

Análise do Aeroporto de Ribeirão Preto Sobre a Perspectiva de Séries Temporais de Passageiros e Cargas Aplicadas Por Regressão Linear Múltipla

Analysis of Ribeirão Preto Airport on Temporal Series Passenger Perspective and Loads Applied for Multiple Linear Regression

Luiz Rodrigo Bonette*^{ab}; Walther Azzolini Junior^c; Jorge Alberto Achcar^{ad}

^aCentro Universitário de Araraquara, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Produção, SP, Brasil.

^bCentro Universitário UNISEB Interativo, SP, Brasil.

^cUniversidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, SP, Brasil.

^dUniversidade de São Paulo, Departamento de Medicina Social, SP, Brasil.

*E-mail: rogonette@hotmail.com

Resumo

Esta pesquisa tem como proposta a identificação do maior aeroporto do interior do Estado de São Paulo utilizando fatores, que determinam a viabilidade de *hubs* regionais do modal aeroportuário medido por meio de dados secundários do período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2014. É estabelecido o fluxo de movimentação do modal aéreo a partir de critérios de avaliação do desempenho de operações/volumes, do ponto de vista da eficiência operacional e econômica do Aeroporto de Ribeirão Preto. A pesquisa abrange séries temporais de passageiros e cargas, sendo aplicada a regressão linear múltipla utilizando o método de modelagem estatística. Os pressupostos desta pesquisa concluem que o aeroporto de Ribeirão Preto é um excelente *hub*, caracterizado pelas altas demandas de passageiros e cargas, propondo a necessidade da constante observação por métodos quantitativos de pesquisa com o objetivo de entendimento de sua necessidade por critérios econômicos e de sistemas de transportes logísticos aéreos. Conta-se que existam fortes indícios para as contribuições futuras sobre temas como expansão, concessão ou mesmo internacionalização de aeroportos secundários ou regionais no interior do Brasil, porém devem seguir, inicialmente, a análise do comportamento de demandas históricas, comprovando que a região em que se localiza tem um forte perfil de produtos de valor agregado com relação aos critérios logísticos gerais observáveis, como: o fator tempo e custo nas operações de otimização de transporte e distribuição aérea.

Palavras-chave: *Hub-and-Spoke*. Hubs Regionais. Aeroportos Secundários. Regressão Linear.

Abstract

This research proposes the identification of the largest airport in the state of São Paulo using factors that determine the feasibility of regional hubs of the modal airport measured by secondary data for the period from January 1st 2008 to December 31st 2014. It is established the air mode movement flow from evaluation criteria of the operations/ volumes performance from the point of view of the operational and economic efficiency of the Ribeirão Preto Airport. The survey covers time series passengers and cargo, being applied to multiple linear regression using statistical modeling method. The assumptions of this study conclude that the Ribeirão Preto airport is an excellent hub characterized by its high passengers and cargo demands proposing the need for constant observation by quantitative research methods with the aim of understanding their need for economic criteria and air transport logistics systems. It is said that there must be strong evidence for their future contributions in topics such as expansion, concession or even internationalization of secondary or regional airports in the interior of Brazil, but it must first follow the behavior analysis of their historical demands proving that the region where it is located has a strong profile of value-added products regarding the general logistical criteria observable as the time factor and costs in air transport and distribution optimization operations.

Keywords: *Hub-and-Spoke*. Regional Hubs. Secondary Airports. Linear Regression.

1 Introdução

Analisar possíveis *hubs* aéreos regionais e aeroportos secundários dentro de uma rede de transporte ou sistema logístico se tornou algo relevante para o escoamento da logística de passageiros e cargas, em áreas de desenvolvimento econômico, no interior do estado de São Paulo.

Sendo que o objetivo geral deste trabalho é analisar e caracterizar o comportamento das séries temporais de passageiros e cargas do Aeroporto de Ribeirão Preto por meio da análise de variáveis de operações aeroportuárias, como: passageiros e cargas e as covariáveis econômicas como a cotação do dólar e a taxa de desemprego.

O aeroporto de Ribeirão Preto encontra-se em primeiro

lugar, segundo os dados secundários do Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (DAESP, 2015) pelos relatórios de movimentação estatística consolidados nesta pesquisa entre o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2014.

Colocando-o, assim, como um polo indutor de desenvolvimento estratégico e expansão dentro da região geográfica, que abrange a interação entre o sudeste e o centro-oeste brasileiro.

Já os objetivos específicos se apresentam como a aplicação de modelos matemáticos para geração de possíveis hipóteses na interpretação das variáveis e covariáveis dos relatórios com estatística de movimentação do aeroporto, a comparação entre a evolução e a sazonalidade do transporte de passageiros e de

cargas aéreas.

Justifica esta pesquisa como principal contribuição para a análise da composição da formação de *hubs* regionais ou aeroportos secundários por meio de fatores de operações aeroportuárias e econômicas.

O uso do método de modelos matemáticos com as técnicas de séries temporais e de regressão linear trazem os achados relevantes pelos dados secundários de órgão oficial (DAESP, 2015).

O presente artigo é estruturado na revisão da literatura, na aplicação dos modelos estatísticos e conclusão.

2 Desenvolvimento

2.1 Metodologia

A revisão proposta aborda questões sobre *hubs* regionais, *hubs* secundários e hierarquia de aeroportos, associando recortes dos métodos de pesquisa, que se alinham a aspectos que caracterizam esta pesquisa relacionada às variáveis passageiros e cargas.

Bowen (2000); Gardiner, Humphrey e Ison (2005); Gardiner e Ison (2008); e Yaman, Kara e Tansel (2001) explicam a classificação *hub*, a hierarquia *hub* e o comportamento individual dos aeroportos a estes fenômenos.

Burghouwt e Hakfoort (2001) mencionam que a evolução da capacidade dos tipos de rota dentro do sistema *hub-and-spoke* é crescente, preferencialmente nas rotas aro (*spokes*) do que nas rotas sobrepostas chamadas de raio-raios e das rotas *hub-hub* dentro da rede de transporte aéreo. Dentro deste contexto é determinada a análise do nível de quatro tipos de rotas no sistema *hub-and-spoke* como se pode analisar abaixo:

- Rotas *hub-hub*: De aeroportos primários ou secundários até *hubs* primários ou secundários.
- Rotas *hub-spoke*: Entre aeroportos primários ou centros secundários e médios, pequenos ou muito pequenos.
- Raios rotas: Entre médio, pequenos ou muito pequenos aeroportos.
- Rotas intercontinentais: rotas entre aeroportos fora da Europa, por ex: Amsterdam-Bangkok.

Este fenômeno descrito acima, nesta literatura, consiste na formação de uma rede *hub* e nos seus raios de abrangência no período de 1990-1998, sugerindo que os tipos de aeroportos menores se tornaram mais importantes no lidar com o tráfego e mostraram mais potencial de crescimento.

Maertens (2001), Redondi, Malighetti e Paleari (2011), Scholz e Cossel (2011), Castilho-Manzano, Lopez-Valpuesta e Pedregal (2012), Fageda (2014) e Bilotkach, Fageda e Flores-Fillol (2013) relatam estudos sobre o comportamento dos *hubs* secundários.

Scholz e Cossel (2011) complementam que a importância dos aeroportos individuais em uma rede, geralmente, é avaliada por medidas baseadas em localização como, por exemplo: passageiros, carga ou números de operações, porém esta abordagem sendo analisadas isoladamente em suas

medidas negligência a importância do aeroporto para toda configuração de rede (estrutura da rede *hub-and-spoke*), sendo necessário a abordagem temporal e espacial para garantir a otimização da rede e sua caracterização.

Castilho-Manzano, Lopez-Valpuesta e Pedregal (2012) mencionam em suas análises, pesquisas e estudos sobre aeroportos regionais, mini-*hubs* e redes regionais de transporte aéreo.

Burghouwt (2014) estrutura dentro da rede aérea três tipos de sistemas *multihub*, que podem ser distinguidos como: o (1) complementar, o de (2) transbordo e o (3) sistema regional.

1. No “sistema *multihub* complementar”, os *hubs* servem algumas rotas de longo curso em conjunto. Isto permite beneficiar o maior rendimento do mercado local de origem-destino em torno de ambos os *hubs* e competir com frequência neste cenário. Os *hubs* são complementares sobre destinos menores: ambos têm rotas de longo curso, em que eles possuem uma clara vantagem sobre o outro *hub* ou no mercado de origem-destino.
2. No “sistema de transbordo”, os centros secundários exercem as funções como um *hub* de transbordo para o *hub* principal. Grandes destinos são servidos de ambos os *hubs*, mas o *hub* secundário carece de quaisquer vantagens no mercado de origem-destino. Por conseguinte, menores destinos intercontinentais são servidos a partir do *hub* principal.
3. No sistema regional, o centro regional desempenha um papel bastante independente aos *hubs* primário / secundário cobrindo um mercado geográfico que não pode ser coberto pelos centros primário / secundário.

Suau-Sanchez, Voltes-Dorta e Rodriguez-Deniz (2015) descrevem que a finalidade da ideia de classificar os aeroportos de acordo com o “papel” que desempenham dentro de sua região em rede está sempre presente e a relevância da conectividade. Nesse aspecto, fica claro que os conceitos de “*hub*” e “conexões” são para nomear suas categorias de aeroportos. Apesar disso, o total de tráfego de passageiros é, de longe, o critério mais popular para o aeroporto em classificação, que sem dúvida, causa a transparência e a simplicidade nas categorizações.

Yu, Yu e Bo (2015) propõem que, a estratégia de *design* de rede *hub-and-spoke* pelo critério de confiança considera, explicitamente, a indisponibilidade *hub*, ou seja, a disponibilidade de um *hub* central “substituto” ou “reserva” chamados de *center backup*, com isto, as decisões de rotas alternativas serão consideradas na fase de projeto e custo relacionando e incluindo a função objetivo deste problema do projeto analisado da rede *hub-and-spoke*.

Com esta estratégia citada acima os autores pretendem desenvolver um novo tipo de modelo de otimização para minimizar o custo operacional, considerando tanto a situação normal, que é a interrupção livre das rotas, e também situações que existem *hubs* para servir centros *hubs* de apoio para o reencaminhamento, desta maneira não rompendo com o fluxo

dos voos devido aos *hubs* indisponíveis, com estes estudos é demonstrada a eficácia dos algoritmos, que aplicados a um modelo computacional e quantitativo, bem como a superioridade do modelo proposto se comparado a outros modelos clássicos em termos de serviço dos passageiros determinado como robusto e sujeito às variações de taxas de falhas do *hub* analisado pelas demandas.

Em grande parte das pesquisas de Alamo e Brinati (2006), Lin *et al.* (2003), Shcolz e Cossel (2011), Fraga (2011), Costa, Lohmann e Oliveira (2011), Oliveira e Correia (2011), Alumur, Yaman e Kara (2012), Grosso e Sheperd (2012), Raia Junior e Torquato (2012), Oktal e Ozger (2013), Feng, Li e Shen (2015), Huang e Lu (2015) utilizaram um dos três pontos determinantes ou todos que influenciaram o método desta pesquisa, como a questão da utilização dos (1) modelos estatísticos, da análise entre (2) variáveis e covariáveis e do uso de (3) dados secundários de órgãos oficiais do setor aéreo ou da economia aos respectivos trabalhos da revisão de literatura *hub-and-spoke*.

3 Estudo de Caso

3.1 Descrição dos dados

Determinar *hubs* estratégicos associando a movimentação de passageiros ao volume de cargas aéreas transportadas em uma região é um ponto de partida para pesquisa ainda escassa no Brasil e que gera contribuições estratégicas para redes de transportes aéreos e impactos na economia local e regional destes aeroportos.

Para aplicabilidade desta pesquisa alinhada ao método estatístico, este trabalho busca, neste contexto, explorar os dados dos relatórios estatísticos do DAESP, em análise sobre o aspecto temporal entre 2008 à 2014, período do qual foi extraído um conjunto de 10.572 dados formados por 32 aeroportos, duas variáveis (volume de passageiros e cargas) associadas a duas covariáveis (cotação da taxa de câmbio (dólar) e taxa de desemprego) por 84 relatórios estatísticos de movimentação, em análise estatística pelas técnicas de séries temporais e regressão linear.

Sendo que por meio deste conjunto de dados, o trabalho propõe as análises de *hubs* regionais e/ou secundários no interior do estado de São Paulo e os mais relevantes em termos de operações.

A partir deste universo de 32 aeroportos, que compõem a rede de transporte aéreo do interior do Estado de São Paulo, o estudo isola os dados do Aeroporto de Ribeirão Preto e analisa o comportamento de demandas por meio da movimentação e variabilidade do volume de passageiros e cargas revelando seus impactos nas operações aeroviárias e econômicas.

3.2 Análise estatística dos dados do aeroporto de Ribeirão Preto no interior do estado de São Paulo considerando modelos de regressão linear múltipla

O uso de modelos de regressão é fundamental para relacionar uma variável em resposta conjuntamente com vários

fatores, que podem estar relacionados com essa resposta.

Usualmente, consideram-se os modelos de regressão linear, mas em algumas situações podem ter modelos não lineares.

A construção de modelos de regressão, em geral, é feita empiricamente, e cada modelo deve ser verificado em termos de ajuste a partir da análise dos resíduos do modelo.

O uso de modelos de regressão permite identificar, estatisticamente, quais desses fatores (uso de testes de hipóteses) afetam significativamente a resposta.

Além disso, um modelo de regressão é usado para previsão futura da resposta dados os valores fixados das covariáveis.

Os modelos de regressão linear são, frequentemente, ajustados usando-se a abordagem de mínimos quadrados.

Quando se utiliza mais de uma variável explanatória para prever o comportamento de uma variável resposta, passa-se a nomeá-la como modelo de regressão múltipla (DRAPER; SMITH, 1981).

Na análise de regressão linear verifica-se o efeito conjunto das covariáveis em uma resposta denotada por Y (DRAPER; SMITH, 1981; SEBER; LEE, 2003; MONTGOMERY; RUNGER, 2011).

Para satisfazer algumas suposições necessárias do modelo de regressão (normalidade dos erros e variância constante dos erros) foi considerado um modelo de regressão linear múltiplo, com a resposta dada na escala logarítmica.

3.3 Resposta log (passageiros/mês) e log (cargas/mês) – aeroporto de Ribeirão Preto

Assumindo a resposta (passageiros/mês) transformada para a escala logarítmica e as covariáveis: taxa de câmbio (dólar) mensal, índice mensal de desemprego, mês e ano em um modelo de regressão múltipla ajustado pelo método de mínimos quadrados e obtidos usando o *software* Minitab®, tem-se:

$$\text{Log (passRP)} = 11,7 - 0,427 \text{ câmbio dólar} - 0,0812 \text{ taxa desemprego} + 0,0140 \text{ meses} + 0,158 \text{ anos} \quad (1)$$

No Quadro 1 se tem os estimadores de mínimos quadrados dos coeficientes de regressão, os erros-padrões (EP) dos estimadores, os valores das estatísticas T de *Student* e os valores-p para testar cada parâmetro de regressão ser igual à zero.

Quadro 1: Estimadores para os parâmetros de regressão-passageiros Ribeirão Preto

Preditor	Coef	EP Coef	T	P
Constante	11,7171	0,3573	32,80	0,000
Câmbio Dólar	-0,42691	0,06905	-6,18	0,000
Taxa de Desemprego	-0,08115	0,04137	-1,96	0,053
Meses	0,014048	0,007094	1,98	0,051
Anos	0,15831	0,02705	5,85	0,000
S=0,155937 R-Sq = 86,5% R-Sq(adj) = 85,8%				

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos resultados do Quadro 2, conclui-se:

- Anos, meses, taxa de câmbio (dólar) e taxa de desemprego afetam o número de passageiros para Ribeirão Preto (valor-p < 0,05 ou bem próximos de 0,05), isto é, os coeficientes de regressão são estatisticamente diferentes de zero em um nível de significância igual à 5%.
- Observa-se um valor positivo para o parâmetro de regressão relativo aos anos (0,15831) o que implica que há um aumento significativo no número de passageiros para Ribeirão Preto no decorrer dos anos (2008 a 2014).
- Observa-se um valor negativo para o parâmetro de regressão relativo à taxa de câmbio (dólar) (-0,42691) o que implica que há um decréscimo significativo no número de passageiros para Ribeirão Preto com aumento da taxa de câmbio (dólar) (1/janeiro/2008 a 31/dezembro/2014).
- Observa-se um valor negativo para o parâmetro de regressão relativo à taxa de desemprego (-0,08115), o que implica que há um decréscimo significativo no número de passageiros para Ribeirão Preto com aumento do desemprego (1/janeiro/2008 a 31/dezembro/2014).
- Temos um valor positivo para o parâmetro de regressão relativo aos meses (0,014048), o que implica que há um aumento significativo no número de passageiros no decorrer dos meses. O final de cada período anual leva a um aumento significativo no número de passageiros.
- Aproximadamente 86,5% da variabilidade dos dados (número de passageiros) se explicam pelo modelo. O que define como resultado um excelente ajuste.
- Um estimador para o desvio-padrão do erro é dado por 0,1559.

Assumindo a resposta (carga/mês) transformada para a escala logarítmica e as covariáveis taxa de câmbio (dólar) mensal, índice mensal de desemprego, mês e ano em um modelo de regressão múltipla ajustado pelo método de mínimos quadrados e obtidos usando o *software* Minitab®, se tem:

$$\text{Log (cargaRP)} \tag{2}$$

$$= 11,9 - 0,171 \text{ câmbio dólar} - 0,115 \text{ taxa desemprego} + 0,0181 \text{ meses} + 0,0003 \text{ anos}$$

No Quadro 2, têm-se os estimadores de mínimos quadrados dos coeficientes de regressão, os erros-padrões (EP) dos estimadores, os valores das estatísticas T de *Student* e os valores-p para testar cada parâmetro de regressão ser igual à zero.

Quadro 2: Estimadores para os parâmetros de regressão-carga Ribeirão Preto

Preditor	Coef	EP Coef	T	P
Constante	11,8536	0,7505	15,79	0,000
Câmbio Dólar	-0,1714	0,1451	-1,18	0,241
Taxa de Desemprego	-0,11469	0,08691	-1,32	0,191
Meses	0,01812	0,01490	1,22	0,228
Anos	0,00031	0,05682	0,01	0,996
S=0,327588 R-Sq= 22,6% R-Sq(adj) = 18,6%				

Fonte: Dados da pesquisa.

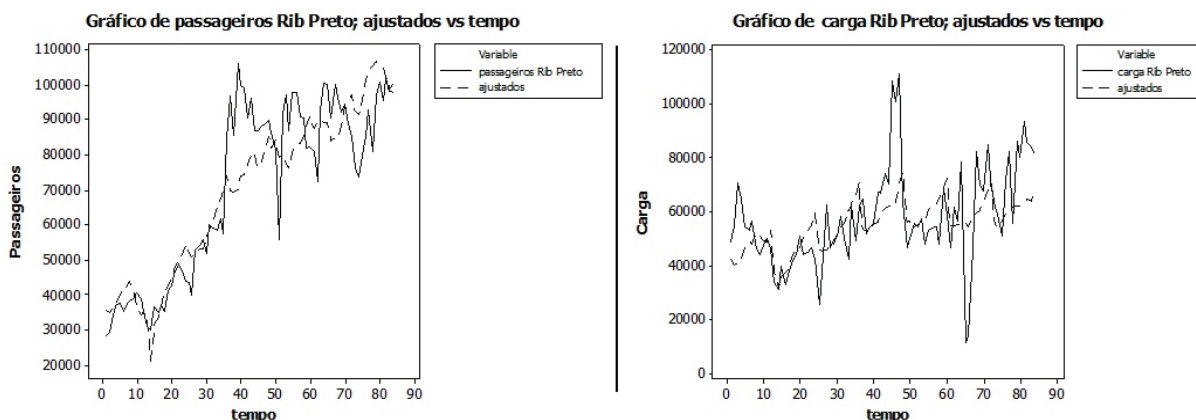
A partir dos resultados do Quadro 2, conclui-se:

- Nenhuma covariável (mês, ano, índice desemprego e taxa de câmbio (dólar) afeta o transporte de cargas para Ribeirão Preto (valor-p > 0,05), isto é, os coeficientes de regressão não são estatisticamente diferentes de zero. Há uma estabilidade no transporte de cargas no aeroporto de Ribeirão Preto, independente, da variabilidade das covariáveis (mês, ano, índice desemprego e taxa de câmbio (dólar).
- Aproximadamente 22,6% da variabilidade dos dados é explicada pelo modelo.
- Um estimador para o desvio-padrão do erro é dado por 0,3276.

Usando os modelos ajustados (1) e (2) e considerando mês=01(janeiro), ano=8 (2015), cambio=3,30 e desemprego=9,50 o valor de previsão é dado na escala original por 49.901 passageiros e 27.424 em volume de carga para o aeroporto de Ribeirão Preto.

Na Figura 1, se têm os gráficos das séries temporais para as contagens de passageiros e carga reportadas mensalmente no período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2014 no aeroporto de Ribeirão Preto e os valores ajustados pelos modelos de regressão (1) e (2).

Figura 1: Séries temporais para valores observados e valores ajustados- passageiros e carga Ribeirão Preto



Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se um bom ajuste dos modelos aos dados.

4 Conclusão

O principal achado é a relação da sazonalidade da quantidade de passageiros e de volume de carga aérea, que é fortemente influenciada no Aeroporto de Ribeirão Preto por dados econômicos como a cotação da taxa de câmbio (dólar) e a taxa de desemprego.

No segundo achado se mostra a tendência deste *hub* regional e/ou aeroporto secundário de consolidação em sua região, sendo que a estratégia para caracterização e formação do mesmo depende, exclusivamente, do aumento dos fluxos de demanda e a manutenção destas.

Caso aconteça a queda destes fluxos, o *hub* regional aponta uma diminuição de operações aeroviárias e econômicas.

As contribuições futuras revelam as tendências a questionamentos sobre os períodos propícios para o planejamento, investimento e expansão da rede de transporte aéreo como manutenção de um sistema logístico e coloca em evidência temas a serem explorados, como processos de internacionalização ou concessão de aeroportos regionais ou aeroportos secundários, dentro da temática *hub-and-spoke*, utilizando como fator modelos matemáticos analisando demandas aeroviárias, aeroportuárias e econômicas de uma região específica.

Referências

ALAMO, J.A.T.; BRINATI, M.A. Modelagem para localização de hubs no transporte de encomendas expressas. *Produção*, v.16, n.3, p.470-480, 2006.

ALUMUR, S.A.; YAMAN, B.H.; KARA, Y. Hierarchical multimodal hub location problem with time-definite deliveries. *Transp. Res. Part E*, v.48, p.1107-1120, 2012.

BILOTKACH, V.; FAGEDA, X.; FLORES-FILLOL, R. Airline consolidation and the distribution of traffic between primary and secondary hubs. *Regional Scie. Urban Economics*, v.43, p.951-963, 2013.

BOWEN, J. Airline hubs southeast asia: national economic development and modal accessibility. *J. Transport Geography*, v.8, p.25-29, 2000.

BURGHOUWT, G. Long-haul specialization patterns in european multihub airline networks an exploratory analysis. *J. Air Transport Management*, v.34, p.30-41, 2014.

BURGHOUWT, G.; HAKFOOR, J.R. Hakfoort the european aviation network, 1990-1998. *J. Air Transport Management*, v.7, n.5, p.104-105, 2001.

CASTILHO-MANZANO, J.; LOPEZ-VALPUESTA, L.; PEDREGAL, D.J. What Role Will Hubs Play in the LCC Point-to-point Connections Era? The Spanish Experience. *J. Transport Geography*, v.33, p.262-270, 2012.

COSTA, T.F.G.; LOHMANN, G.; OLIVEIRA, A.V.M. Mensuração de concentração e identificação de hubs no transporte aéreo. *J. Transport Literature*, v.5, n.2, p.106-133, 2011.

DAESP. Departamento de Aviação do Estado de São Paulo - 2015. Estatística. Histórico. 2015. Disponível em: <http://www.daesp.sp.gov.br/estatistica-consulta/>. Acesso em: 12 dez. 2015.

DRAPER, N.R.; SMITH, H.S. *Applied regression analysis*. Canada: Wiley Online Publisher, 1981.

FAGEDA, X. What Hurts the dominant airline sat hub airports. *Transport Res. Part E*, v.70, p.177-189, 2014.

FENG, B.; LI, Y.; SHEN, Z. Air cargo operations: literature review and comparison with practices. *Transport. Res. Part C*, v.56, p.263-280, 2015.

FRAGA, R. Mercado doméstico de carga aérea: análise descritiva e econométrica do setor. *J. Transport Literature*, v.5, n.3, p.256-280, 2011.

GARDINER, J.; HUMPHREY, I.; ISON, S. Freighter operators choice of airport: a three-stage process. *Transport Rev.*, n.25 v.1, p.85-102, 2005.

GARDINER, J.; ISON, S. The geography of non-integrated cargo airlines: an international study. *J. Transport Geography*, n.16, v.1, p.55-62, 2008.

GARDINE, J.; ISON, S.; HUMPREYS, I. Factors influencing cargo airlines choice of airport: an international survey. *J. Air Transport Management*, v.11, v.6, p.393-399, 2005.

GROSSO, M.; SHEPHERD, B. Air cargo transport in APEC: regulation and effects on merchandise trade. *J. Asian Economics*, p.203-212, 2012.

HUANG, K.; LU, H. A Linear Programming-based method for the network revenue management problem of air cargo. *Transportation Res. Proc.*, v.7, p.459-473, 2015.

KARA, B.Y.; TANSEL B. The latest arrival hub location problem. *Management Sci.*, v.47, 1408-1420, 2001.

LIN, C. *et al.* The economic effects of center-to-center directs on hub-and-spoke networks air express common carriers. *J. Air Transport Management*, v.9, p.255-265, 2003.

MAERTENS, S. Drivers of long haul flight supply at secondary airports in Europe. *J. Transport Management*, v.16, p.239-243, 2001.

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C. *Applied statistics and probability for engineers*. New York: Wiley, 2011.

OKTAL, H.; OZGER, A. *Hub location air cargo transportation: a case study*. *J. Air Transport Management*. v.27, p.1-4, 2013.

OLIVEIRA, D.S.; CORREIA A.R. Estudo do desempenho operacional dos aeroportos brasileiros relativo ao movimento de cargas. *J. Transport Literature*. v.5, n.3, p.141-162, 2011.

RAIA JUNIOR, A.A.; TORQUATO T.L.L. Evolução do transporte aéreo regional no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE ECONOMIA DOS TRANSPORTES ITA, 8. São José dos Campos, 2012. *Anais...* São José dos Campos: SBPT, 2012.

REDONDI, R.; MALIGHETTI, P.; PALEARI, S. Hub competition and travel times in the world-wide airport network. *J. Transport Research Geography*. v.19, p.1260-1271, 2011.

SEBER, G.A.F.; LEE A.J. *Linear regression analysis*. second edition. wiley series in probability and mathematical statistics. New York: Wiley, 2003.

SCHOLZ, A. B.; COSSEL, J. Assessing the importance of hub airports for cargo carriers and its implications for a sustainable airport management. *Res. Transp. Bus. Manag.*, v.1, p.62-70, 2011.

SUAU-SANCHEZ, P.; VOLTES-DORTA, A.; RODRÍGUES-DÉNIZ, H. Regulatory airport classification in the us: the role of international markets. *Transport Policy*, v.37, p.157-166, 2015.

YAMAN, H.; KARA, Y.K.; TANSEL. B.C. The latest arrival hub location problem for cargo delivery systems with stopovers. *Transportation Research Part B*, v.41, p.906-919, 2007.

YU, A.; YU Z.; BO. Z. The reliable hub-and-spoke design problem: models and algorithms. *Transp. Res. Part B*, v.77, p.103-122, 2015.