
**SINERGIA ENTRE TRANSPORTE DE CARGA E PASSAGEIRO NA EFICIÊNCIA
AEROPORTUÁRIA**

Viviane Adriano Falcão* Francisco Gildemir Ferreira da Silva,
Federal University of Pernambuco - UFPE, Technology and Geosciences Center – CTG
Federal University of Ceará- UFC, Programa de Pós-Graduação em Economia - CAEN

* Corresponding author e-mail address: viviane.afalcao@ufpe.br

PAPER ID: SIT174

RESUMO

A operação aeroportuária envolve diferentes processos com fins a embarcar/carregar e desembarcar/descarregar pessoas/cargas. Se os recursos alocados para a operação de cargas forem aproveitados na consumação do transporte de passageiros, supõe-se que a operação aeroportuária será mais eficiente. Não obstante a possibilidade de sinergia no transporte de carga/passageiros na melhoria de eficiência aeroportuária, não há registro de estudos brasileiros que mensurem as diferenças de eficiência em aeroportos em decorrência de coordenação das produções, alocação compartilhada de insumos, entre outras ações para ampliar o desempenho. Nesse sentido, este trabalho mensura a eficiência dos aeroportos brasileiros na operação conjunta carga/passageiro, compreendendo se a melhor alocação de insumos é um fator explicativo das diferenças em eficiência. Foi aplicado, em um painel com aeroportos brasileiros considerando o período de 2010 a 2020, o modelo Network DEA, além de uma correção de viés do modelo DEA convencional. Os resultados apontam uma diferença significativa na eficiência entre aeroportos considerando o DEA convencional com viés corrigido para a operação de carga e de passageiro e o modelo network DEA estimado conjunto carga/passageiro. Conclui-se, portanto, que há necessidade de considerar a interação entre a operação de carga e de passageiro na operação aeroportuária para mensurar com melhor acurácia a eficiência e, principalmente, compreender a relação entre os insumos.

Palavras-chaves: Aeroporto, Eficiência, Network DEA.

1. INTRODUÇÃO

O 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. No caso brasileiro, pelo país ter dimensões continentais esse modo de transporte se torna ainda mais essencial.

O sistema de transporte aéreo é formado pelas aeronaves, os sistemas de navegação, as companhias aéreas e o terminal aeroportuário, são esses subsistemas que em conjunto, cada um com a sua especificidade que movimentam cargas e passageiros.

Falando especificamente do aeroporto, a complexidade da operação dele, fazendo com que haja uma mudança de modo de transportes, em geral do aéreo para o rodoviário e vice-versa, faz com que esse subsistema seja de grande importância e que a sua eficiência seja algo diretamente relacionado com a eficiência do sistema como um todo, além dele ser o local onde o passageiro tem o maior contato.

Diante disto, este trabalho tem como objetivo mensurar a eficiência dos aeroportos brasileiros na operação conjunta carga/passageiro, compreendendo se a melhor alocação de insumos é um fator explicativo das diferenças em eficiência.

2. DEA APLICADO EM AEROPORTOS

A análise envoltória de dados é uma técnica para avaliar eficiência muito difundida na área de aeroportos no mundo inteiro, através de diferentes modelos e variáveis. Alguns utilizam o DEA como método para a validação de hipóteses ou proposição de novas teorias aplicadas aos aeroportos. Como Fernandes e Pacheco (2002), eles analisaram a eficiência de 35 aeroportos brasileiros com operação doméstica, em termos de números de passageiros transportados. Os dados processados foram referentes a 1998.

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.

Wanke e Barros (2017) analisam cinco diferentes aeroportos do Senegal, ou em Merkert e Assaf (2015) que investigam se a percepção de satisfação do passageiro apresenta um impacto nas margens de lucro.

Toledo et al. (2021) 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%.

Não foi encontrado, nenhum estudo considerando a eficiência em aeroportos brasileiros que aplicou o Network DEA ou até mesmo corrigiu o viés do DEA convencional. Nesse contexto, esse artigo preenche uma lacuna importante na literatura.

3. METODOLOGIA

O processo de modelagem com o DEA calcula por comparação, as eficiências de cada DMU, no caso dessa pesquisa, de cada aeroporto. A sequência foi a definição das variáveis de inputs e outputs com base na revisão da literatura, levantamento dos dados com considerações sobre as DMUs.

Para tanto, foram considerados os seguintes inputs e outputs dos anos de 2010 até 2020:

- Inputs – PAX: Área do terminal de passageiros (ANAC / INFRAERO / administração dos aeroportos); Comprimento total de pistas (SAC)/ASK (ANAC)
- Outputs – PAX: Movimentação de passageiros (ANAC); Número de aeronaves (SAC)
- Inputs – Carga: Comprimento total de pistas (SAC)/ATK(ANAC).

- Outputs – Carga: Movimentação de carga aérea (SAC) – kg; Movimentação de mala postal (SAC) – kg.

Foram analisados 17 aeroportos do Brasil (Guarulhos/SP-SBGR; Congonhas/SP-SBSP; Brasília/DF-SBBR; Galeão/RJ-SBGL; Confins/MG-SBCF; Campinas/SP-SBKP; Recife/PE-SBRF; Porto Alegre/RS-SBPA; Salvador/BA-SBSV; Fortaleza/CE-SBFZ; Curitiba/PR-SBCT; Florianópolis/SC-SBFL; Belém/PA-SBBE; Manaus/AM-SBEG; Maceió/AL-SBMO; São Luís/MA-SBSL e Campo Grande/MS- SBCG), com os dados acima, entre os anos 2010 e 2020.

Este trabalho, metodologicamente, fará uma comparação entre modelos alternativos ao CCR tradicional, primeiramente executando modelo de correção de viés (Kneip et. al, 2011), seguido pelo modelo Network DEA (Kao e Hwang, 2008). Os resultados serão comparados do ponto de vista eficiência global para identificar se há ou não ganhos de eficiência.

No primeiro passo, estima-se um modelo DEA CCR com correção de viés seguindo a proposta de Kneip et. al (2011), executando bootstrap ingênuo, baseado em reamostragem da distribuição empírica dos dados. Nesse procedimento parte da construção de uma amostra parcial do bootstrap situadas “longe” da fronteira estimada, enquanto se extrai de uma distribuição suave e uniforme para construir a parte da amostra bootstrap situada “próxima” da estimativa estimada fronteira. A distinção entre “perto” e “longe” é controlada por um parâmetro de suavização, enquanto um segundo parâmetro de suavização controla o grau de suavização aplicado a fronteira estimada, garantindo uma baixa necessidade computacional.

Sequencialmente, executa-se o Network DEA (NDEA) utilizado no trabalho, que é uma extensão do conceito do modelo CCR DEA, desenvolvido por Charnes et al. (1978), pois calcula as eficiências relativas das unidades tomadoras de decisão (DMUs), assumindo a existência de processos internos e relacionados, cada um com um conjunto de inputs e outputs. Os inputs e outputs são utilizados e a eficiência é calculada através da resolução de um Problema de Programação Linear (PPL). Metodologicamente, assumiu-se

o modelo multi-estágio, utilizando-se o modelo multiplicativo apresentado em Kao e Hwang (2008). Onde: E_0 = eficiência global; E_0^1 e E_0^2 = eficiências dos estágios 1 e 2; u, v, w são os pesos das variáveis e x, y, z , os valores dos inputs, dos outputs e das variáveis intermediárias.

$$E_0^1 = m \frac{\sum_{d=1}^D w_d z_{d0}}{\sum_{i=1}^n v_i x_{i0}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{d=1}^D w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

$$w_d, v_t \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, d = 1, 2, \dots, D$$

$$E_0^2 = m \frac{\sum_{f=1}^d u_r y_{r0}}{\sum_{d=1}^p w_d z_{d0}} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{f=1}^g u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^b w_d z_{dj}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, w_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, D, r = 1, 2, \dots, s$$

A análise dos resultados segue do valor de E_0 se ele for igual a 1 indica eficiência, se $E_0 < 1$ aponta ineficiência. As eficiências de E_{01} e E_{02} , são calculadas de acordo com os Problemas de Programação Linear apresentados nas equações 1 e 2, utilizados no cálculo da eficiência global conforme Equação (3).

$$E_0 = E_0^1 \times E_0^2 \quad (3)$$

Após o cálculo das estimações da eficiência executa-se a comparação para analisar se a eficiência do CCR tradicional é diferente do NDEA e do CCR com correção de viés. A comparação serve para verificar se há um viés e se esse viés pode ser corrigido assumindo uma estrutura sequencial como apontada por Kao e Hwang (2008). Se encontrado viés e a estimativa do NDEA explicar parte desse viés, comprova-se a sinergia entre a sequência desejada de eficiências, caso contrário, não se pode afirmar nada sobre a sinergia.

4. RESULTADOS

Em um primeiro momento foram comparados os resultados do DEA Simples

com o DEA corrigido. Como exemplo segue, a Tabela 1 com os resultados para os aeroportos brasileiros no ano de 2020.

Tabela 1_ DEA Simples x DEA Corrigido em 2020

	DEA Simples (DEAs)		DEA corrigido (DEAc)		DEAc - DEAs	
	Carga	Pax	Carga	Pax	Carga	Pax
SBBE	17%	4%	16%	4%	-1%	-1%
SBBR	20%	9%	18%	13%	-2%	4%
SBCF	25%	9%	23%	7%	-2%	-1%
SBCG	25%	4%	23%	3%	-2%	-1%
SBCT	10%	5%	10%	4%	-1%	-1%
SBEG	12%	48%	11%	43%	-1%	-5%
SBFL	10%	5%	10%	14%	-1%	9%
SBFZ	17%	15%	14%	13%	-2%	-2%
SBGL	9%	8%	8%	7%	-1%	-1%
SBGR	41%	68%	37%	59%	-4%	-9%
SBKP	37%	100%	35%	88%	-2%	-12%
SBMO	14%	1%	14%	1%	-1%	0%
SBPA	22%	15%	20%	13%	-2%	-2%
SBRF	26%	17%	24%	15%	-3%	-2%
SBSL	19%	1%	18%	1%	-1%	0%
S BSP	32%	5%	28%	5%	-4%	-1%
SBSV	13%	11%	11%	27%	-2%	16%

As colunas 2 e 3 são as eficiências de carga e passageiro, respectivamente, sem retirar o viés, ou seja, o DEA Simples. Na coluna 4 tem-se a eficiência tirando o viés de carga. Na coluna 5 mostra qual deveria ser a eficiência, retirando o viés, do transporte de passageiros. Em geral, o DEA corrigido apresenta valores inferiores ao DEA simples, indicando que há um viés. Ou seja, diminuem, o que significa haver algo que não pode ser explicado em relação a carga e os passageiros, portanto, utilizar o Network DEA, na proposta dada, não agrega informações.

Importante ressaltar que para os outros anos o resultado não mudou muito, entretanto, percebe-se que para os passageiros, os aeroportos de Brasília, Florianópolis, Maceió, São Luís e Salvador apresentaram valores de DEA corrigido maiores que o DEA simples. Além disso, outro resultado interessante é que o viés era maior nos primeiros anos e vai diminuindo ao longo do tempo.

Os resultados do NetworkDEA, para o ano de 2020, estão apresentados na Tabela 2, onde na coluna 2 tem-se a eficiência de cargas quando associada a eficiência de passageiros, ou seja, quando a eficiência de carga for 100% a eficiência de passageiros será aquela calculada na coluna 3. E o sentido inverso nas colunas 4 e 5, e como pode-se perceber os valores são os mesmos nos dois sentidos. Além disso, pode-se calcular a eficiência global multiplicando os valores da coluna 3 e 5, o fato de serem iguais indicam que não há melhora na eficiência de passageiro com um transporte de carga eficiente.

Tabela 2_ Network DEA em 2020

	Network DEA			
	Carga/Pax	Pax	Pax/Carga	Carga
SBBE	100%	4%	100%	4%
SBBR	100%	9%	100%	9%
SBCF	100%	9%	100%	9%
SBCG	100%	4%	100%	4%

SBCT	100%	5%	100%	5%
SBEG	100%	48%	100%	48%
SBFL	100%	5%	100%	5%
SBFZ	100%	15%	100%	15%
SBGL	100%	8%	100%	8%
SBGR	100%	68%	100%	68%
SBKP	100%	100%	100%	100%
SBMO	100%	1%	100%	1%
SBPA	100%	15%	100%	15%
SBRF	100%	17%	100%	17%
SBSL	100%	1%	100%	1%
SBSP	100%	5%	100%	5%
SBSV	100%	11%	100%	11%

Por fim, o resultado das colunas 3 e 5 da Tabela 2 não diferem muito da eficiência calculada no DEA simples (colunas 2 e 3 Tabela 1), logo, a carga não melhora ou piora a eficiência de passageiros.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que o NetworkDEA não indica relação de melhora de eficiência de passageiro com um transporte de carga eficiente. Já o DEA corrigido, indica um viés no DEA simples que era maior nos primeiros anos e foi diminuindo temporalmente.

Neste sentido, sugere-se avançar na pesquisa de procurar fatores que possam reduzir o viés que foi encontrado em uma modelagem Network DEA. Para tanto, deve-se investigar novas variáveis que expliquem melhor a eficiência e a sinergia entre cargas e passageiros.

References

ANAC – Agência Nacional da Aviação Civil. Dados e Estatísticas. Brasil, 2006, ANAC. Disponível em: < <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas> >. Acesso em: 11 de fev. de 2022.

ANAC – Agência Nacional da Aviação Civil. Dados abertos. Brasil, 2022, ANAC. Disponível em: <

<https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/ppli-de-atuacao/todos-os-dados-abertos> >. Acesso em: 14 de jan. 2022.

FERNANDES, E.; PACHECO, R. R. Efficient use of airport capacity. Rio de Janeiro, Brazil. 2001. Transportation Research Part A 36 (2002) 225-238.

HÓRUS – Sac Minfra. Gerencial, Módulo de Informações Gerenciais. Governo Federal, Ministério da Infraestrutura, Secretaria Nacional de Aviação Civil, Brasil, 2022. Disponível em: < <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#Principal> >. Acessado em 13 de fev.. de 2022.

INFRAERO. Dados sobre aeroportos públicos brasileiros. Disponível em: < <https://www4.infraero.gov.br/> >. Acessado em 13 de fev. de 2022.

KAO, C.; HWANG, S.-N. Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, v. 185, n. 1, p. 418–429, 16 fev. 2008.

KNEIP, A. AND SIMAR, L. AND WILSON, P.W. 2011. A computationally efficient, consistent bootstrap for inference with non-parametric DEA estimators. *Computational Economics*. Vol.38, pp.483–515. Alharbi, B., & Prince, M. (2020). A Hybrid Artificial Intelligence Approach to Predict Flight Delay. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 814-822.

Merkert, R. e A. G. Assaf (2015) Using DEA models to jointly estimate service quality perception and profitability – Evidence from international airports. Transportation Research Part A:

Policy and Practice, v.75, p.42–50.
DOI: 10.1016/j.tra.2015.03.008.

Toledo, Fernanda Silva; Falcão, Viviane
Adriano; Camioto, Flávia de Castro;
da Silva, Paulo Afonso Lopes. “Does
privatization make Brazilian airports
more efficient?” TRANSPORTES,
agosto de 2021. DOI.org (Crossref),
<https://doi.org/10.14295/transportes.v29i2.2304>.

Tsui, Wai Hong Kan; Balli, Hatice Ozer;
Gilbey, Andrew; Gow, Hamish.
“Operational Efficiency of Asia–
Pacific Airports”. *Journal of Air
Transport Management*, vol. 40,
agosto de 2014, p. 16–24. DOI.org
(Crossref),
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.05.003>.

Wanke, P. e C. P. Barros. (2017) Efficiency
thresholds and cost structure in
Senegal airports. *Journal of Air
Transport Management*, v. 58, p. 100-
112. DOI:
[10.1016/j.jairtraman.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.10.005).