concessao-galeao-e-confins/press-kit/press_kit_release_galeao_versao_final.pdf>. Consulta em: 15/05/2017.

ANAC. Concessão Aeroporto de Confins. Publicado em: 04/2014 (b). Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/Arquivos/Release_Confins_V2.pdf>. Consulta em: 01/06/2017.
ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. Pesquisa Operacional, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.
ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; COELHO, P.H.G. Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models. In: 7th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS 2005, v. 2, p. 207-212.
AUTORIDADE PÚBLICA OLÍMPICA. Matriz De Responsabilidades. Valores Executados. Base: 07/2014. Resposta ao e-mail enviado à ouvidoria da Infraero em 12/05/2017, através do site: < http://www.infraero.gov.br/index.php/br/component/content/article/15-ouvidoria/1404-ouvidoria.html>.
AZAMBUJA, A. M. V. Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). (2002). 410f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.
BARROS, C. P. Airports in Argentina: Technical efficiency in the context of an economic crisis. Portugal. 2008. Journal of Air Transport Management 14 (2008) 315-319.
BARROS, C. P.; DIEKE, P. U. C. Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis. 2007. Journal of Air Transport Management 13 (2007) 184–191.
BANKER, R., D.; CHARNES, A.; COOPER, W., W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science. V. 30, p. 1078-1092.
BH AIRPORT. BH Airport Inaugura Novo Terminal do Aeroporto Internacional de BH. Disponível em: <http://www.bh-airport.com.br/br/p/305/noticias.aspx>. Consulta em 01/06/2017.
BRASIL. Investimentos da Infraero nos aeroportos das cidades-sede da Copa. Publicado em: 17/06/2014 (a). Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/centro-aberto-de-midia/noticias/investimentos-da-infraero-nos-aeroportos-das-cidades-sede-da-copa>. Consulta em: 26/05/2017.
BRASIL. Aeroportos brasileiros têm expansão recorde. Publicado em: 30/07/2014 (b). Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/06/aeroportos-brasileiros-tem-expansao-recorde>. Consulta em: 26/05/2017.
BRASIL. Banco de Dados. Publicado em: 29/03/2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/03/banco-de-dados-de-aeroportos-e-lancado-nesta-quarta-29>. Consulta em: 23/05/2017.
BRASIL. Galeão amplia capacidade para 30 milhões de passageiros. Publicado em: 20/05/2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/05/galeao-amplia-capacidade-para-30-milhoes-de-passageiros>. Consulta em: 02/06/2017.
CAMIOTO, F. C. Consumo energético nos setores industriais brasileiros – Uma avaliação de desempenho e estratégias para redução da emissão de CO_2. (2013). 249f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.
CHARNES, A.; COOPER W.W.; SEIFORD, L.; STUTZ, J. (1981). A multiplicative model for efficiency analysis. Journal of Socio-Economic Planning Science, 16, 223-224.
CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, v.2, p 429-444, 1978.
COOPER, W.W.; LI, S.; SEIFORD, L.M.; TONE, K.; THRALL, R.M.; ZHU, J. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. Journal of Productivity Analysis 15, 217–246, 2001.
CRUZ, A. I. G.; AMBROZIO, A. M. H.; PUGA, F. P.; SOUZA, F. L.; NASCIMENTO, M. M. A economia brasileira: conquistas dos últimos 10 anos e perspectivas para o futuro. BNDES: Banco Nacional do Desenvolvimento. Biblioteca Digital. 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/961/4/A%20economia%20brasileira-conquistas%20dos%20ultimos%20dez%20anos%20_P-final_BD.pdf>. Consulta em: 28/06/2017.
DIAS, L. F. Avaliação da Eficiência dos principais aeroportos brasileiros através da Análise Envoltória de Dados (DEA). 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças, Vitória, 2014.
EBC. Aeroporto do Galeão ganha mais 26 pontes de embarque. Publicado em: 19/05/2016. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-05/aeroporto-do-galeao-ganha-mais-26-pontes-de-embarque>. Consulta em: 02/06/2017.
FALCAO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. J. Transp. Lit. [online]. 2012, vol.6, n.4, pp.133-146. ISSN 2238-1031.
FARRELL, M., J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, series A. v. 120, n. 3, p. 253-281.
FERNANDES, E.; PACHECO, R. R. Efficient use of airport capacity. Rio de Janeiro, Brazil. 2001. Transportation Research Part A 36 (2002) 225-238.
G1. Um ano após Copa, obras continuam em aeroporto internacional de Manaus. Publicado em: 12/06/2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/06/um-ano-apos-copa-obras-continuam-em-aeroporto-internacional-de-manaus.html>. Consulta em: 30/05/2017.
G1. Terminal de passageiros do aeroporto de São Luís volta a funcionar. Publicado em: 27/08/2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2012/08/terminal-de-passageiros-do-aeroporto-de-sao-luis-volta-funcionar.html>. Consulta em: 10/05/2017.
GILLEN, D.; LALL, A. Developing measures of airport productivity and Performance: an application of data envelopment Analysis. (1997). Elsevier Science Ltd 1366-5545(97)00028-8.
GRU AIRPORT. Aeroporto de Guarulhos. Disponível em: <www.gru.com.br/pt/institucional/sobre-gru-airport/historico>. Consulta em: 01/06/2017.
HÓRUS. Módulos de Informações Gerenciais. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Principal>. Consulta em: 19/04/2017.
INFRAERO. Aeroportos. Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/>. Consulta em: 01/05/2017.

INFRAERO. Aeroporto Internacional de Curitiba é eleito o melhor do Brasil pela 3ª vez consecutiva. Publicado em: 24/01/2017. Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/imprensa/noticias/aeroporto-internacional-de-curitiba-e-eleito-o-melhor-do-brasil-pela-3%C2%BA-vez-consecutiva/>. Consulta em: 25/05/2017.
JIANG, Y., WANG L., WANG, C., ZHU, Y. FENG T., ZHENG, S. Technical efficiency evaluation of alliance airports in China .15ª COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP). 2015.
LABEGALINI, L.; DIAS, C. G.; MARTINS, R. S. Eficiência logística e das operações de cargas dos aeroportos brasileiros: uma aplicação da DEA (Data Envelopment Analysis) – XI SIMPOI. In: XI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2008, São Paulo. Fundação Getúlio Vargas – EAESP. 2008.
MARIANO, E. B. Sistematização e Comparação de Técnicas, Modelos e Perspectivas não-paramétricas de análise de Eficiência Produtiva. (2008). 301f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de Produção. Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.
MCKINSEY & COMPANY. Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro: 2010.
MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; NETO, L. B. (2005). Curso de análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Gramado, Anais.
ÖRKCÜ, H. H; BALIKÇI. C; DOGAN, M. I; GENÇ, A. (2016). An evaluation of the operational efficiency of Turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index. Turkey. 2016. Transport Policy 48 (2016) 92–104.
PAC. Aeroporto de Macapá terá início de obras no pátio de aeronaves. Publicado em: 07/01/2013. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/noticia/20f606>. Consulta em: 10/05/2017.
PELS, E.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. Relative efficiency of European airports. (2001). Transport Policy 8, 183–192.
PÉRICO, A. E.; SANTANA, N. B.; CAPELATO, E. Eficiência financeira dos aeroportos brasileiros: uma análise envoltória de dados. GEPROS. Gestão da Produção, Operação e Sistemas, Bauru. 10.15675/gepros.v10i3.1275, p. 83-96, 2015.
PINI. Aeroporto do Galeão: depois dos atrasos nas obras para a Copa do Mundo, concessionária projeta mais serviços até as Olimpíadas. Publicado em: 11/2014. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/44/artigo329933-2.aspx>. Consulta em: 02/06/2017.
PINI. Infraero divulga primeiras imagens do projeto de reforma do aeroporto de Salvador. Publicado em: 15/07/2011. Disponível em: < http://piniweb.pini.com.br/construcao/arquitetura/infraero-divulga-primeiras-imagens-do-projeto-de-reforma-do-aeroporto-224707-1.aspx>. Consulta em: 23/06/2017.
PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO. Aeroportos. 11º Balanço. 2007 a 2010, p. 90-96. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/publicacoesnacionais>. Consulta: 01/05/2017.
PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO 2. Aeroportos. 11º Balanço. 2011 a 2014, p. 87-92. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/publicacoesnacionais>. Consulta: 01/05/2017.
PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO. Aeroportos. 4º Balanço. 2015 a 2018, p. 23-25. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/publicacoesnacionais>. Consulta: 01/05/2017.
RIO GALEÃO. Institucional. Disponível em: <http://www.riogaleao.com/institucional/numeros-do-aeroporto/>. Consulta em: 01/06/2017.
RODRIGUES, A. C., CASTRO, M. R. Eficiência operacional dos aeroportos brasileiros. XIX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. (SIMPOI). São Paulo, 2012.
SAC. Recife: muitas novidades no melhor aeroporto do País. Publicado em: 09/04/2015. Disponível em: <http://www.aviacao.gov.br/noticias/2015/04/recife-muitas-novidades-no-melhor-aeroporto-do-pais-1>. Consulta em: 30/05/2017.
SAC. Terminal de Passageiros do Aeroporto de Porto Velho será reformado. Modificado em: 29/04/2014. Disponível em: <http://www.aviacao.gov.br/noticias/2011/12/copy304_of_titulo-da-noticia-entre-35-e-90-caracteres-com-espaco>. Consulta em: 15/05/2017.
SOUZA, A. L. L. Análise Comparativa de aeroportos a nível mundial utilizando conceitos DEA. (2010). 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.
SUZUKI, S., NIJKAMP, P.; PELS, E.; RIETVELD P. Comparative performance analysis of European airports by means of extended data envelopment analysis. Journal of Advanced Transportation. 2014; 48: 185-202.
TOLEDO, F. S. Eficiência produtiva dos principais aeroportos brasileiros usando Análise Envoltória de Dados vertente SBM (*Slacks-Based Measure*). (2016). 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais. 2016.
TOLEDO, F. S; FALCÃO, V. A.; CAMIOTO, F. C. Eficiência dos Principais Aeroportos Brasileiros usando Análise Envoltória De Dados – SBM. In: XV Simpósio de Transporte Aéreo. São Luís, MA, 2016.
TSUI, W. H., BALLI, H. O., GILBEY, A., GOW, H. Operational efficiency of Asia-Pacific airports. Journal of Air Transport Management 40 (2014) 16-24.
VIRACOPOS. Aeroporto de Viracopos Transfere Voos Domésticos Para Novo Terminal de Passageiros. Disponível em: <http://www.viracopos.com/institucional/imprensa/19-04-2016-aeroporto-de-viracopos-transfere-voos-domesticos-para-novo-terminal-de-passageiros.html>. Consulta em: 01/06/2017.
WANKE, P. F. Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: A two-stage network-DEA approach. Rio de Janeiro, Brazil. (2012). Journal of Air Transport Management 31 (2013) 1-5.
WANKE, P. F.; SILVEIRA, R. V.; BARROS, F. G.; Introdução ao planejamento da infraestrutura e operações portuárias: aplicações de pesquisa operacional. São Paulo: Atlas, 2009.

ANEXO 1

Estudos Prévios que aplicaram DEA em Aeroportos. Adaptado de Barros e Dieke (2007); Fernandes e Pacheco (2001); Örkcü *et al*. (2016); Toledo (2016); Wanke (2012)

Estudos	Modelos	Dados	*Inputs*	*Outputs*
Gillen e Lall (1997)	DEA-BCC e regressão Tobit	21 Aeroportos – Estados Unidos	Número de pistas Número de posições Área do terminal Quantidade de esteiras de bagagem Número de vagas no estacionamento	Número de passageiros Quantidade de carga
			Área do aeroporto Quantidade de pistas Área das pistas Número de funcionários	Movimentação de aeronaves Movimentação de passageiros
Pels, Nijkamp e Rietveld (2001)	DEA-BCC	34 Aeroportos – Europa 1995 a 1997	Área do terminal Número de posições Número de posições remotas Quantidade de balcões de *check-in* Quantidade de esteiras de bagagem	Número de passageiros Movimentação de aeronaves
Fernandes e Pacheco (2001)	DEA-BCC	35 Aeroportos – Brasil 1998	Área do Pátio Área de Embarque Número de *check-in* Vagas no Estacionamento Área de Restituição - Bagagem Comprimento do meio-fio	Movimentação de passageiros domésticos (embarque/desembarque)
Almeida *et al.* (2007)	DEA-BCC	26 Aeroportos - Países Diversos 2005	Área do pátio Capacidade dos terminais Número de posições	Movimentação de carga Quantidade de passageiros
Barros (2008)	DEA-CCR e BCC	32 Aeroportos – Argentina 2003-2007	Área do terminal de passageiros Área das pistas Quantidade de funcionários	Movimentação de passageiros Movimentação de carga Movimentação de aeronaves
Labegalini *et al.* (2008)	DEA-BCC	8 Aeroportos – Brasil 2005	Área do terminal de carga Área de pouso e decolagem	Carga aérea Movimentação de correio/mala postas
Souza (2010)	DEA-BCC	138 Aeroportos – Países diversos	Passageiros domésticos Passageiros Internacionais Carga total	Receita aeronáutica Receita não-aeronáutica

Estudos Prévios que aplicaram DEA em Aeroportos (continuação). Adaptado de Barros e Dieke (2007); Fernandes e Pacheco (2001); Örkcü *et al.* (2016); Toledo (2016); Wanke (2012)

Estudo	Modelos	Dados	Inputs	Outputs
Rodrigues e Castro (2012)	DEA-CCR, BCC e Retornos de Escala	20 Aeroportos - Brasil	Extensão do pátio Extensão da pista Área do terminal de passageiros Quantidade de vagas de estacionamento Número de pousos e decolagens	Total de passageiros transportados
Wanke (2012)	DEA – 2 Estágios	63 Aeroportos – Brasil 2009	Área do terminal Número de posições Quantidade de pistas	Quantidade de pousos e decolagens por ano
			Quantidade de pousos e decolagens por ano	Número de passageiros Quantidade de carga
Dias (2014)	DEA-CCR e BCC	23 aeroportos - Brasil 2011-2012	Número de funcionários Despesas operacionais	Unidades de Carga e Trabalho (WLU) Receitas operacionais
Suzuki *et al.* (2014)	DEA- BCC-DFM (*Distance Friction Minimization*)	19 Aeroportos – Europa 2003	Número de pistas Área do terminal Número de posições Número de funcionários Área de shopping	Número de passageiros Movimentação de aeronaves
Tsui *et al.* (2014)	DEA-BCC	21 Aeroportos – Ásia e Pacífico 2002-2011	Número de funcionários Número de pistas Comprimento total das pistas Área do terminal de passageiros	Movimentação de passageiros Movimentação de aeronaves Movimentação de carga
Jiang *et al.* (2015)	DEA-BCC	9 Aeroportos – China 2004 a 2013	Área do terminal Comprimento de pista	Movimentação de passageiros Movimentação de carga Movimentação no aeroporto
Toledo, Falcão e Camioto (2016)	DEA-SBM	27 Aeroportos – Brasil 2015	Área do terminal de passageiros Comprimento total de pistas Área do pátio	Movimentação de passageiros Movimentação de carga
Örkcü *et al*. (2016)	DEA-BCC *Malmquist*	21 Aeroportos – Turquia 2009-2014	Quantidade de pistas Comprimento das pistas Área do terminal de passageiros	Movimentação de passageiros Movimentação de aeronaves Movimentação de carga