

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS INVESTIMENTOS EM AEROPORTOS BRASILEIROS COM O USO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Níssia Carvalho Rosa Bergiante

Universidade Federal Fluminense – Departamento de Ciência e Tecnologia
Rua Recife s/n, Jardim Bela Vista, 28890-000 Rio das Ostras, RJ, Brazil
nissia.rosa@gmail.com

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Universidade Federal Fluminense – Departamento de Engenharia de Produção
Rua Passo da Pátria, 156 – São Domingos, 24210-240 Niterói, RJ, Brazil
jcsmello@pesquisador.cnpq.br

Respício Antônio do Espírito Santo Jr.

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia de Transportes
Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Centro de Tecnologia - Cidade Universitária - Rio de Janeiro
– RJ, CEP 21945-970 - Brasil
respicio@poli.ufrj.br

O Brasil encontra-se em foco no cenário mundial desde o seu anúncio como sede da próxima Copa do Mundo, em 2014 e dos Jogos Olímpicos em 2016. O panorama nacional é de necessidade de investimentos em diversas áreas para garantir a infraestrutura necessária ao suporte a eventos desta monta. O objetivo deste trabalho é compreender se os investimentos previstos para os aeroportos brasileiros estão adequados às previsões de demanda para o setor. Para tanto se utiliza a análise envoltória de dados (DEA) com um modelo DEA-CCR, e orientação input. As variáveis de input são os investimentos totais previstos no Plano de Investimentos da Infraero e os outputs são as demandas previstas pelo estudo do BNDES-Mckinsey para 2014 e 2020 no cenário base, pessimista e otimista. Os resultados encontrados apontam para uma urgente necessidade de revisão das estratégias e políticas de investimentos atribuídos aos aeroportos nacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Aeroportos, DEA, modelo CCR, avaliação cruzada, fronteira invertida, investimentos, demanda.

The world is looking at Brazil since the announcement of the country as the host of the 2014 World Cup and the 2016 Olympic Games. The national scenarios point out the need of investments in infrastructure improvements in many areas to support these events. In this work we are interested in analyzing whether the airport restructuring investments are appropriate to the demand forecasted. We will use data envoltory analysis (DEA), DEA-CCR model with input orientation. As input we use the total number of investments given by the Infraero Investments Plan and as output the demand forecast by BNDES-Mckinsey to 2014 and 2020, take into account the base, optimistic and pessimistic scenarios. The results indicate the urgency of a review in the politics into investments strategies in the national airports.

KEYWORDS: Airports, DEA, CCR model, cross-evaluation, invert. Investments, demand forecast.

1. Introdução

Nos dias atuais, o setor de transporte aéreo está envolvido em um ambiente dinâmico e de rápidas mudanças. A globalização desafiou as empresas deste mercado, obrigando-as a se reposicionarem frente às oscilações econômicas e a concorrência acirrada. Porém, se considerarmos ainda os ataques que atingiram Nova York e Washington em 11 de setembro de 2001 e a atual crise econômica mundial, iniciada em 2008, cuja recuperação tem sido lenta, não obstante o seu impacto nos mais diversos mercados, e ainda os efeitos da gripe suína, Influenza A (H1N1), percebe-se que há, de fato, um agravamento na situação do transporte aéreo mundial.

Neste contexto, as previsões não são as melhores. A indústria do transporte aéreo, segundo dados da IATA(2009), fechou o ano de 2007 em vermelho, e esse resultado foi associado, à época, aos preços elevados do combustível. Já no ano de 2009, segundo dados da mesma organização, as empresas do setor continuaram a reportar perdas, e não se esperava resultados expressivos de melhoria até o final daquele ano. A situação tende a melhorar significativamente nos próximos anos, principalmente se considerarmos o crescimento de mercados potenciais tais como a Índia e a China, a liberalização do espaço aéreo e o preço dos combustíveis.

Entretanto, na contramão da crise mundial e retrocesso de alguns setores econômicos no que diz respeito ao transporte aéreo, e mais especificamente ao mercado brasileiro, as projeções são bem positivas.

Estudos apontam para um crescimento médio anual de 7% para os próximos 15 anos no mercado brasileiro (BNDES-McKinsey, 2010). Dados do estudo também deixam claro o vertiginoso crescimento de viagens realizadas por ano, com uma taxa de 10% ao ano, entre 2003 e 2008.

Mesmo ainda com a crise mundial de 2009, os resultados brasileiros conseguiram manter-se no mesmo nível médio de 2008, representando um dado interessante quando analisado à luz do cenário mundial. Algumas razões para este resultado podem ser o crescimento do PIB brasileiro, a inclusão de passageiros das classes B e C, a gradual liberalização tarifária produzida pela ANAC, as companhias aéreas em expansão, a maior competitividade entre as empresas e consequente redução no preço médio do quilômetro voado (redução de 48% no período de 2003 a 2008).

Assim, observa-se a forte dependência da economia ao transporte aéreo, sendo um fator que não pode ser negligenciado quando se desenvolve sua estratégia de atuação no mercado. Dessa forma, mudanças no cenário econômico, tecnológico, ou mesmo no cenário atual do turismo, como por exemplo, o deslocamento da atual fonte de turistas, dos países desenvolvidos para países em desenvolvimento, ou ainda o envelhecimento da população em algumas economias, têm forçado o sistema de transporte a buscar uma maior flexibilidade e eficiência.

Diante de tantos desafios, para a aviação comercial, em especial de passageiros, urge a necessidade de buscar alternativas para o crescimento dos lucros e aumento da participação no mercado. E neste sentido, a observação da importância do possível aumento de demanda gerado por mega-eventos, como fator relevante no desenvolvimento desse setor, torna-se fundamental.

No cenário nacional, desde a confirmação do país como cidade sede dos jogos Olímpicos e da Copa do Mundo, houve um aumento na frequência das notícias a respeito do caos no transporte aéreo brasileiro e as soluções propostas exigem prazos de execução extensos o que, no cenário destes futuros eventos de âmbito global a serem realizados no país, deixam claro que talvez não seja viável a sua realização e expõe a clara vistas a dificuldade de gestão dos investimentos em infraestrutura e de políticas públicas ágeis e flexíveis.

Diante do aumento da demanda já apontada em diversos estudos devido ao crescimento econômico do país e para fazer frente ao incremento proporcionado por estes dois grandes eventos, a Infraero (empresa pública brasileira de infraestrutura aeroportuária) tem anunciado investimentos em diversos aeroportos, dentre os 67 que administra. A discussão atual é se esses investimentos serão suficientes para promover melhorias que deem conta da demanda prevista para o período considerado.

Assim, este trabalho analisará algumas destas importantes implicações e seus possíveis

desdobramentos, buscando compreender se os investimentos provisionados serão eficientes dado o volume de passageiros previsto nos aeroportos. Para tanto usará um modelo de análise envoltória de dados – CCR – DEA (Charnes et al, 1978). O modelo terá um *input*, investimentos previstos no plano de investimentos da Infraero, e dois *outputs*, demanda incremental prevista para 2014 e para 2020 (a maioria dos estudos realizados considera que o impacto de 2016 será evidenciado em 2020). Ao agregar informações sobre o investimento e a demanda no período objetiva-se analisar em quais aeroportos os investimentos estarão mais adequados.

Uma vez que o interesse reside em minimizar a quantia envolvida nos investimentos de modo a conseguir atender a demanda prevista, o modelo DEA será orientado a *input*.

Na seção seguinte será realizada uma breve análise do setor do transporte aéreo no âmbito geral e no cenário brasileiro e a seção 3 discutirá os impactos gerados nas cidades sede de grandes eventos. Na seção 4 apresenta-se o modelo DEA e a seção 5 descreve o modelo usado no estudo. A seguir os resultados e análises serão apresentados. Continua-se a conclusão e as possibilidades de estudos futuros.

2. O setor do transporte aéreo.

É possível considerar a Segunda Guerra Mundial, ocorrida entre 1939 e 1945, como uma grande mola impulsora para o desenvolvimento do transporte aéreo. Até o advento da Guerra em questão, as grandes distâncias eram cobertas, basicamente, com o transporte marítimo. O confronto bélico gerado por esta guerra, envolvendo cerca de setenta países, embora devastador produziu um grande desenvolvimento tecnológico, e o surgimento de novas tecnologias tais como “radar, materiais construtivos mais leves e mais resistentes, cabines pressurizadas e a introdução das técnicas de construção de pistas de pouso asfaltadas ou concretadas (Espírito Santo Jr, 2004)”. Essas descobertas expandiram as opções de construção de aeronaves, possibilitando o vencimento de distâncias cada vez maiores.

Associa-se a esse acontecimento, a evolução tecnológica dos anos seguintes que estabeleceu um aumento no nível de confiabilidade das aeronaves promovendo vôos mais seguros, capazes de melhores resultados nos quesitos de tempo e alcance.

Embora a Segunda Guerra tenha atuado como propulsora, considera-se que a indústria da aviação possui, em média, 90 anos, e que empregue cerca de 40 milhões de pessoas (IATA, 2003). Segundo a IATA (2003), o transporte aéreo é um dos maiores contribuidores para a economia mundial, movimentando mais de 1,6 bilhões de passageiros anualmente e cerca de 40% da produção industrial exportada. Os números são, de fato, grandiosos, o que justifica o interesse em desenvolver o setor, objetivando melhores estratégias e com isso resultados ainda mais expressivos.

O setor do transporte aéreo envolve o transporte de pessoas e na maioria dos casos, esse deslocamento está associado ao turismo. Segundo Page (2011), a história do turismo está associada a fatores tais como crescimento da população e aumento da riqueza. O autor destaca que os maiores estimulantes à demanda são, de forma óbvia, lazer, tempo, dinheiro, a preferência do consumidor e, segundo alguns autores, o desenvolvimento do transporte, embora essa visão não seja consensual.

Fato é que se pode ligar o desenvolvimento do turismo à melhoria do setor de transporte, principalmente com o advento das ferrovias e navios a vapor, que possibilitaram o surgimento das viagens em massa e o aumento das possibilidades de viagem. Como dito anteriormente, com a ocorrência da Primeira Guerra Mundial (1914), houve uma interrupção no crescimento próspero das ferrovias e navios, desenvolvendo-se mais o automóvel, como meio de transporte mais utilizado. Seguido a esse momento, acontece Depressão (1930) e a Segunda Guerra Mundial (1939), com suas descobertas tecnológicas, que alavancam o desenvolvimento do transporte aéreo.

Essa mudança de cenário transforma a realidade do turismo até então vigente. Novos destinos são criados, e a possibilidade de se alcançar distâncias cada vez maiores, atraiu um número ainda maior de turistas. Segundo dados da WTO (2009), cerca de 269 milhões de pessoas

fizeram viagens internacionais, em 2008.

Ainda segundo a WTO (2009), em 2003, a receita do turismo internacional, representou cerca de 6% (algo em torno de 500 bilhões de dólares) do total mundial de exportação de produtos e serviços e tem sua demanda associada, diretamente, das condições financeiras dos mercados da economia em geral. Desse modo, um crescimento na economia geralmente produz um aumento no Turismo. O que o estudo da WTO afirma é que quando o PIB cresce acima de 4%, há um crescimento significativo no turismo internacional. O entendimento dessa relação é, então, fundamental para o estudo do crescimento da demanda turística e conseqüentemente, das necessidades de investimento na infraestrutura do transporte aéreo.

Embora o atual contexto econômico tenha gerado grande instabilidade no setor de turismo, há uma previsão de significativo crescimento. Segundo a WTO (2010), a expectativa é que o número de chegadas de turistas internacionais alcance a taxa de 1,6 bilhões no ano de 2020. Esse número expressivo pode ser dividido em duas categorias: intra-regionais com cerca de 1,2 bilhões e viagens de longa distância, com 378 milhões de chegadas. Neste cenário, três grandes regiões ocuparão posição de destaque, a Europa com cerca de 720 milhões de turistas, a Ásia Oriental e o Pacífico, com 397 milhões e as Américas, com 282 milhões.

Mesmo diante desse quadro, o cenário traçado pelo estudo do IPEA(2011) aponta para uma participação brasileira ainda inexpressiva no mercado mundial de transporte aéreo. Segundo a pesquisa, em 2008, as empresas aéreas brasileiras responsabilizaram-se por apenas 1,6% dos passageiros-quilometro transportado no mundo (domésticos e internacionais).

Segundo BNDES-McKinsey (2010), dentre os 20 mais importantes aeroportos do país, 13 já operam nos terminais de passageiros acima de sua capacidade, o que reduz significativamente o nível de serviço prestado. Essa limitação também se estende ao pátio e pista, embora em um menor nível. A deficiência da infraestrutura reside no fato dos investimentos não acompanharem às mudanças na demanda que caminha em ritmo aquecido.

De acordo com a Infraero (2011), em 2010, o número de passageiros embarcados e desembarcados em tráfego doméstico foi de 137,8 milhões e no tráfego internacional de 16 milhões. Esse total representa um aumento de 21,25% comparado ao ano de 2009. E em relação a cargas o total de movimentação no tráfego internacional foi de 643 mil toneladas e no doméstico a movimentação foi de 680 mil toneladas, representando, um aumento total de 8,84% se comparados aos resultados de 2009. Já a movimentação de aeronaves (pousos e decolagens) foi de 184,7 milhões no tráfego doméstico e de 153 milhões em 2010, significando um aumento de 15,60% em relação ao ano de 2009.

Como resposta aos números crescentes e aos eventos que o Brasil sediará nos próximos anos, a Infraero estabeleceu um Plano de Investimento para intervenções em terminais de passageiros (reforma e ampliação), melhorias em sistemas de pistas e pátios, construção de novas torres de controle e estruturas desmontáveis de módulos operacionais.

Entretanto, relatórios da TCU (2010) já apontavam para deficiências nos projetos elaborados e a existência de algumas situações que poderiam impedir a realização das obras dentro do prazo previsto o que remete à importância de uma correta adequação dos investimentos às necessidades de cada um dos aeroportos.

Assim, muito embora as perspectivas de curto, médio e longo prazo sejam otimistas, alguns aspectos relacionados a infraestrutura devem ser considerados como importantes impasses a um promissor resultado destas possibilidades. Dois eventos de grande monta como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016 colocam o Brasil em uma grande perspectiva de crescimento e ao mesmo tempo se configuram como desafios ao setor.

3. O impacto de grandes eventos nas cidades sede.

Embora muitos autores afirmem que a ligação entre o turismo e o transporte aéreo é de certa forma óbvia (Forsyth,2006; Bieger e Wittmer,2006), ainda há muito que se discutir a respeito do modo como se dá esta relação para o caso de mega eventos tais como Jogos

Olímpicos e Copa do Mundo de futebol.

A discussão envolve não apenas a questão do impacto financeiro (Matheson, 2009; Glynn, 2008; Owen, 2005; Brunet, 2005; Baade e Matheson, 2004) ou dos benefícios na indústria do turismo (Glynn, 2008; Chen, 2009; Xiaoduo and Jianxin, 2008), mas todos os outros fatores intangíveis como o nacionalismo (Maguire and Poulton (1999); Bairner (2001); Houlihan (1997); Wong (2002); Hillvoorde, Elling and Stokvis (2010), orgulho e emoções geradas desde o início da participação do país na eleição para a escolha da cidade-sede.

Diversos estudos a respeito dos impactos gerados por eventos desta monta consideram aspectos sociais (Bernstein (2000); Farrell (1989); Levine (1974); Ball (1972)), outros discutem as questões relacionadas ao meio ambiente e saúde (Hadjichristodoulou et al (2006); Allen et al.(2006); Weiler, Layton, Hunt (1998); Streets et al (2007)) e muitos outros autores aplicam estudos matemáticos e econômicos aos esportes (Heazlewood (2006); Bernard and Lusse (2004); Li, Liang, Chen and Morita (2008); Lins, Gomes, Soares de Mello et al (2003)).

Neste sentido, deve-se entender que sediar grandes eventos tais como o já citados precisa ser considerado um investimento público sendo inclusive exigência de alguns comitês, que os eventos tragam benefícios de longo prazo para as cidades que os sediam.

Para Londres (UK) que sediará os Jogos Olímpicos de 2012, estudos (PricewaterhouseCoppers, 2005) apontam para um aumento de £ 5.9 bilhões no PIB no período de 2005 a 2016, pois considera-se ainda um lastro de benefícios nos anos seguintes ao evento. Para o Reino Unido, o esperado é um incremento de £ 1.9 bilhões no PIB. Outros fatores ainda considerados são os estímulos a investimentos nas áreas mais pobres de Londres e o aumento do número de empregos além do legado cultural e esportivo à cidade.

Em se tratando do crescimento do setor do transporte aéreo, se ele está associado ao aumento do turismo e este se relaciona ao aumento do PIB de um determinado país, associam-se projeções de crescimento das cidades sede à necessidade de crescimento proporcional do setor aéreo. Por associação simples, considerando não apenas o aumento no fluxo de passageiros no período, mas também os impactos financeiros às cidades sede, é possível esperar que a demanda pelo transporte aéreo sofra uma grande impacto positivo, apresentando números consideráveis.

4. Modelo DEA

A análise envoltória de dados (DEA – Data Envelopment Analysis) foi desenvolvida por Charnes et al [1978] e utiliza programação linear para uma avaliação comparativa da eficiência de unidades, chamadas de Unidades tomadoras de decisão (DMU – Decision maker unit).

O propósito principal do modelo DEA é comparar certo número de DMUs que realizam atividades similares, mas que se distinguem pela quantidade de recursos de entradas e saídas utilizada.

Os modelos CCR e BCC são os mais clássicos na abordagem de Análise Envoltória de Dados. O primeiro, modelo CCR ou CRS (Constant Returns to Scale) proposto por Charnes et al (1978), considera a construção de uma superfície linear por partes, não paramétrica, que envolve os dados. Este modelo supõe retornos constantes de escala, no qual, as variações de saídas produzidas (outputs) são proporcionais a quaisquer variações nas entradas (inputs).

Neste trabalho será utilizado o modelo DEA CCR proposto por Charnes et al (1978). A modelagem construída em DEA considera cada DMU k , $k = 1, \dots, n$ uma unidade tomadora de decisão. Essas DMUs utilizarão um determinado nível de inputs x_{ik} , tendo $i = 1, \dots, r$, para produzir outputs y_{jk} , onde $j = 1, \dots, s$. O modelo CCR apresentado a seguir tem como principal objetivo maximizar o quociente entre a uma combinação dos outputs e uma combinação dos inputs, com a restrição de que o quociente para todas as outras DMUs não pode ser maior do que 1. Assim, o modelo preconiza que h_0 é medida de eficiência da DMU o , y_{jk} é o output j ($j = 1, \dots, s$) da k^{th} DMU ($k = 1, \dots, n$), x_{ik} é o input i ($i = 1, \dots, r$) da k^{th} DMU e μ_j e v_i são os pesos dos outputs e os inputs respectivamente.

$$\begin{aligned} \max h_o &= \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{io}} \\ \text{sujeito a} & \\ & \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, \dots, n \\ & u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (1)$$

Com a proposta de Charles e Cooper (1962), o modelo (1) é linearizado e se transforma em um problema de programação linear (PPL) apresentado a seguir:

$$\begin{aligned} \max h_o &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} & \\ & \sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1 \\ & \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, n \\ & u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (2)$$

Este então será o modelo utilizado neste trabalho.

Outra abordagem desse trabalho será a consideração de um modelo de avaliação cruzada proposta por Doyle e Green [1994] como um modo de aumentar a discriminação entre as DMUs consideradas. A idéia principal é avaliar todas as DMUs como um grupo (avaliação pareada). Enquanto no DEA clássico cada DMU é avaliada sob o seu próprio ponto de vista, na avaliação cruzada cada uma das DMUs passa a ser avaliada sob o ponto de vista das demais unidades [Angulo-Meza e Lins (2002)]. Matematicamente, a avaliação cruzada utiliza os pesos atribuídos a cada DMU k , u_{ki} e v_{kj} para avaliar as demais unidades, conforme mostrado em (3), onde E_{ks} é a eficiência da DMUs avaliada segundo os pesos da DMU k . O modelo a ser utilizado é descrito a seguir em (4):

$$E_{ks} = \frac{\sum_i u_{ki} y_{si}}{\sum_j v_{kj} x_{sj}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Minimizar} & \sum_i \left(u_{ki} \sum_{s \neq k} y_{si} \right) - \left(\sum_j v_{kj} \sum_{s \neq k} x_{sj} \right) \\ \text{sujeito a} & \\ & \sum_j v_{kj} x_{kj} = 1, \\ & \sum_i u_{ki} y_{ki} - E_{kk} \sum_j v_{kj} x_{kj} = 0, \\ & \sum_i u_{ki} y_{si} - \sum_j v_{kj} x_{sj} \leq 0, \quad \forall s \neq k, \\ & u_{ki}, y_{si} \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Também será utilizada a fronteira invertida de DEA [Entani et al.,2002] que permite uma melhor discriminação das DMUs que atribuem peso zero a muitas variáveis. Este modelo pode ser considerado como um modo otimista de avaliar a eficiência dos aeroportos. Neste modelo os inputs e outputs são invertidos. Assim uma alta eficiência neste modelo representa um baixo desempenho da DMU. Como a fronteira clássica de DEA representa uma avaliação otimista e a fronteira invertida representa uma avaliação pessimista, um índice composto [Angulo-Meza et al., 2005] pode ser descrito em (5) como:

$$\text{Índice de eficiência composta} = \frac{\text{eficiência clássica} - \text{eficiência invertida} + 1}{2} \quad (5)$$

5. Dados e Modelagem

A partir do modelo discutido na seção anterior a modelagem do problema considerou como input os investimentos previstos em alguns aeroportos brasileiros e como outputs as demandas previstas para estes aeroportos em 2014 e 2016.

De forma resumida as variáveis utilizadas foram:

- DMUs: Os aeroportos contemplados no Plano de Investimento da Infraero formavam um total de 13 unidades. Entretanto, como as previsões de demanda consideravam os aeroportos de São Paulo um bloco, considerou-se o Aeroporto de Internacional de São Paulo-Garulhos (SBGR/GRU) e o Aeroporto Internacional de Campinas-Viracopos (SBKP/VCP) como uma só DMU; Assim, foi considerado um total de 12 DMUs.
- 1 Input – total de investimentos previsto;
- 2 Outputs – demanda 2014 e 2020 (considerou-se a demanda 2020 e não 2016 porque a maioria dos estudos considera o lastro de benefícios das Olimpíadas, e não realizam previsão de demanda para o ano do evento e sim para os anos seguintes.)
- Foram feitas três análises de acordo com o cenário Pessimista, Otimista e Base da previsão de demanda.

Para o modelo então se definiu:

- k DMUs ($k=1 \dots 12$);
- x_{ki} inputs ($i=1; k=1, \dots, 12$);
- y_{kj} output ($j=1, 2; k=1, \dots, 12$);

Os dados dos investimentos da Infraero foram retirados de TCU (2010) e os dados relativos a previsão de demanda de passageiros foram extraídos de BNDES-Mckinsey (2010) com dados da Infraero e ITA. A seguir tem-se a tabela com os dados compilados.

Tabela 1 - Dados de Investimentos e Demanda

| AEROPORTO | INVEST. ATÉ 2014 | INVEST. PÓS 2014 | TOTAL DE INVEST. PREVISTOS | Demanda 2014 (Em milhões pax) | | | Demanda 2020 (Em milhões pax) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-------------------------------|------|----------|-------------------------------|------|----------|
| | | | | Pessimista | Base | Otimista | Pessimista | Base | Otimista |
| SBCF/CNF - Aeroporto Internacional de Belo Horizonte (Tancredo Neves/Confins) | 408,6 | 0,0 | 408,6 | 6,9 | 7,9 | 8,9 | 8,6 | 10,9 | 14,4 |
| SBBR/BSB - Aeroporto Internacional de Brasília (Juscelino Kubitschek) | 755,8 | 529,1 | 1284,9 | 13,8 | 15,8 | 17,9 | 16,7 | 21 | 27,9 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SBGY/CGB - Aeroporto Internacional de Cuiabá (Marechal Rondon) | 90,2 | 0,0 | 90,2 | 1,9 | 2,2 | 2,5 | 2,4 | 3 | 4 |
| SBCT/CWB - Aeroporto Internacional de Curitiba (Afonso Pena) | 72,8 | 0,0 | 72,8 | 5,4 | 6,2 | 7 | 6,6 | 8,4 | 11,1 |
| SBFZ/FOR - Aeroporto Internacional de Fortaleza (Pinto Martins) | 279,5 | 128,3 | 407,8 | 4,9 | 5,7 | 6,4 | 6,2 | 7,8 | 10,4 |
| SBEG/MAO - Aeroporto Internacional de Manaus (Eduardo Gomes) | 327,4 | 52,2 | 379,6 | 2,7 | 3,1 | 3,5 | 3,3 | 4,2 | 5,6 |
| SBPA/POA - Aeroporto Internacional de Porto Alegre (Salgado Filho) | 345,8 | 133,8 | 479,6 | 6,3 | 7,2 | 8,1 | 7,7 | 9,7 | 12,9 |
| Aeroporto Internacional de Natal (São Gonçalo do Amarante) | 213,4 | 0,0 | 213,4 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 2,7 | 3,4 | 4,5 |
| SBRF /REC - Aeroporto Internacional do Recife (Gilberto Freyre/Guararapes) | 19,8 | 0,0 | 19,8 | 6 | 6,9 | 7,8 | 7,6 | 9,5 | 12,6 |
| SBGL/GIG - Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Tom Jobim/Galeão) | 687,3 | 0,0 | 687,3 | 18,8 | 21,5 | 24,2 | 22,7 | 28,5 | 37,5 |
| SBSV/SSA - Aeroporto Internacional de Salvador (Deputado Luís Eduardo Guimarães) | 45,1 | 0,0 | 45,1 | 8,1 | 9,3 | 10,6 | 10,3 | 13 | 17,2 |
| SBGR/GRU- Aeroporto Internacional de São Paulo (Governador André Franco Montoro/Guarulhos) | 1219,4 | 714,4 | 4058,5 | 41,4 | 47 | 53,1 | 48,4 | 61 | 79,6 |
| SBKP/VCP - Aeroporto Internacional de Campinas (Viracopos) | 581,0 | 1543,7 | | | | | | | |
| TOTAL | 5046,1 | 3101,5 | 8147,6 | 118,4 | 135,3 | 152,8 | 143,2 | 180,4 | 237,7 |

Obs: Demanda RJ considera Galeão + Santos Dumont

Demanda BH considera Confins + Pampulha

Demanda São Gonçalo do Amarante considera Natal

Demanda São Paulo considera Garulhos/Congonhas e Viracopos

6. Resultados

Para a realização dos cálculos foi utilizado o software SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisão (Angulo-Meza (2002)). Além dos resultados encontrados na fronteira clássica, compararam-se também os resultados encontrados para cada um dos aeroportos em termos da eficiência clássica e da eficiência invertida utilizando a eficiência composta e a eficiência composta normalizada (sinalizada por composta*) apresentada na Tabela 2, para o caso de demanda base. A eficiência composta foi calculada a partir da expressão (5). Além disso, considerou-se também a eficiência composta normalizada, denotada por composta* que fornece a mesma ordenação da composta, mas os valores são normalizados ficando entre 0 e 1.

Tabela 2 - Resultado Eficiência Demanda Base

| Aeroportos | Padrão | Invertida | Composta | Composta* |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|
| SBCF/CNF | 0,055599 | 0,422383 | 0,316608 | 0,320362 |
| SBBR/BSB | 0,035286 | 0,676976 | 0,179155 | 0,181279 |
| SBGY/CGB | 0,069989 | 0,334826 | 0,367582 | 0,37194 |

| | | | | |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| SBCT/CWB | 0,244386 | 0,09589 | 0,574248 | 0,581056 |
| SBFZ/FOR | 0,040109 | 0,584262 | 0,227923 | 0,230626 |
| SBEG/MAO | 0,023434 | 1 | 0,011717 | 0,011856 |
| SBPA/POA | 0,043079 | 0,547054 | 0,248012 | 0,250953 |
| SGdoAmar. | 0,033617 | 0,697092 | 0,168263 | 0,170258 |
| SBRF /REC | 1 | 0,023434 | 0,988283 | 1 |
| SBGL/GIG | 0,089765 | 0,266824 | 0,411471 | 0,416349 |
| SBSV/SSA | 0,60077 | 0,039603 | 0,780584 | 0,789838 |
| SBGR/GRU | 0,033231 | 0,736137 | 0,148547 | 0,150308 |
| SBKP/VCP | | | | |

Ficou notório ao estudo que não houve muita variação de resultados as análises para as demandas Base, Otimista e Pessimista previstas. Desta forma, a discussão será realizada considerando o panorama geral encontrado.

Alguns casos interessantes devem ser analisados mais de perto. O primeiro é o SBRF/REC - Aeroporto Internacional de Recife (Gilberto Freyre/Guararapes).

O aeroporto de Recife foi considerado eficiente em todas as análises, não importando qual a demanda prevista (base, otimista e pessimista) e o tipo de fronteira utilizada. Isso se deve a dois fatores interessantes. O primeiro é que devido a construção matemática do modelo DEA, os aeroportos com o menor input (considerando o modelo orientado a input) serão sempre considerados eficientes. E o menor total de investimentos previstos pelo Plano de Investimentos da Infraero é para o aeroporto de Recife, para o qual se prevê apenas a construção de uma torre de controle.

Além disso, segundo estudo da BNDES-Mckinsey (2010) com os dados da Infraero, o aeroporto de Recife apresentará lacuna de capacidade, em termos do número de pax movimentado, a partir de 2020. Então, o aeroporto atribuiu peso zero ao output 2 que é a demanda prevista para 2020, tornando-se então eficiente.

Este resultado pode ser melhor estudado a partir da análise cruzada, quando o aeroporto tinha sua eficiência calculada sob o ponto de vista da política de pesos dos demais aeroportos. Para o caso do aeroporto de Recife, ele é sempre considerado eficiente, não importando a política de pesos a ele atribuída. Isso então permite analisar o nível de investimentos face à demanda prevista para os períodos considerados. Segundo os dados encontrados, o aeroporto de Recife teria problemas em atender as demandas futuras, mas ainda estaria em uma posição melhor do que os demais aeroportos incluídos neste estudo.

Outro resultado que merece uma análise mais próxima é o SBEG/MAO - Aeroporto Internacional de Manaus (Eduardo Gomes). Uma avaliação de demanda e capacidade indica uma lacuna de capacidade já em 2014. As obras previstas no Plano de Investimentos da Infraero no projeto e obra de reforma e ampliação do terminal de passageiros com uma fase em 2013 e outra em 2015. Entretanto, os resultados classificam o aeroporto como o de menor eficiência, mesmo na consideração da fronteira invertida. Isso pode ser explicado por seus níveis de demanda prevista nos anos seguintes (embora já se preveja que aeroporto não dará conta de atender a estes níveis) dado o investimento a ser realizado se comparado aos demais aeroportos. Assim o modelo indica que o aeroporto possui uma capacidade ociosa de demanda dado o investimento realizado. O que se avalia é que haverá, de fato, uma folga, se os investimentos previstos forem, implementados. Mas esta folga não deve ser reduzida, considerando o aumento de demanda esperado de 2020 em diante. A eficiência deste aeroporto continua baixa, mesmo na avaliação cruzada. Isso significa que sob o ponto de vista dos pesos das demais DMUS, esse aeroporto continua ineficiente.

Depois do Aeroporto Internacional de Recife, o melhor resultado de eficiência foi encontrado no SBSV/SSA - Aeroporto Internacional de Salvador (Deputado Luís Eduardo Guimarães). O investimento previsto pela Infraero para o aeroporto SBSV/SSA é o segundo mais

baixo dentre os aeroportos deste estudo, e será aplicado na reforma e adequação do terminal de passageiros, ampliação do pátio de aeronaves e construção da torre de controle. Esse valor mais baixo já o coloca, pela própria formulação matemática de DEA com um resultado de eficiência melhor do que os demais, embora suas condições de atendimento a demanda já se tornem críticas ainda em 2014. Além disso, na avaliação cruzada, seus resultados não atingiram a eficiência máxima, mas mantiveram-se perto da eficiência calculada pela fronteira padrão DEA, indicando que mesmo utilizando o ponto de vista de pesos dos demais aeroportos, ele se mantém dentro de um nível de eficiência atingido em sua auto avaliação.

Por fim avalia-se o conjunto de São Paulo, o SBGR/GRU- Aeroporto Internacional de São Paulo (Governador André Franco Montoro/Guarulhos) e SBKP/VCP - Aeroporto Internacional de Campinas (Viracopos). Os aeroportos de São Paulo já encontram uma situação de saturação em sua capacidade dada ainda a demanda atual. Seu resultado de eficiência é muito baixo, principalmente por ter o maior nível de investimentos previstos. O plano da Infraero planeja para o Aeroporto Internacional de São Paulo a construção do terminal de passageiros 3, ampliação do sistema de pátios e pista e a construção de pista de táxi de saída rápida. Para o Aeroporto Internacional de Campinas a previsão é de construção de novo terminal de passageiros e pátio e adequação do terminal de passageiros existentes.

Sendo São Paulo o maior hub do país, seguido de longe pelo Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, no voo internacional e por este juntamente com o Aeroporto Internacional de Brasília, no voo doméstico, os investimentos ainda encontram-se desajustados dada a demanda prevista. Mesmo em uma avaliação mais benevolente, na fronteira invertida, os resultados não foram melhores, e o aeroporto continuou apresentando uma baixa eficiência. A avaliação cruzada também permitiu utilizar diferentes conjuntos de pesos que na maioria dos casos, tornou a eficiência ainda pior, representando a criticidade da situação desses aeroportos.

Para todos os casos estudados, o benchmark foi o SBRF/REC - Aeroporto Internacional de Recife (Gilberto Freyre/Guararapes) que apresentou o melhor resultado, como já foi discutido nesta seção.

7. Considerações Finais

Os resultados apontados por este trabalho ainda são parciais e requerem análises mais detalhadas dos investimentos previstos para cada um dos aeroportos estudados bem como uma comparação entre a demanda existente e a demanda futura, para permitir um melhor entendimento dos impactos gerados pelos valores provisionados. Para além da discussão política, que envolve o atraso nas obras, a dificuldade na realização de projetos e licitações e a morosidade na tomada de decisões estratégicas, este estudo teve como objetivo identificar a adequação dos investimentos dada a demanda prevista, no período de tempo considerado.

As análises apontam para que há uma grande dispersão entre os investimentos dos aeroportos. Isso indica que o Brasil precisa urgentemente, como já muito comentado pelas mídias nacionais, reconsiderar suas políticas de investimento e suas estratégias para os aeroportos, caminhando para além da consideração dos mega-eventos que o país sediará. É preciso uma reestruturação de médio-longo prazo, entendendo em que nível de serviço os aeroportos brasileiros desejam operar.

No modelo os aeroportos que estabeleceram uma estrutura de pesos e atribuição de importância média a demanda de um só período (na maioria dos casos, 2014) parecem obter melhores resultados na análise, o que é de certa forma, óbvio considerando a demanda em crescimento no país.

Este trabalho pode ser útil aos atletas e seus treinadores na definição de quais modalidades investir para que suas pontuações finais sejam mais competitivas. Em trabalhos futuros este ponto será aprofundado.

A continuação desse trabalho em estudos futuros prevê o uso de modelos Fuzzy-DEA utilizando output variável o intervalo a previsão de demanda e incluindo outras variáveis, tais como a demanda atual de cada um dos aeroportos, ou ainda a lacuna de capacidade prevista para cada um dos casos.

Referências

- Allen T.L., Jolley S.J., Cooley V.J., et al. (2006)** The epidemiology of illness and injury at the alpine venues during the Salt Lake City 2002 Winter Olympic Games. *Journal of Emergency Medicine*, 30, 197-202.
- Angulo Meza, L.; Lins, M.P.E.** Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research*, v. 116, p. 225-242, 2002.
- 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 a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v.25, n.3, p 493-503. 2005
- Bieger, T. e Wittmer, A. (2006)** Air Transport and Tourism – Perspectives and Challenges for Destinations, Airlines and Governments In: *Journal of Air Transport Management*, vol. 12, pp. 40-46.
- BNDES-McKINSEY COMPANY. (2010).** Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado. Rio de Janeiro: McKinsey & Company, 2010.
- Baade R. A., & Matheson V. A. (2004).** The quest for the Cup: Assessing the economic impact of the World Cup. *Regional Studies*, 38(4), 343-54.
- Bairner A (2001)** Sports, Nationalism, and Globalization: European and North American Perspectives. Stony Brook: State University of New York Press.
- Ball, D. W. (1972).** Olympic Games Competition: Structural Correlates of National Success. *International Journal of Comparative Sociology* 12,186–200.
- Bernard, A. B. and Busse, M. R. (2004)** Who wins the Olympic games: economic resources and medal totals. *Rev. Econ. Stat.*, 86, 413–417.
- Bernstein, E. (2000).** Things You Can See from There You Can't See from Here: Globalization, Media, and the Olympics, *Journal of Sport and Social Issues* 24, 351–69.
- Brunet, F.** The Economic Impact of the Barcelona Olympic Games, 1986-2004. Barcelona: Centre d'Estudis Olímpics UAB, 2005. Disponível em http://olympicstudies.uab.es/pdf/wp084_eng.pdf
- Charnes, A., Cooper, W. W., 1962.** Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quarterly*, v. 15, pp. 517-522.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978)** Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*. 2 (6), 429-444.
- Cheng, X. (2009).** The urban system impact on post-games development of the olympics' venues in china. Paper read at 2009 International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference, IACSIT-SC.
- Doyle, J. R., Cook, W. D. & Green, R. H. (1996)** Preference voting and project ranking using DEA and cross evaluation. *European Journal of Operational Research.*, 90, 461–472.
- Doyle J, Green R (1994)** Efficiency and cross-efficiency in DEA – Derivations, meanings and uses. *Journal of the Operational Research Society*, 45(5), 567-578.
- Entani, T., Maeda, Y., Tanaka, H. (2002).** Dual Models of Interval DEA and its extensions to interval data. *European Journal of Operational Research*, 136, 32-45
- Espirito Santo JR., R. A..** Políticas, Oportunidades e Desafios para o Binômio Transporte Aéreo-Turismo no Brasil. Trabalho vencedor o I Prêmio Nacional EBAPE-FGV/EMBRATUR de Monografias e Estudos de Caso do Setor de Turismo, 12 de janeiro de 2004.
- Farrell, T. (1989)** Media Rhetoric as Social Drama: The Winter Olympics of 1984. *Critical Studies in Mass Communication* 6, 158–82.
- Forsyth, P.** Martin Kunz Memorial Lecture. Tourism Benefits and Aviation Policy in: *Journal of Air Transport Management*, vol. 12, pp. 3-13.
- Glynn, M. (2008)** Configuring the field of play: how hosting the Olympic Games impacts civic community. *Journal of Management Studies*, 45 (6), 1117-1146.
- Hadjichristodoulou C, Mouchtouri V, Vaitsi V, et al.(2006).** Management of environmental health issues for the 2004 Athens Olympic Games: is enhanced integrated environmental health surveillance needed in every day routine operation? *BMC Public Health*, 6, 306.

- Heazlewood, T. (2006)** Prediction versus reality: The use of mathematical models to predict elite performance in swimming and athletics at the Olympic Games. *Journal of sports science and Medicine*, 5, 541-547.
- Hilvoorde I., Elling A. and Stokvis, R. (2010)** How to influence national pride? The Olympic medal index as a unifying narrative. *International Review for the Sociology of Sport*; 45, 87.
- Houlihan B (1997)** Sport, national identity and public policy. *Nations and Nationalism* 3(1), 113–37.
- INFRAERO – EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA.** Anuário Estatístico Operacional 2010. (2011).
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA).** Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/portal>. Acesso em 05 de abril de 2011.
- INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA).** Business Confidence Survey (2009). Disponível em <http://www.iata.org>. Acesso em 01 de maio de 2011.
- _____. Monthly Traffic Analysis. (2009). Disponível em <http://www.iata.org>. Acesso em 01 de maio de 2011.
- _____. International Traffic Statistics. (2003). Disponível em http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/traffic_results/2003-12-05-01.htm. Acesso em 01 de maio de 2011.
- Levine, N. (1974).** Why Do Countries Win Olympic Medals? Some Structural Correlates of Olympic Games Success: 1972. *Sociology and Social Research*, 58, 353–60.
- Li, Y., Liang, L., Chen, Y. and Morita, H. (2008)** Models for measuring and benchmarking olympics achievements. *Omega – International Journal of Management Science*. 36 (6), 933-940.
- Lins, M. P. E., Gomes, E. G., Soares de Mello, J. C. C. B. and Soares de Mello, A. J. R. (2003)** Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model. *European Journal of Operational Research*. 148 (2), 312-322.
- Maguire J, Poulton E (1999)** European identity politics in Euro 96: Invented traditions and national habitus codes. *International Review for the Sociology of Sport* 34(1), 17–29.
- Matheson, V. (2009).** Economic multipliers and mega-event analysis. *International Journal of Sport Finance*, 4(1), 63-70.
- Owen. J.** Estimating the Cost and Benefit of Hosting Olympic Games: What Can Beijing Expect from Its 2008 Games? *The Industrial Geographer*, Fall 2005. Disponível em http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4127/is_200510/ai_n15705690
- Page, Stephen.** Transporte e Turismo. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- PricewaterhouseCoopers e Department for Culture, Media and Sport.** Olympic Games Impact Study. DCMS, 2005 London Reference Collection shelfmark: OPA.2006.x.73 Document Supply shelfmark: m07/.17417 DSC. Disponível em www.culture.gov.uk/images/publications/OlympicGamesImpactStudy.pdf. Acesso em 01 de maio de 2011.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO (WTO).** Disponível em: <http://www.unwto.org>. Acesso em 25 de abril de 2011.
- Streets, J.S et al. (2007)** Air quality during the 2008 Beijing olympic games, *Atmospheric Environment*, 41, 480–492.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU).** Levantamento Copa do Mundo 2014. Disponível em <http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/copa2014>. Acesso em 04 de abril de 2011.
- Weiler, J.M. Layton, T. and Hunt, M. (1998).** Asthma in United States Olympic athletes who participated in the 1996 Summer Games. *J. Allergy Clin Immunol*, 102 (5), 722-726
- Wong L.L. (2002)** Global celebrity athletes and nationalism. *Journal of Sport & Social Issues* 26(2), 168–94.
- Xiaoduo, C., e Jianxin, Y. (2008).** The factors of the urban system influenced post-development of the olympics' venues. Paper read at 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008.