



COPPE/UFRJ

**ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA INTERMODAL NO TRANSPORTE
INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS NO BRASIL COM APLICAÇÃO DOS
MODELOS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA**

Luiz Henrique da Conceição Leal

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho

Hostilio Xavier Ratton Neto

Rio de Janeiro

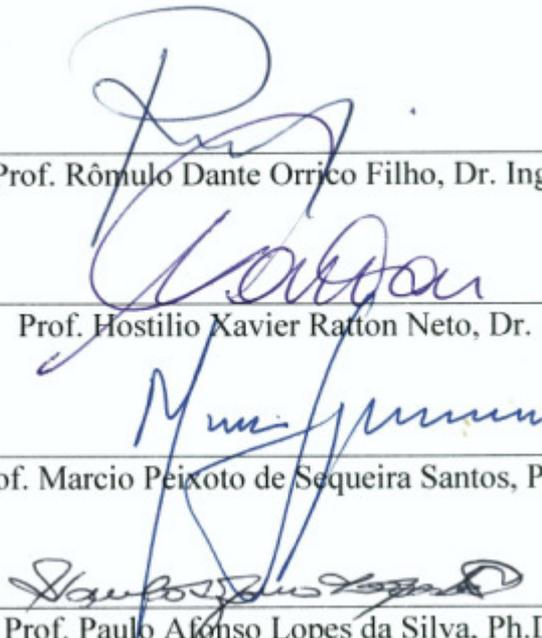
Abril de 2009

ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA INTERMODAL NO TRANSPORTE
INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS NO BRASIL COM APLICAÇÃO DOS
MODELOS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

Luiz Henrique da Conceição Leal

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:



Prof. Rômulo Dante Orrico Filho, Dr. Ing.

Prof. Hostilio Xavier Raton Neto, Dr.

Prof. Marcio Peixoto de Sequeira Santos, Ph.D.

Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ. BRASIL

ABRIL DE 2009

Leal, Luiz Henrique da Conceição

Análise da Concorrência Intermodal no Transporte Interestadual de Passageiros no Brasil com Aplicação dos Modelos de Regressão Múltipla/ Luiz Henrique da Conceição Leal. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

IX, 53 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho

Hostilio Xavier Ratton Neto

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 36-42.

1. Regressão Múltipla. 2. Componentes Principais. 3. Mínimos Quadrados Ponderados. I. OrricoFilho, Rômulo Dante et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, amigos e irmãos.

É necessário sempre acreditar que o sonho é possível
Que o céu é o limite e você “truta” é imbatível
O tempo ruim vai passar é só uma fase
E o sofrimento alimenta mais a sua coragem

...

É isso aí você não pode parar
Esperar o tempo ruim vir te abraçar
Acreditar e sonhar sempre é preciso
É o que mantém os irmãos vivos

Racionais Mc's

AGRADECIMENTOS

Muitos contribuíram para a execução deste projeto, mas infelizmente é impossível citar todos e peço desculpas aqueles cujos nomes forem omitidos. A estes gostaria de frisar que as suas contribuições foram igualmente importantes.

Preliminarmente gostaria de agradecer a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos professores Rômulo Dante Orrico Filho e Hostilio Xavier Rattton Neto cujas orientações forneceram-me direcionamento para caminhar de forma objetiva no transcurso desta dissertação.

Aos professores Marcio Peixoto de Sequeira Santos e Paulo Afonso Lopes da Silva pelas participações como membros da banca examinadora.

Aos funcionários da secretaria da COPPE / PET - Programa de Engenharia de transportes.

A minha esposa Patrícia que me auxiliou nos momentos difíceis mostrando-me o melhor caminho a seguir.

Vale destacar que o auxílio dos funcionários da ANAC no prestação de informações relativas ao transporte aéreo foi fundamental na execução desta pesquisa e não poderia deixar de agradecer aos funcionários do setor de estatística da GPDI, em especial à Jussara Maria Stefani Burba pelo fornecimento de dados de volume de passageiros transportados.

Para finalizar quero registrar os meus agradecimentos aos meus colegas de trabalho da ANAC, cujas dicas ao longo deste período foram de grande valia para a conclusão deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

UMA APLICAÇÃO DOS MODELOS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA NA ANÁLISE
DA CONCORRÊNCIA INTERMODAL NO TRANSPORTE INTERESTADUAL DE
PASSAGEIROS NO BRASIL

Luiz Henrique da Conceição Leal

Abril / 2009

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho

Hostilio Xavier Ratton Neto

Programa: Engenharia de Transportes

A demanda de passageiros do transporte aéreo regular cresceu significativamente a partir de 2003 e este fato se deve em parte a uma parcela dos passageiros do setor rodoviário que optaram pelo transporte aéreo. Neste contexto, a presente dissertação teve como finalidade examinar a possível competição entre esses dois meios de transporte de passageiros nas ligações interestaduais no Brasil. No intuito de investigar esse fenômeno propôs-se um modelo econométrico alternativo aos já apresentados na literatura, por meio do qual estima-se o percentual da demanda total de passageiros captada pelo modo aéreo, a partir de variáveis que representem fatores característicos das diferenças entre os serviços prestados por cada um dos meios de transporte examinados, em especial a diferença tarifária. O modelo estimado mostrou que a diferença tarifária influi na distribuição da demanda.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

ANALYSIS OF INTERMODAL COMPETITION IN THE INTERSTATE
TRANSPORTATION PASSENGERS IN BRAZIL WITH APPLICATION OF
MULTIPLE REGRESSION MODELS

Luiz Henrique da Conceição Leal

April / 2009

Advisors: Rômulo Dante Orrico Filho

Hostilio Xavier Ratton Neto

Department: Transportation Engineering

The scheduled domestic air transport flights passenger demand has increased significantly since 2003. This fact is due to some habitual road passengers choose air transport. Thus, the objective of this dissertation is to analyze possible competition between air transport and road transport in Brazil. An econometric model is proposed, alternative to those currently in use, which estimates the percentage of total passenger demand captured by air transport using variables that express the differences between the mode of transport mainly difference of fares. The fitted model shows that difference of fares affect the demand distribution.

Índice Analítico

| | |
|---|----|
| Agradecimentos | v |
| Índice Analítico | ix |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais | 1 |
| 1.2 Objetivo | 2 |
| 1.3 Justificativa | 2 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho | 3 |
| 2. Revisão Bibliográfica | 4 |
| 3. Dinâmica da Demanda Interestadual de Passageiros no Brasil | 11 |
| 3.1 População e Produto Interno Bruto | 14 |
| 3.2 Diferenças de Tempo, Distância e Tarifa | 16 |
| 3.3 Elaboração de um Modelo de Simulação da Repartição da Demanda do Transporte Interestadual de Passageiros | 17 |
| 4. Resultados | 19 |
| 5. Conclusão | 32 |
| 6. Referências Bibliográficas | 36 |
| Glossário | 43 |
| Anexos | 44 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O transporte aéreo é um setor que tanto influencia quanto é influenciado pela economia mundial ou de um determinado país. Devido à sua importância estratégica, neste contexto, a análise da demanda é uma importante ferramenta, pois permite a compreensão do comportamento da mesma, o que auxilia no planejamento das empresas aéreas ao passo em que serve de balizador para os órgãos governamentais no que tange a execução de políticas públicas de fomento ao setor de aviação civil.

O setor de transporte aéreo é extremamente dinâmico e influenciado por diversos fatores de ordem econômica (Instituto de Aviação Civil, 2001) que impactam fortemente na demanda. Devido às peculiaridades de cada país o conjunto de variáveis que podem explicar a demanda de passageiros varia de uma região para outra.

No caso do Brasil, sendo o quinto país mais extenso do mundo (8.511.965 km²) uma das características do transporte de passageiros é que as viagens são substancialmente longas e o tráfego destes passageiros ocorre basicamente através dos meios de transporte aéreo e rodoviário tendo em vista que a malha ferroviária e as hidrovias não atendem a todo o território nacional. No caso do transporte rodoviário percebe-se que há monopólios ou oligopólios em determinadas linhas rodoviárias interestaduais o que torna as tarifas elevadas (Martins, 2004) fazendo com que o transporte aéreo torne-se uma alternativa na percepção do usuário levando-se em conta a relação custo – benefício. Segundo Tretheway (2004) as tarifas mais baixas praticadas pelas empresas aéreas estimulam o consumidor a usar o transporte aéreo em detrimento ao transporte terrestre.

No que concerne à distância das viagens no território brasileiro o transporte rodoviário mostra-se extremamente expressivo nas viagens de curta distância como, por exemplo, na ligação Curitiba – Florianópolis (300 km) em que o modo rodoviário transportou mais de 900 mil passageiros no ano de 2005 enquanto que o setor aéreo foi responsável pelo deslocamento de um pouco mais de 40 mil usuários. Nas viagens de longa distância ocorre o inverso, o transporte aéreo é predominante como no caso da ligação

São Paulo – Fortaleza (3.127 km) na qual o setor de aviação civil transportou mais de 400 mil passageiros em 2005 ao passo que o rodoviário transportou menos de 54 mil.

Segundo Marques (2006) as modalidades de transporte rodoviário e aéreo passaram a competir no segmento doméstico de transporte de passageiros. A concorrência entre os meios de transporte pode ter como causa a queda das tarifas do transporte aéreo, o que permitiu o acesso de classes menos abastadas a este meio de locomoção até então considerado elitista. A queda na diferenças entre as tarifas dos modos de transporte pode ter influenciado o usuário do transporte rodoviário a utilizar o modo de transporte aéreo.

O transporte aéreo apresentou um forte crescimento a partir de 2003. Não obstante, Silveira (2003) sugere que este acréscimo na demanda do transporte aéreo estaria vinculado apenas ao processo de estabilização econômica que se iniciou em 1994 e que não haveria evidências de que este aumento seja influenciado, em parte, pela incorporação de novos usuários ao sistema de aviação civil.

Diante destas questões pretende-se examinar a possível competição entre os meios de transporte rodoviário e aéreo por meio de um modelo que contenha variáveis que possam mensurar a relação custo - benefício entre os dois meios de transporte. Este é o assunto da presente dissertação.

1.2 Objetivo

O objetivo deste estudo é estimar a repartição da demanda entre o transporte rodoviário e aéreo no transporte interestadual de passageiros no segmento doméstico brasileiro. Pretende-se, através da modelagem econométrica, investigar o conjunto de fatores que possam estimar a distribuição da demanda entre a modalidade de transporte rodoviário e aéreo examinando o possível grau de concorrência entre os mesmos.

1.3 Justificativa

O transporte de passageiros é um importante fator de integração nacional e desenvolvimento econômico. Do ponto de vista governamental há interesse em conhecer o comportamento da demanda a fim de implementar políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento econômico e social das cidades ao passo que sob a ótica

das empresas, em especial do setor aéreo, o estudo da demanda permite um melhor planejamento das atividades e conseqüentemente redução nos custos de operação.

De acordo com o Instituto de Aviação Civil (2001) a demanda de passageiros do setor aéreo é afetada por fatores de ordem econômica e política. Sendo assim, as variáveis explicativas da demanda do setor aeronáutico podem variar no tempo, por conta das oscilações políticas e econômicas. Além disso, pode ser afetada pelas especificidades de cada país ou região, conforme pode ser observado nos trabalhos que estão apresentados na revisão bibliográfica.

O aumento significativo na demanda no setor aéreo a partir de 2003 deve-se, em parte, a redução tarifária no setor que possibilitou o passageiro de menor poder aquisitivo a utilizar este meio de locomoção agregando usuários do setor rodoviário (Estrella, 2005 apud Marques, 2006).

Neste sentido, admite-se que a concorrência entre esse dois modos pode ser mais relevante do que as oscilações políticas e econômicas e conhecer a intensidade dessa influência na distribuição da demanda pode lançar uma nova luz sobre os estudos de mercado e de regulação no setor aéreo. A bibliografia consultada ainda não contemplou esta questão, carecendo também de instrumentos que permitam realizá-lo. Portanto, necessita-se de um modelo que possa estimar a distribuição da demanda de passageiros entre os dois modos em função da concorrência, de modo a fornecer medidas dessa influência como, por exemplo, a elasticidade da distribuição da demanda em relação à diferença entre as tarifas dos serviços nos trajetos envolvendo os mesmos pares de cidades.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está organizado em 6 capítulos. No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica na qual trabalhos científicos relacionados com o estudo da demanda são apresentados. No capítulo 3 é descrita a dinâmica da demanda de passageiros no Brasil como também é apresentado o modelo proposto para estimar a repartição da demanda entre os modos rodoviário e aéreo. O capítulo 4 apresenta os principais resultados deste estudo, ao passo que, no capítulo 5, encontram-se as conclusões. As referências bibliográficas encontram-se no capítulo 6.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados trabalhos e pesquisas acadêmicas que buscam identificar os fatores determinantes da demanda do setor aéreo em diversos países.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), criada pela lei 11.182 de 27 de setembro de 2005, que veio a substituir o extinto Departamento Aviação Civil (DAC), nas suas funções de gestão e regulação do sistema de aviação civil brasileiro desenvolve linhas de pesquisa, através de sua Superintendência de Estudos, Pesquisas e Capacitação para a Aviação Civil, com o intuito de identificar modelos de previsão de longo prazo para demanda de passageiros do tráfego doméstico e internacional.

No que tange à demanda do segmento doméstico, os fatores estatisticamente significativos que impactam esta demanda são o Produto Interno Bruto (PIB) e o *yield* conforme apresentados nos trabalhos da Demanda Global (Instituto de Aviação Civil, 2001) e Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros (Instituto de Aviação Civil, 2003) ao passo que no trabalho de Fluxo de Passageiros nas Ligações Aéreas Nacionais (Instituto de Aviação Civil, 2002) os fatores investigados foram o consumo de energia comercial e residencial, tempo de voo e o *yield*.

Silva et al. (2005) apresentaram o modelo de Box & Jenkins ARIMA (Auto Regressivo Integrado Média Móvel), na descrição do comportamento da demanda para previsões de curto prazo. Cabe ressaltar que esta metodologia utiliza apenas os históricos da demanda não identificando os fatores externos que influenciam a mesma.

Montoro Filho (1971) conduziu um estudo econométrico que buscou identificar os fatores que impactavam a demanda do setor aéreo em face aos acontecimentos da época. A expansão da rede rodoviária e a instalação da indústria automobilística acarretaram em uma forte expansão do transporte rodoviário de passageiros e carga enquanto que no setor aéreo houve uma retração no período de 1950 a 1963. Tendo-se por base esta concorrência entre o modo rodoviário e aéreo o modelo apresentado para explicar a demanda do transporte aéreo teve como variáveis explicativas o PIB, a frota de veículos (particulares e coletivos), a tarifa do transporte aéreo e a população que se mostrou estatisticamente não significativa.

Os estudos de Abed et al. (2001) e Ba-fail et al. (2000) focam a análise econométrica da demanda do setor aéreo no mercado internacional e doméstico, respectivamente, na Arábia Saudita. Em ambos os trabalhos o modelo parcimonioso e estatisticamente significativo que apresentou a melhor qualidade de ajuste teve como variáveis explicativas a população e o gasto total (o total de gastos das famílias + o total de gastos em investimentos da iniciativa privada).

Outro trabalho desenvolvido por Dargay e Hanly (2001) a demanda do setor aéreo no Reino Unido, cuja predominância é o segmento internacional, é descrita em termos de viagens per capita. Foram apresentados quatro modelos para estimar as viagens per capita dos residentes e não-residentes do Reino Unido a lazer e a trabalho. O conjunto de fatores determinantes examinados neste estudo foi as viagens per capita no instante (t-1), a tarifa, a taxa de câmbio, o índice de preço relativo do país R para o Reino Unido, renda per capita (nos casos em que o modelo tratava de viagens a lazer) e comércio per capita (nos casos em que o modelo tratava de viagens a trabalho). Neste estudo o comércio é definido com importação + exportação. A tarifa mostrou-se estatisticamente não significativa nas viagens dos residentes a trabalho o mesmo ocorrendo com o preço relativo nas viagens dos não-residentes a lazer.

Dresner et al. (1996) buscou identificar o impacto das empresas de baixo custo no mercado doméstico americano. Estimaram-se dois modelos para a demanda do transporte aéreo sendo um com a presença somente da empresa Southwest Airlines como empresa de baixo custo e outro com todas as empresas denominadas de baixo custo. O conjunto de fatores determinantes da demanda identificados neste estudo foi distância, população, *yield*, rota turística (variável *dummy* para caracterizar determinado trecho tinha potencial turístico) e trimestre do ano.

O estudo conduzido por Myburgh et al. através da ComMark Trust (organização não governamental que promove ações de incentivo ao mercado de trabalho da África do Sul com a finalidade de beneficiar as camadas mais pobres da população) teve como objetivo analisar o processo de desregulamentação tarifária do setor aéreo e seus reflexos na demanda de passageiros. Este trabalho envolveu 12 países da Comunidade de Desenvolvimento Sul-Africana (Angola, Botswana, Congo, Lesotho, Madagascar, Malawi, Moçambique, Namíbia, Suazilândia, Tanzânia, Zâmbia e Zimbawe) e os

fatores que interferem na demanda do transporte aéreo da África do Sul foram identificados com sendo o comércio (importação + exportação), PIB, população, trimestre do ano e as seguintes variáveis *dummy*: liberado (1 se o período em questão era de desregulamentação e 0 em caso contrário), capacidade de crescimento (1 se o referido período era de crescimento do setor e 0 em caso contrário) e eventos adversos (1 se ocorreu algum evento adverso em determinado período e 0 em caso contrário).

Battersby (2002) desenvolveu uma pesquisa cujo foco foi a rota aérea regional entre as cidades de Sidney e Wagga Wagga, ambas pertencente ao estado de New South Wales, Austrália. A demanda foi mensurada em termos dos assentos vendidos em cada classe tarifária. Cabe ressaltar que no transporte aéreo existe uma diferenciação de tarifas, sob determinadas condições, para o mesmo nível de serviço com o intuito de captar mais usuários ao sistema de aviação civil. Esta técnica é conhecida como revenue management (gerenciamento da receita). O conjunto de variáveis explicativas estatisticamente significativas para descrever o comportamento da demanda deste par de cidades é o preço em determinada classe tarifária, a renda per capita das famílias, e as variáveis *dummy* referentes à venda antecipada de bilhetes em 21, 14 e sete dias (1 se a venda foi antecipada e 0 em caso contrário), a flexibilidade do bilhete (1 se reembolsável e 0 em caso contrário) e vôos ocorridos segunda ou sexta (1 se ocorreu e 0 se não ocorreu).

No ano precedente o mesmo autor conduziu um estudo similar tendo como objeto de análise quatro rotas, a saber: Sidney-Melbourne, Sidney-Brisbane, Sidney-Coolangatta e Melbourne-Brisbane. Em cada rota, foram consideradas três classes tarifárias (com desconto, econômica e executiva). Foram estimados 12 modelos. Os fatores considerados neste estudo foram tarifa aérea, índice de produção industrial, índice de preço de transporte e trimestre do ano.

Bahadra (2003) produziu um trabalho científico com a finalidade de examinar as relações entre os pares de origem e destino e suas características regionais no que tange a demanda de passageiros do tráfego doméstico dos Estados Unidos. O modelo econométrico apresentado teve como variáveis explicativas para a média diária de passageiros a tarifa média entre as cidades, renda per capita, densidade demográfica e interação (população x renda) de cada cidade, participação de mercado das empresas

predominantes e não predominantes em determinado trecho, a distância entre as cidades, o trimestre do ano e variáveis *dummy* que indicam a presença da empresa Southwest como empresa majoritária (1 sim, 0 não) ou minoritária (1 sim, 0 não) em cada par de cidades, além de variáveis *dummy* que indicam o *status* do aeroporto de origem e de destino em que 1 significa *hub* de grande porte e 0 *hub* de pequeno e médio porte.

Castelli et al. (2001) aplicou a técnica de análise de regressão nos dados concernentes a demanda de passageiros da empresa italiana Air Dolomiti. Os destinos operados por esta empresa que foram objeto de estudo são Munique, Frankfurt, Amsterdam, Barcelona, Berlin, Bruxelas, Colônia, Paris, Viena e Sardenha. O objetivo do estudo foi identificar os fatores determinantes da demanda de passageiros daquela empresa e as variáveis explicativas do modelo foram população, PIB per capita, frequência dos vôos, tarifa, configuração da aeronave (número de assentos disponíveis), ano (variável de controle de capta a influência do ano da observação na demanda) e as seguintes variáveis *dummy*: turismo (1 se a rota é turística e 0 em caso contrário), competição intra modo (1 se uma ou mais empresas competem com a Air Dolomiti em determinada rota e 0 em caso contrário) e hub (1 se o aeroporto de origem ou destino é hub da Air Dolomiti e 0 em caso contrário). Todas as variáveis mostram-se significativas ao nível de 5%.

Alam e Karim (1998) utilizaram a análise de regressão múltipla para modelar a demanda do transporte aéreo doméstico de passageiros em Bangladesh. Neste trabalho foram utilizados dois modelos. O primeiro teve como variáveis explicativas população, nível de emprego (que mede o nível de atividade econômica), distância e uma variável *dummy* (1 para os aeroportos de Sylhet e Cox's Bazar e 0 em caso contrário). O segundo modelo é similar ao primeiro sendo substituída a variável nível de emprego por PIB. Todas as variáveis mostram-se estatisticamente significativas no nível de 5% com a exceção da variável distância, que se mostrou não significativa em ambos os modelos.

O estudo apresentado por Karim, Ieda e Alam (2000) teve como foco investigar os fatores que influenciam a demanda de passageiros e carga na região Sul Asiática que engloba os países de Bangladesh, Butão, Índia, Ilhas Maldivas, Nepal, Paquistão e Sirilanka. Neste trabalho, o Myanmar (antiga Birmânia, também foi considerado como

país Sul Asiático. As variáveis consideradas foram população, renda per capita, a balança comercial (importação e exportação do país), a remessa para o exterior, a renda do turista e uma variável *dummy* (1 para Índia e 0 caso contrário). Vale salientar que a Índia é o portão de entrada de passageiros além de um hub nesta região o que explica a inclusão da variável *dummy* no modelo. Todas as variáveis mostraram-se estatisticamente significativas.

Oliveira e Silva (2006) apresentaram um estudo sobre regulação econômica, no qual identificam que há poucos estudos econométricos no Brasil a cerca da demanda doméstica de passageiros do transporte aéreo. Com base nos dados trimestrais do Departamento de Aviação Civil foi proposto um modelo no qual as variáveis explicativas utilizadas foram *yield* médio no trimestre “t”, PIB a preços de mercado no trimestre t e dummies de trimestre que representavam a sazonalidade do setor aéreo em um ano. Todas as variáveis mostraram-se estatisticamente significativas ao nível de 1%.

Oliveira (2007) em seu trabalho para a Secretaria de Acompanhamento Econômico (SEAE), dentre outras análises, empregou variáveis explicativas que se mostraram estatisticamente significativas para explicar a demanda do setor aéreo, a saber: tempo de voo, participação de mercado no horário de pico e em vôos non-stop e o *yield*.

Araújo Jr. e Costa (2005) trataram neste artigo da inter-relação entre a produtividade e do desempenho financeiro do setor de aviação civil brasileiro. No que concerne a demanda os autores descrevem-na como uma função do preço e de fatores “não-preço”, que são caracterizados pelo nível de serviço. O nível de serviço foi apontado como sendo função, dentre outros, da frequência e programação de horário de vôos, do tempo de viagem, do tempo de espera e do nível de conforto.

Rodrigues (2004) descreve algumas características do mercado de aviação comercial, dentre as quais cita a forte correlação entre a demanda e o PIB e a renda per capita. Além disso, afirma que o setor aéreo apresenta baixas taxas de lucratividade e rentabilidade devido à alta competição intra-modal. Neste artigo, o autor também disserta sobre restrições aeroportuárias à entrada de novas empresas, como indisponibilidade portões de embarque e horários de pouso e decolagem. Segundo o

autor a demanda do setor é segmentada em viagens a trabalho (cerca de 70% da demanda), viagens turísticas (cerca de 25% da demanda) e viagens por motivos particulares (cerca de 5% da demanda).

Valente (2004) analisou em sua dissertação de mestrado os fatores que influenciam o planejamento das empresas de transporte aéreo que atuam no segmento doméstico regional (baixa demanda) nas cidades e regiões de potencial turístico. Dentre os diversos fatores que podem influenciar no planejamento da malha de uma empresa desse segmento, foram destacados os de ordem econômica (viabilidade econômica da empresa), social (perfil dos passageiros), turística, operacional (infra-estrutura aeroportuária), geográfica (distâncias), política e mercadológica (competição entre as empresas do setor de aviação civil). O autor não trata diretamente da demanda de passageiros, porém destaca a correlação dos três primeiros fatores com a mesma.

Não foram encontrados na literatura, trabalhos pertinentes à competição inter-modal entre os meios de transporte rodoviário (especificamente ônibus que é o foco da presente dissertação) e aéreo, porém na Europa há estudos que analisam a relação entre os principais meios de locomoção de passageiros conforme pode ser visto nos artigos abaixo.

Segundo Bridoux (2004) o passageiro europeu tende a viajar de carro ou trem em detrimento ao transporte aéreo devido às curtas distâncias entre as principais cidades européias. Neste trabalho o autor busca caracterizar os principais meios de transporte de passageiros na Europa e analisa os principais competidores no transporte de passageiros.

O transporte aéreo tem apenas 7% do mercado de transporte de passageiros ao passo que o carro tem 78%, o ônibus tem 8%, o trem tem 6% e o metrô tem 1% de participação do mercado. O autor apresenta como principais vantagens do transporte rodoviário (sendo majoritariamente transporte particular) o preço e a flexibilidade nos horários de partida e chegada e, como desvantagem o tempo de viagem. O transporte ferroviário tem como principais atrativos o preço, a facilidade de acesso e curto tempo de espera e as desvantagens são os custos de construção além de não atender a todas as cidades européias. No caso do transporte aéreo a principal vantagem é o tempo de

viagem, ao passo que as desvantagens são o preço alto e a pouca flexibilidade nos horários de partida e chegada.

Em outro trabalho desenvolvido por Butkevičius (2007) é identificado um decréscimo de 22,5% no fluxo de passageiros no transporte ferroviário de passageiros da Lituânia na rota Vilnius-Varsóvia cuja causa está relacionada ao surgimento das empresas aéreas denominadas *low-fare* (baixa tarifa), além do desenvolvimento do transporte por ônibus. Segundo o autor, no segmento do transporte de passageiros, os principais concorrentes do transporte ferroviário são o transporte aéreo e rodoviário (ônibus).

Foram apresentados, de forma sucinta, trabalhos realizados a cerca de modelos econométricos utilizados para descrever a demanda do transporte aéreo em países da Europa, África, Ásia e Oceania, além de trabalhos desenvolvidos no Brasil. Apesar da literatura consultada contemplar a modelagem da demanda de passageiros do setor de aviação civil em diversos países, inclusive no Brasil, não foram encontrados estudos que tratassem de assuntos concernentes à concorrência entre os meios de transporte rodoviário e aéreo, salvo o trabalho de Montoro Filho (1971) que trata desta questão, porém em um contexto diferente do que está em análise.

Na bibliografia consultada são apontados diversos conjuntos de fatores determinantes da demanda do transporte aéreo de passageiros. Nos modelos econométricos descritos determinadas variáveis são frequentemente introduzidas nos modelos devido ao seu significativo grau de correlação com a demanda de passageiros da aviação comercial, a saber: PIB, população, *yield*, distância entre as cidades e tempo de viagem.

O foco desta dissertação é estudar a concorrência entre os modos rodoviário e aéreo no segmento doméstico e os estudos apresentados nesta revisão bibliográfica são bons indicadores a cerca do conjunto de fatores que impactam a demanda do setor aéreo, entretanto não foram consideradas nestes trabalhos variáveis relativas ao transporte rodoviário haja vista que a competição entre estes meios de transporte é uma característica peculiar do Brasil. Neste contexto tem-se como contribuição desta dissertação a análise e estimativa do grau de competição entre estes modos de transporte.

3. DINÂMICA DA DEMANDA INTERESTADUAL DE PASSAGEIROS NO BRASIL

O processo de desregulamentação acarretou em redução nas tarifas o que tornou o transporte aéreo mais competitivo no deslocamento doméstico de passageiros dando ao usuário uma opção de escolha para as viagens, em especial, de média e longa distância que até então eram realizadas em grande parte pelo setor rodoviário.

O processo de decisão sobre a escolha de uma alternativa é influenciado por fatores racionais e subjetivos. Os fatores racionais são aqueles determinados a partir de características sócio-econômicas dos indivíduos ao passo que os fatores subjetivos são aqueles que não são expressos diretamente a partir de conceitos econômicos como, por exemplo, conforto. No que se refere à escolha modal variáveis como custo e tempo de viagem são levadas em consideração pelo mesmo, sendo assim deve-se investigar a possibilidade destas variáveis serem fatores explicativos da demanda.

Devido ao processo de escolha do usuário por determinado meio de locomoção surgiu, no transporte interestadual de passageiros, a concorrência entre os modos de transporte rodoviário e aéreo em especial nas viagens de média e longa distância.

No âmbito da repartição da demanda historicamente o transporte rodoviário de passageiros era o principal meio de locomoção de passageiros no Brasil. Considerando-se o volume de passageiros quilômetros transportados o setor rodoviário detinha 67% da demanda em 1996 enquanto que o setor aéreo era responsável por 33%. A partir de 2001 foi instituído o regime de liberdade tarifária no setor aéreo que juntamente com a inclusão de novas empresas acarretou na redução das tarifas praticadas no setor (Silveira, 2003). Estes acontecimentos refletiram no volume de passageiros transportados no transporte aéreo que a partir de 2003 teve um forte crescimento. No ano de 2007 o setor aéreo passou a deter 62% da demanda enquanto que o setor rodoviário caiu para 38%. A fonte destas informações encontra-se nos anuários estatísticos da ANAC e da ANTT disponíveis em seus portais na internet.

Nesta dissertação pretende-se com o auxílio de um modelo econométrico, verificar o conjunto de fatores o qual é relevante para a estimação da demanda de passageiros do transporte aéreo doméstico regular brasileiro, bem como comprovar a hipótese de que

há competição entre os modos aéreo e rodoviário, em função da diferença entre as respectivas tarifas.

Para a execução deste trabalho foram selecionados 42 pares de cidades cujos trechos são apresentados na Tabela 1. O critério de seleção destes trechos foi selecionar os pares de cidades as quais são atendidas tanto pelo modo de transporte aéreo quanto pelo rodoviário como também os pares os quais há a tarifa média ponderada do setor aéreo fornecida pela Gerência de Acompanhamento de Mercado vinculada a Superintendência de Serviços Aéreos da Agência Nacional de Aviação Civil.

Tabela 1: Pares de cidades

| No | TRECHO | |
|----|----------------------------|----------------------------|
| | Cidade + rica _i | Cidade - rica _j |
| 1 | Brasília | Belém |
| 2 | Brasília | Cuiabá |
| 3 | Brasília | Curitiba |
| 4 | Brasília | Fortaleza |
| 5 | Brasília | Goiânia |
| 6 | Brasília | Pampulha |
| 7 | Brasília | Porto Alegre |
| 8 | Brasília | Recife |
| 9 | Brasília | Salvador |
| 10 | Curitiba | Campinas |
| 11 | Congonhas | Campo Grande |
| 12 | Congonhas | Cuiabá |
| 13 | Congonhas | Goiânia |
| 14 | Congonhas | Joinville |
| 15 | Congonhas | Pampulha |
| 16 | Congonhas | Porto Alegre |
| 17 | Congonhas | Porto Seguro |
| 18 | Congonhas | Vitória |
| 19 | Curitiba | Florianópolis |

Tabela 1: Pares de cidades (continuação)

| No | TRECHO | |
|----|-------------------|-------------------|
| | Cidade + rica i | Cidade - rica j |
| 20 | Pampulha | Curitiba |
| 21 | Curitiba | Porto Alegre |
| 22 | Porto Alegre | Florianópolis |
| 23 | Galeão | Confins |
| 24 | Galeão | Fortaleza |
| 25 | Galeão | Recife |
| 26 | Galeão | Salvador |
| 27 | Guarulhos | Brasília |
| 28 | Guarulhos | Curitiba |
| 29 | Guarulhos | Florianópolis |
| 30 | Guarulhos | Fortaleza |
| 31 | Guarulhos | Foz do Iguaçu |
| 32 | Guarulhos | Recife |
| 33 | Guarulhos | Salvador |
| 34 | Pampulha | Vitória |
| 35 | Fortaleza | Recife |
| 36 | Recife | Salvador |
| 37 | Santos Dumont | Brasília |
| 38 | Santos Dumont | Campinas |
| 39 | Congonhas | Santos Dumont |
| 40 | Santos Dumont | Curitiba |
| 41 | Santos Dumont | Porto Alegre |
| 42 | Santos Dumont | Vitória |

Devia a importância do nível de renda das cidades no deslocamento de passageiros do setor aéreo, ou seja, quanto maior o nível de renda maior quantidades de viagens (Figura 1) optou-se por caracterizar os pares de cidades em cidade mais rica e cidade menos rica.

O conjunto de fatores que pode explicar o comportamento da demanda de passageiros no setor aéreo é muito vasto e varia sob determinadas condições e características de cada região ou país. A seguir haverá uma explanação acerca das variáveis explicativas selecionadas que foram introduzidas no modelo, a saber: população e PIB das cidades mais ricas e menos, as diferenças de tempo, de distância e de tarifa entre o modo rodoviário e o aéreo.

3.1 População e Produto Interno Bruto

Na revisão bibliográfica descrita no capítulo 2, as variáveis população e o Produto Interno Bruto – PIB destacam-se nos estudos relativos à modelagem econométrica da demanda do transporte aéreo. O objetivo de incluir estas variáveis no modelo é mensurar o impacto dos fatores de ordem econômica na demanda. Cabe ressaltar que a participação do transporte aéreo no PIB brasileiro aumentou 36,5% nos últimos três anos, passando de 0,63% do PIB em 2003 para 0,85% em 2006 conforme estudo realizado pelo Centro de Excelência em Turismo em 2007.

Segundo Rodrigues (2004) no Brasil há uma forte correlação linear entre a demanda de passageiros do setor aéreo e o PIB como pode ser observado na figura 1. Esse fato indica a necessidade de incluir esta variável no modelo, a qual combinada com a variável população é um indicativo do nível de renda de uma determinada cidade..

Tabela 2: Evolução da economia e da demanda de passageiros no Brasil

| Ano | PIB - câmbio médio - Anual - R\$(milhões) | Pax-Km (milhões) Transportado - Modal Aéreo |
|------|---|---|
| 1996 | 778.887 | 16.032 |
| 1997 | 870.743 | 16.359 |
| 1998 | 914.188 | 21.755 |
| 1999 | 973.846 | 19.377 |
| 2000 | 1.101.255 | 24.291 |
| 2001 | 1.198.736 | 26.509 |
| 2002 | 1.477.822 | 26.754 |
| 2003 | 1.699.948 | 25.086 |
| 2004 | 1.941.498 | 28.163 |
| 2005 | 2.147.239 | 33.706 |
| 2006 | 2.323.000 | 40.079 |
| 2007 | 2.558.000 | 44.550 |

Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

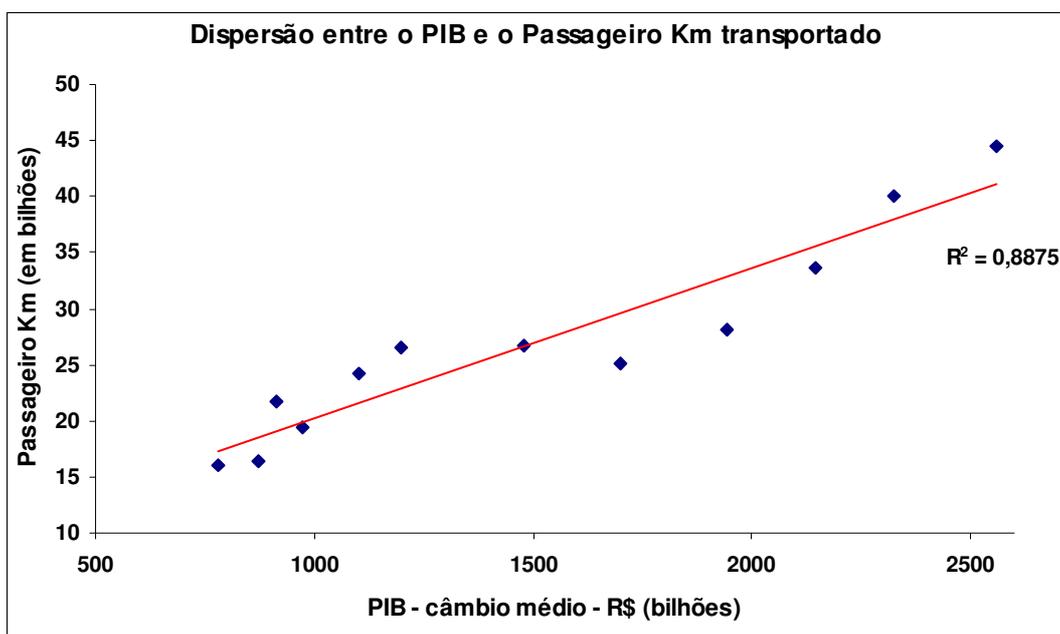


Figura 1: Gráfico de dispersão entre o PIB e o Passageiro Km Transportado

No desenvolvimento da presente dissertação foram tomadas, tanto para cidade de mais rica quanto para cidade menos rica, as estimativas das populações residentes em 01 de julho de 2006 e o PIB a preços constantes em 2005 (fonte: IBGE, 2006).

3.2 Diferenças de Tempo, Distância e Tarifa

A diferença de tempo foi obtida a partir da subtração do tempo de viagem (entre cada par de cidades), em minutos, do transporte rodoviário pelo tempo de viagem do modo aéreo. De forma análoga foi calculada a diferença entre a distância rodoviária e distância aeronáutica (medida em quilômetros), de cada trecho. O tempo de viagem do transporte aéreo e a distância aeronáutica foram obtidos junto a Agência Nacional de Aviação Civil. Os tempos de viagem do transporte rodoviário foram obtidos nos portal das empresas de ônibus que operam os trechos que fazem parte deste estudo. A distância rodoviária foi obtida no portal do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT.

No intuito de inferir sobre a competição entre os meios de transporte e mensurar o impacto da tarifa na demanda do setor de aviação civil foi introduzida no modelo a variável explicativa que mede a diferença entre a tarifa praticada pelo transporte aéreo e o transporte rodoviário. Em cada trecho esta diferença foi calculada a partir da subtração da tarifa aérea pela tarifa rodoviária.

A tarifa do transporte rodoviário refere-se ao ônibus convencionais e os valores também foram obtidos nos portais das empresas de ônibus. Selecionou-se a tarifa do ônibus convencional, pois a demanda de passageiros do setor refere-se em sua grande maioria a este segmento segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres.

No que tange a tarifa do transporte aéreo os valores obtidos referem-se à tarifa média ponderada da classe econômica em cada ligação. A Agência Nacional de Aviação Civil calcula a tarifa média multiplicando-se o valor de cada tarifa (uma empresa A tem 4 bases tarifárias) pelo número de assentos que foram vendidos em cada base tarifária dividindo-se este resultado pelo número total de assentos oferecidos obtendo-se assim a tarifa média ponderada de uma determinada empresa A. Em seguida, multiplica-se a tarifa média ponderada de cada empresa que opera uma determinada ligação pelo número de assentos ocupados por cada empresa dividindo-se o resultado obtido pelo total de assentos ocupados nesta ligação obtendo-se assim a tarifa da ligação.

Os dados referentes às tarifas de cada ligação são oriundos da Gerência Geral de Acompanhamento de Serviços Aéreos (GGAS), vinculada à Superintendência de Serviços Aéreos (SSA), da Agência Nacional de Aviação Civil. Cabe ressaltar que os

dados relativos à demanda de passageiros do transporte aéreo, foram obtidos junto à Gerência de Processamento e Divulgação de Informações (GPDI) vincula à mesma superintendência.

3.3 Elaboração de um modelo de simulação da repartição da demanda do transporte interestadual de passageiros

O presente trabalho tem como hipótese a existência de concorrência entre os modos de transporte rodoviário e aéreo, a qual é influenciada pela diferença tarifária, no segmento de transporte interestadual de passageiros. Com a finalidade de investigar esta afirmação necessita-se de um modelo que possa estimar a repartição da demanda entre os modos e neste contexto utilizou-se o modelo de regressão múltipla o qual permite estimar como um determinado conjunto de variáveis afeta uma determinada variável em estudo.

Após a apresentação das variáveis explicativas que vão compor o modelo de regressão múltipla a ser estimado têm-se elementos suficientes para formalizar o modelo com o qual se pretende mensurar e verificar o comportamento da participação demanda de passageiros do transporte aéreo regular no segmento doméstico brasileiro. A formulação matemática é apresentada a seguir:

$$\begin{aligned} Part.Demanda\ A\acute{e}rea_i = & \beta_0 + \beta_1 \cdot Pop\ PolCidade_{+Rica_i} + \beta_2 \cdot Pop\ PolCidade_Rica_i + \\ & + \beta_3 \cdot PIB\ Cidade_{+Rica_i} + \beta_4 \cdot PIB\ Cidade_Rica_i + \beta_5 \cdot \Delta tempo_i + \\ & + \beta_6 \cdot \Delta tarifa_i + \beta_7 \cdot \Delta dist\ \acute{a}ncia_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, 42 \end{aligned} \quad (1)$$

em que

Part.DemandaAérea é a participação da demanda aérea no par de cidades.

Pop PolCidade_{+Rica} é a população polarizada da cidade mais rica.

Pop PolCidade_{_Rica} é a população polarizada da cidade menos rica.

PIB Cidade_{+Rica} é o produto interno bruto da cidade mais rica.

PIB Cidade_{_Rica} é o produto interno bruto da cidade menos rica.

Δtempo = tempo de viagem do modo rodoviário menos tempo de viagem do modo aéreo.

Δtarifa = tarifa do modo aéreo menos tarifa do modo rodoviário.

Δdistância = distância rodoviária menos distância aeronáutica.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ e β_7 são os parâmetros a serem estimados.

A escolha do modelo aditivo em detrimento ao modelo multiplicativo para a consecução deste trabalho baseia-se no fato de que o modelo multiplicativo foi testado entretanto não se adequou aos dados e não produziu bons resultados. No modelo aditivo os problemas encontrados pertinentes a modelagem puderam ser contornados com as metodologias de análise de componentes principais e mínimos quadrados ponderados as quais estão descritas nos anexos 1 e 2 desta dissertação.

A participação da demanda aérea foi obtida a partir da divisão da demanda aérea pela demanda total (aéreo + rodoviário) no par de cidades.

Para a execução deste estudo será empregada a análise de regressão múltipla com a finalidade de estimar o impacto de cada variável na participação na demanda de passageiros do setor de aviação civil.

No contexto da análise de regressão múltipla há dois tipos de problemas os quais foram identificados no modelo proposto: multicolinearidade (variáveis explicativas correlacionadas) e heterocedasticidade (a variância dos erros não é constante). O problema da multicolinearidade pode ser contornado pela técnica de análise de componentes principais ao passo que o problema da heterocedasticidade pode ser sanado utilizando-se mínimos quadrados ponderados. Estas técnicas encontram sua fundamentação teórica descrita nos anexos 1 e 2 da presente dissertação assim como a base de dados utilizada encontra-se no anexo 3.

4. RESULTADOS

O foco da presente dissertação é estimar a participação da demanda de passageiros no transporte interestadual buscando examinar se há concorrência entre os dois principais meios de locomoção, rodoviário e aéreo, não sendo considerada a carga neste trabalho.

Os dados utilizados para estimar os parâmetros do modelo proposto definido na equação (1) foram obtidos junto à ANAC, ANTT, IBGE, DNIT e os sites das empresas de ônibus (Anexo 3). Com base nos dados o modelo estimado apresentou os seguintes resultados:

Tabela 3: ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | p-valor |
|-----------|----|------|------|------|---------|
| Regressão | 7 | 1,17 | 0,17 | 4,98 | 0,00 |
| Resíduo | 34 | 1,14 | 0,03 | | |
| Total | 41 | 2,32 | | | |

Tabela 4: Coeficientes estimados

| | Coeficientes | Stat t | p-valor |
|---------------------------------|--------------|--------|---------|
| Interseção | 0,41 | 4,73 | 0,00 |
| População Pol. da Cidade + Rica | -1,71E-08 | -1,26 | 0,21 |
| População Pol. da Cidade - Rica | -1,12E-08 | -0,56 | 0,58 |
| PIB da Cidade + Rica | 4,78E-09 | 1,71 | 0,10 |
| PIB Cidade - Rica | 3,63E-09 | 1,01 | 0,32 |
| Δ tempo | 2,92E-05 | 0,16 | 0,87 |
| Δ preço | 1,80E-04 | 0,35 | 0,73 |
| Δ distância | 5,65E-04 | 1,25 | 0,22 |

$$R^2 = 0,51$$

Tendo-se por base que o teste t é um teste unicaudal superior o p-valor indica a probabilidade de aceitar a hipótese nula, isto é, que a variável explicativa não é significativa no modelo. No modelo proposto, nenhuma variável mostrou-se significativa ao nível de 5%. Além disso, apenas 51% da participação da demanda do setor aéreo da amostra é explicada pelo conjunto de variáveis explicativas.

O modelo proposto não confirma a hipótese de que a tarifa afeta a repartição da demanda, entretanto, considerando-se a natureza das variáveis explicativas deve-se investigar a possível existência de multicolinearidade no modelo que pode afetar as estimativas dos coeficientes. Um indicativo da possibilidade da presença de correlação entre as variáveis explicativas pode ser visto na figura 2 (a) e na figura 2 (b).

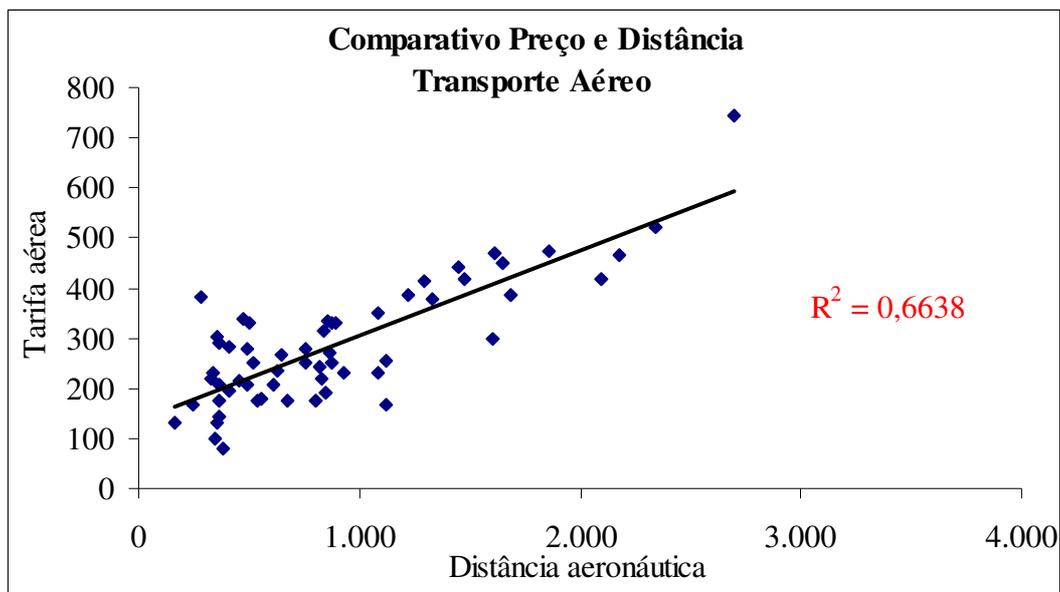


Figura 2 (a): Comparativo entre preço e distância do transporte aéreo

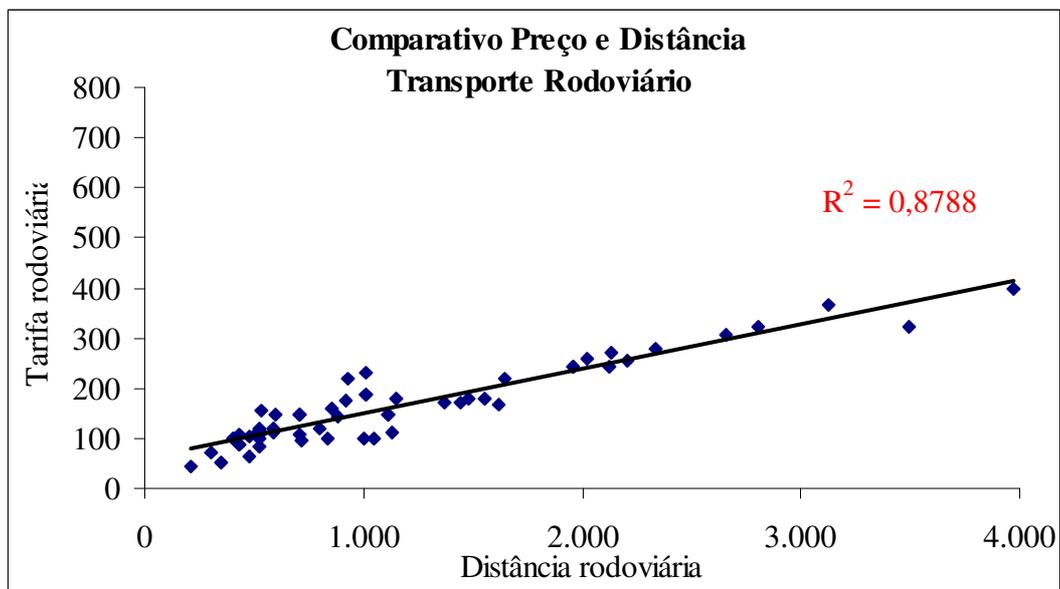


Figura 2 (b): Comparativo entre preço e distância do transporte rodoviário

Percebe-se na figura 2 (a) e na figura 2(b) que correlação linear entre a tarifa e distância tanto no segmento rodoviário quanto no aéreo. Isto pode indicar que existe correlação entre as variáveis Δtarifa e $\Delta\text{distância}$.

Fez-se necessário aplicar um teste formal a fim de verificar a existência ou não de multicolinearidade. Empregou-se a inversa da matriz de correlação das variáveis explicativas padronizadas, na qual os elementos da diagonal fornecem o fator de aumento da variância (VIF). Segundo Neter et al (1990) caso o fator máximo de aumento da variância seja maior que 10, diz-se que há multicolinearidade. Para o conjunto de variáveis explicativas em estudo o fator máximo de aumento da variância obtido foi 28,31 o que indica a presença de multicolinearidade.

De posse destas informações utilizou-se a análise de componentes principais (anexo 1), com o objetivo de agrupar as variáveis explicativas do modelo de acordo com as suas correlações, com a finalidade de contornar o problema da multicolinearidade.

Para a aplicação desta técnica necessitam-se calcular os autovalores e autovetores unitários obtidos a partir da matriz de correlação das variáveis explicativas do modelo os quais apresentados na tabela 5. As sete variáveis explicativas do modelo fornecem uma matriz de correlação com sete linhas e sete colunas, sendo assim obtêm-se 7 autovalores que permitem investigar a quantidade de componentes principais a serem formadas (Harris, 2001). Para determinar a quantidade de componentes principais utiliza-se a proporção da variabilidade total (tabela 6) em que P_1 representa a proporção da variabilidade total explicada pela primeira componente principal, P_2 a proporção explicada pela segunda e assim sucessivamente.

Tabela 5: Autovalores e autovetores unitários

| Autovalor | Autovetor unitário associado ao autovalor | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda_1 = 2,21$ | $e_1 =$ | 0,47 | 0,12 | 0,50 | 0,12 | 0,45 | 0,35 | 0,42 |
| $\lambda_2 = 1,92$ | $e_2 =$ | -0,49 | 0,15 | -0,46 | -0,11 | 0,49 | 0,05 | 0,52 |
| $\lambda_3 = 1,78$ | $e_3 =$ | 0,12 | -0,66 | 0,12 | -0,63 | 0,16 | -0,29 | 0,16 |
| $\lambda_4 = 0,76$ | $e_4 =$ | -0,10 | -0,11 | -0,10 | -0,40 | -0,12 | 0,86 | -0,21 |
| $\lambda_5 = 0,26$ | $e_5 =$ | -0,14 | -0,71 | -0,10 | 0,64 | 0,11 | 0,19 | 0,01 |
| $\lambda_6 = 0,05$ | $e_6 =$ | 0,12 | -0,06 | -0,11 | 0,03 | -0,69 | 0,08 | 0,69 |
| $\lambda_7 = 0,02$ | $e_7 =$ | -0,69 | 0,00 | 0,70 | -0,01 | -0,15 | -0,01 | 0,09 |

Os autovetores associados a cada autovalor fornecem os coeficientes da combinação linear das variáveis explicativas, combinação esta denominada componente principal.

Tabela 6: Proporção da variabilidade total

| Proporção da variabilidade total | % Variância explicada | % Variância explicada acumulada |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| P₁ | 0,32 | 0,32 |
| P₂ | 0,27 | 0,59 |
| P₃ | 0,25 | 0,84 |
| P₄ | 0,11 | 0,95 |
| P₅ | 0,04 | 0,99 |
| P₆ | 0,01 | 1,00 |
| P₇ | 0,00 | 1,00 |

Os resultados apresentaram que a proporção da variabilidade total explicada acumulada é de 95% para as quatro primeiras componentes principais (tabela 6). Sendo assim o conjunto de sete variáveis explicativas definidas podem ser agrupadas em 4 componentes principais. As componentes principais serão uma combinação linear das variáveis explicativas cujos coeficientes são obtidos a partir das quatro primeiros autovetores unitário, sendo assim a primeira componente principal será uma combinação linear das variáveis explicativas cujos coeficientes são apresentados no primeiro autovetor unitário, e assim sucessivamente.

As componentes principais obtidas a partir da combinação linear das variáveis explicativas, cujos coeficientes são extraídos dos autovalores unitários, são apresentadas a seguir:

$$W_{i1} = 0,47Z_{i1} + 0,12Z_{i2} + 0,5Z_{i3} + 0,12Z_{i4} + 0,45Z_{i5} + 0,35Z_{i6} + 0,42Z_{i7}$$

$$W_{i2} = -0,49Z_{i1} + 0,15Z_{i2} - 0,46Z_{i3} - 0,11Z_{i4} + 0,49Z_{i5} + 0,05Z_{i6} + 0,52Z_{i7}$$

$$W_{i3} = 0,12Z_{i1} - 0,66Z_{i2} + 0,12Z_{i3} - 0,63Z_{i4} + 0,16Z_{i5} - 0,29Z_{i6} + 0,16Z_{i7}$$

$$W_{i4} = -0,10Z_{i1} - 0,11Z_{i2} - 0,10Z_{i3} - 0,40Z_{i4} - 0,12Z_{i5} + 0,86Z_{i6} - 0,21Z_{i7}$$

O coeficiente de correlação entre a i-ésima componente principal e k-ésima variável explicativa do modelo permite identificar quais variáveis explicativas são agrupadas em cada uma das quatro componentes principais. Os resultados apresentados abaixo se referem apenas aos coeficientes de correlação das quatro primeiras componentes principais com as sete variáveis explicativas padronizadas.

Tabela 7: Coeficientes de correlação

| | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| $\rho(W_1; Z_1) =$ 0,69 | $\rho(W_2; Z_1) =$ -0,68 | $\rho(W_3; Z_1) =$ 0,17 | $\rho(W_4; Z_1) =$ -0,09 |
| $\rho(W_1; Z_2) =$ 0,17 | $\rho(W_2; Z_2) =$ 0,21 | $\rho(W_3; Z_2) =$ -0,88 | $\rho(W_4; Z_2) =$ -0,10 |
| $\rho(W_1; Z_3) =$ 0,75 | $\rho(W_2; Z_3) =$ -0,63 | $\rho(W_3; Z_3) =$ 0,15 | $\rho(W_4; Z_3) =$ -0,08 |
| $\rho(W_1; Z_4) =$ 0,18 | $\rho(W_2; Z_4) =$ -0,16 | $\rho(W_3; Z_4) =$ -0,84 | $\rho(W_4; Z_4) =$ -0,35 |
| $\rho(W_1; Z_5) =$ 0,67 | $\rho(W_2; Z_5) =$ 0,68 | $\rho(W_3; Z_5) =$ 0,21 | $\rho(W_4; Z_5) =$ -0,10 |
| $\rho(W_1; Z_6) =$ 0,52 | $\rho(W_2; Z_6) =$ 0,08 | $\rho(W_3; Z_6) =$ -0,38 | $\rho(W_4; Z_6) =$ 0,75 |
| $\rho(W_1; Z_7) =$ 0,62 | $\rho(W_2; Z_7) =$ 0,72 | $\rho(W_3; Z_7) =$ 0,21 | $\rho(W_4; Z_7) =$ -0,19 |

em que

W_{i1} é a primeira componente principal

W_{i2} é a segunda componente principal

W_{i3} é a terceira componente principal

W_{i4} é a quarta componente principal

Z_{i1} é variável padronizada *Pop PolCidade₊Rica*

Z_{i2} é variável padronizada *Pop PolCidade₋Rica*

Z_{i3} é variável padronizada *PIB Cidade₊Rica*

Z_{i4} é variável padronizada *PIB Cidade_Rica*

Z_{i5} é variável padronizada *Δtempo*

Z_{i6} é variável padronizada *Δtarifa*

Z_{i7} é variável padronizada *Δdistância*

Os coeficientes de correlação mais altos em cada grupo na tabela 7 permitem identificar que a primeira componente principal agrupa os fatores que definem a renda das cidades mais ricas (População e PIB). A segunda agrupa os fatores de medem o benefício de viajar de avião (*Δtempo* e *Δdistância*), a terceira agrupa os fatores que determinam a renda das cidades menos ricas (População e PIB) e por último a quarta componente principal é composta da variável que mensura o custo de viajar de avião em detrimento ao ônibus (*Δtarifa*). Desse modo as componentes principais podem ser assim nomeadas: W_{i1} é a renda da cidade mais rica, W_{i2} é o benefício de viajar de avião em relação ao ônibus, W_{i3} é a renda da cidade menos rica e W_{i4} é o custo de viajar de avião em relação ao ônibus.

Sendo assim tem-se o novo modelo de regressão múltipla:

$$\text{Part.Demanda Aérea Padronizada}_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{renda cidade_rica}_i + \beta_2 \cdot \text{benefício}_i + \\ + \beta_3 \cdot \text{rendacidade_rica}_i + \beta_4 \cdot \text{custo}_i + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, 42$$

O novo modelo de regressão produziu os seguintes resultados:

Tabela 8: ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | p-valor |
|-----------|----|------|------|------|----------|
| Regressão | 4 | 0,46 | 0,12 | 7,97 | 9,69E-05 |
| Resíduo | 37 | 0,54 | 0,01 | | |
| Total | 41 | 1 | | | |

$$R^2 = 0,46$$

Tabela 9: Coeficientes estimados

| | Coeficientes | Stat t | p-valor |
|----------------------------|--------------|-----------|----------|
| Interseção | -4,83E-17 | -2,60E-15 | 0,99 |
| Renda da cidade mais rica | 0,43 | 5,27 | 6,05E-06 |
| Benefício | 0,14 | 1,59 | 0,12 |
| Renda da cidade menos rica | 0,06 | 0,62 | 0,54 |
| Custo | -0,15 | -1,08 | 0,29 |

Embora conjuntamente os parâmetros do modelo tenham se mostrado significativos, com exceção da variável renda da cidade mais rica, individualmente, todas as demais variáveis se mostraram não significativas ao nível de 5%, conforme visto na tabela 9. Além disso, apenas 46% da participação da demanda do setor aéreo da amostra é explicada pelo conjunto de variáveis explicativas.

Isso quer dizer que, mesmo com a correção da multicolinearidade, o modelo proposto ainda não apresenta bons resultados. Como é possível que a representatividade do modelo esteja sendo afetada pelo não enquadramento da estimação dos parâmetros da regressão nas condições fundamentais do método econométrico, utilizou-se a análise gráfica dos resíduos para verificar se os dados da amostra não conduziram a tal situação. Têm-se a seguir os gráficos dos resíduos com cada uma das variáveis explicativas.

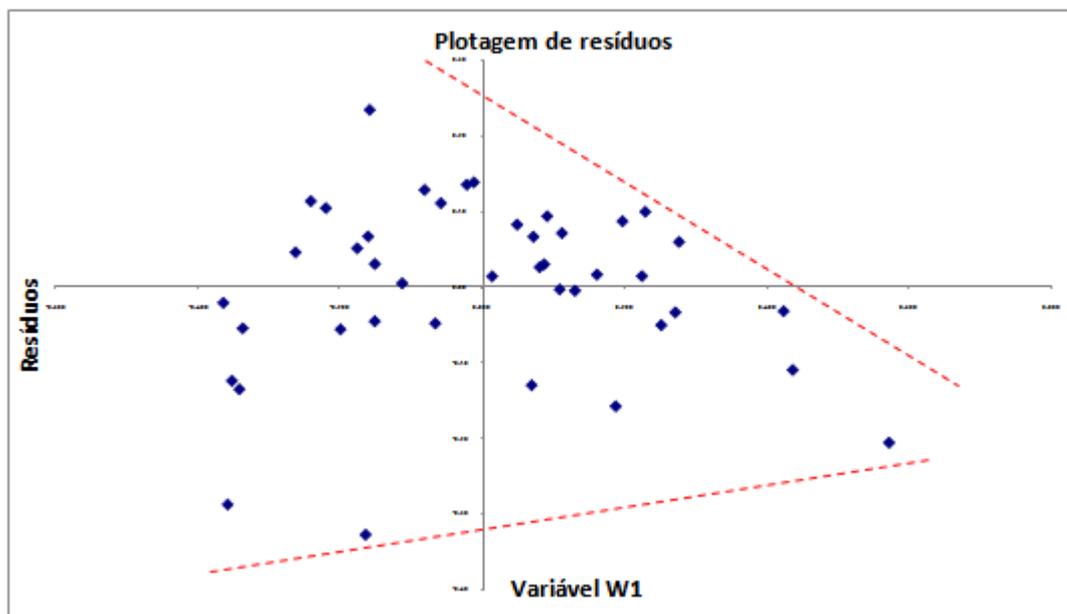


Figura 3 (a): Gráfico dos resíduos contra a variável W_1

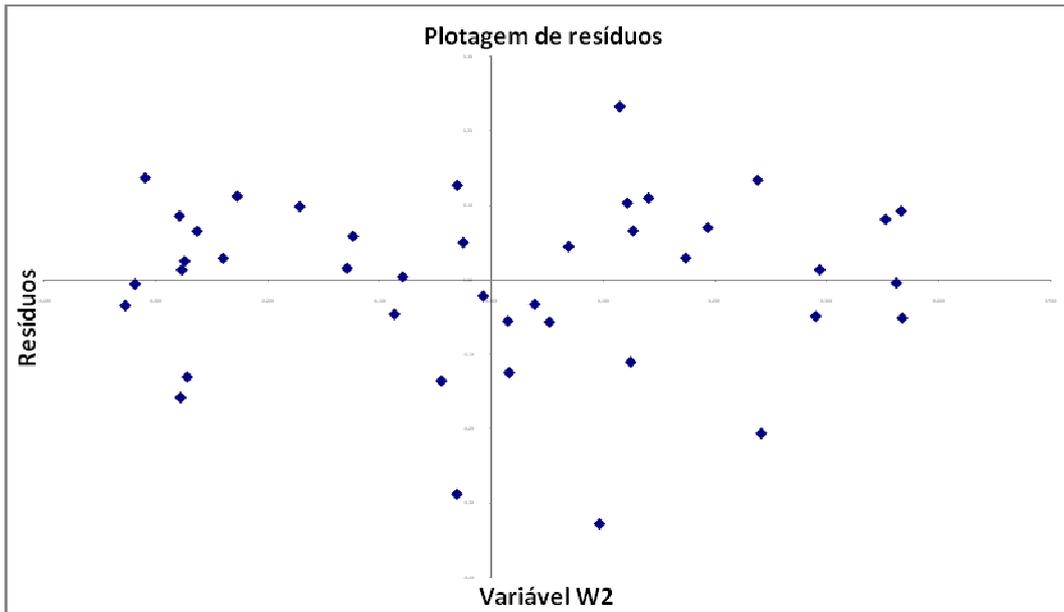


Figura 3 (b): Gráfico dos resíduos contra a variável W_2

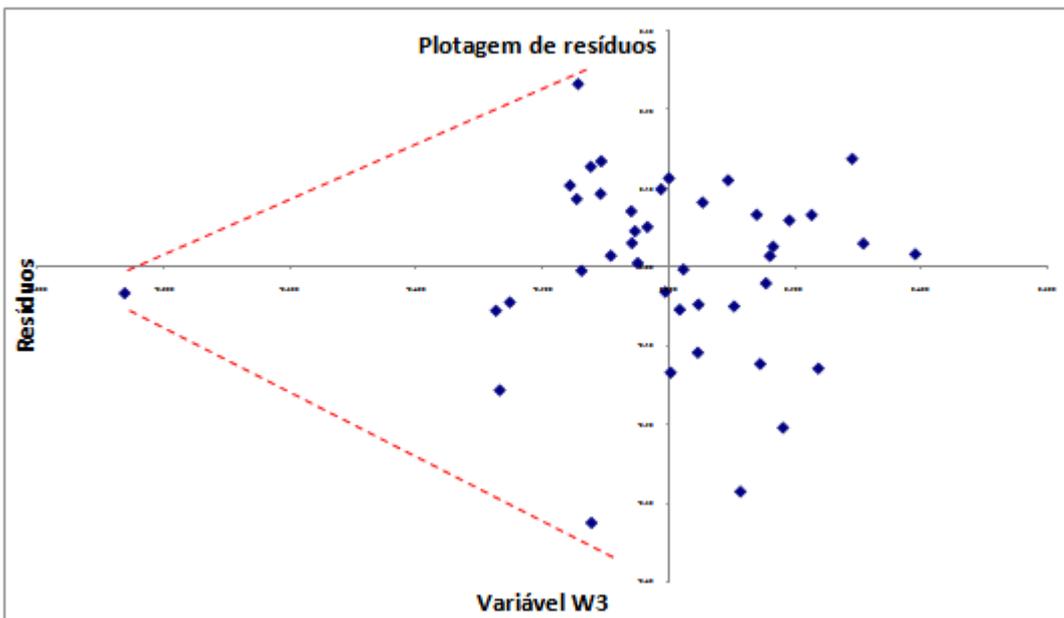


Figura 3 (c): Gráfico dos resíduos contra a variável W_3

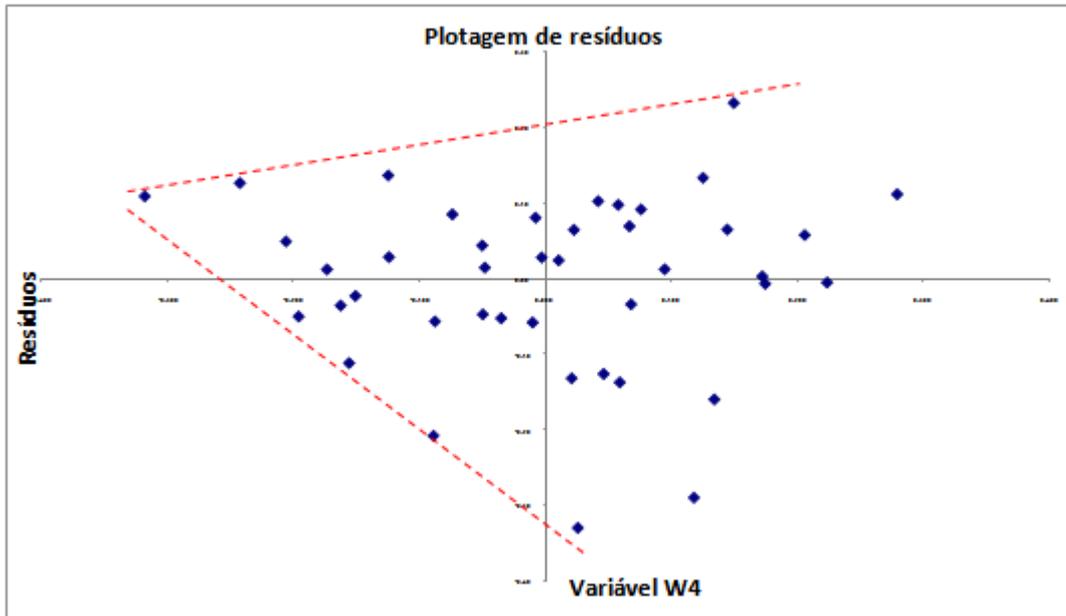


Figura 3 (d): Gráfico dos resíduos contra a variável W_4

As figuras 3 (a), 3 (c) e 3 (d) indicam a possível existência de heterocedasticidade no modelo que acarreta estimativas imprecisas e erros a cerca dos testes t e F. O teste de Glejser utilizado para identificar a existência de heterocedasticidade mostrou a presença da inconstância dos erros. Para contornar este problema a cerca da modelagem utilizou-se a metodologia de mínimos quadrados ponderados (anexo 2) dividindo-se todas as variáveis do modelo pela variável renda da cidade menos rica. Apresenta-se a seguir o modelo transformado:

$$C_i = \beta_0 D_{i1} + \beta_1 D_{i2} + \beta_2 D_{i3} + \beta_4 D_{i4} + v_i \quad , \quad i = 1, \dots, 42$$

em que

$$C_i = \frac{Part.Demanda\ Aérea\ Padronizada_i}{rendacidade_rica_i}$$

$$D_{i1} = \frac{renda\ cidade_+rica_i}{rendacidade_rica_i}$$

$$D_{i2} = \frac{beneficio_i}{rendacidade_rica_i}$$

$$D_{i3} = \frac{\text{rendacidade_rica}_i}{\text{rendacidade_rica}_i} = 1 \quad (\beta_2 \text{ passa a ser o intercepto})$$

$$D_{i4} = \frac{\text{custo}_i}{\text{rendacidade_rica}_i}$$

O novo modelo apresentou os seguintes resultados:

Tabela 10: ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | p-valor |
|-----------|----|-----------|----------|--------|----------|
| Regressão | 4 | 39.362,17 | 9.840,54 | 684,70 | 3,92E-34 |
| Resíduo | 37 | 531,76 | 14,37 | | |
| Total | 41 | 39.893,93 | | | |

$$R^2 = 0,99$$

Quando se aplica a técnica de mínimos quadrados ponderados o cálculo do R^2 difere da forma usual sendo obtido a partir do quadrado do coeficiente de correlação da variável dependente observada e sua respectiva previsão.

Tabela 11: Coeficientes estimados

| | Coeficientes | Stat t | p-valor |
|----------------|--------------|--------|----------|
| Interseção | 0,03 | 3,37 | 2,46E-03 |
| Variável D_1 | 0,63 | 18,13 | 5,33E-20 |
| Variável D_2 | 0,29 | -2,31 | 0,03 |
| Variável D_3 | 0,11 | -8,34 | 5,06E-10 |
| Variável D_4 | -0,47 | 4,09 | 2,26E-04 |

Contornado o problema da heterocedasticidade e da multicolinearidade obteve-se o modelo cujas variáveis transformadas D_1 , D_2 , D_3 e D_4 se mostram significativas ao nível de 1%. O teste F mostra que os parâmetros do modelo são conjuntamente significativos e o coeficiente de determinação mostra que 99% da participação da demanda do

transporte aéreo pode ser explicada pelo conjunto de variáveis definidas no modelo deixando-se apenas 1% para outras variáveis omitidas ou para flutuações ao acaso.

Multiplicando-se as variáveis transformadas pelo inverso da variável renda da cidade menos rica restabeler-se-á a situação inicial sendo assim tem-se o seguinte modelo estimado:

$$Part.Demanda\ Aérea\ Padronizada_i = 0,11 + 0,63 \cdot renda\ cidade_+rica_i + 0,29 \cdot benefício_i + 0,03 \cdot renda\ cidade_rica_i - 0,47 \cdot custo_i \quad i = 1, \dots, 42$$

onde a componente principal $renda\ cidade_+rica$ agrupa as variáveis população e PIB da cidade mais rica no trecho, a componente principal $renda\ cidade_rica$ agrupa as variáveis população e PIB da cidade menos rica no trecho, a componente $benefício$ agrupa as diferenças de tempo e distância entre o modo de transporte rodoviário e aéreo. A componente principal $custo$ está associada à variável $\Delta tarifa$.

No modelo descrito a variável dependente representa o *market share* do transporte aéreo frente ao rodoviário, sendo assim a equação mostra que percentual de passageiros transportados pelo modo aéreo aumenta à medida que a renda e o benefício aumentam e o custo diminui. Neste contexto uma diminuição no nível de renda e benefício e um incremento no custo implica em aumento no percentual de passageiros transportados pelo modo rodoviário.

A fim de avaliar a qualidade do ajuste apresenta-se a seguir a participação da demanda do setor aéreo observada e estimada.

Tabela 12: Participação da demanda observada e estimada

| No | TRECHO | | Y observado | Y estimado |
|----|-------------------|-------------------|-------------|------------|
| | Cidade + rica i | Cidade - rica j | | |
| 1 | Brasília | Belém | 0,83 | 0,90 |
| 2 | Brasília | Cuiabá | 0,74 | 0,73 |
| 3 | Brasília | Curitiba | 0,75 | 0,74 |

Tabela 12: Participação da demanda observada e estimada (continuação)

| No | TRECHO | | Y observado | Y estimado |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
| | Cidade + rica _i | Cidade - rica _j | | |
| 4 | Brasília | Fortaleza | 0,98 | 0,91 |
| 5 | Brasília | Goiânia | 0,29 | 0,38 |
| 6 | Brasília | Pampulha | 0,51 | 0,60 |
| 7 | Brasília | Porto Alegre | 0,73 | 0,82 |
| 8 | Brasília | Recife | 0,99 | 0,90 |
| 9 | Brasília | Salvador | 0,94 | 0,89 |
| 10 | Curitiba | Campinas | 0,46 | 0,50 |
| 11 | Congonhas | Campo Grande | 0,54 | 0,63 |
| 12 | Congonhas | Cuiabá | 0,95 | 0,86 |
| 13 | Congonhas | Goiânia | 0,76 | 0,70 |
| 14 | Congonhas | Joinville | 0,93 | 0,86 |
| 15 | Congonhas | Pampulha | 0,51 | 0,53 |
| 16 | Congonhas | Porto Alegre | 0,99 | 0,90 |
| 17 | Congonhas | Porto Seguro | 0,89 | 0,87 |
| 18 | Congonhas | Vitória | 0,78 | 0,74 |
| 19 | Curitiba | Florianópolis | 0,04 | 0,05 |
| 20 | Pampulha | Curitiba | 0,14 | 0,14 |
| 21 | Curitiba | Porto Alegre | 0,66 | 0,59 |
| 22 | Porto Alegre | Florianópolis | 0,33 | 0,42 |
| 23 | Galeão | Confins | 0,54 | 0,61 |
| 24 | Galeão | Fortaleza | 0,92 | 0,99 |
| 25 | Galeão | Recife | 0,94 | 0,88 |
| 26 | Galeão | Salvador | 0,94 | 0,89 |
| 27 | Guarulhos | Brasília | 0,95 | 0,87 |
| 28 | Guarulhos | Curitiba | 0,70 | 0,70 |
| 29 | Guarulhos | Florianópolis | 0,85 | 0,76 |
| 30 | Guarulhos | Fortaleza | 0,89 | 0,87 |
| 31 | Guarulhos | Foz do Iguaçu | 0,82 | 0,79 |

Tabela 12: Participação da demanda observada e estimada (continuação)

| No | TRECHO | | Y observado | Y estimado |
|----|-------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | Cidade + rica i | Cidade - rica j | | |
| 32 | Guarulhos | Recife | 0,92 | 0,98 |
| 33 | Guarulhos | Salvador | 0,96 | 0,98 |
| 34 | Pampulha | Vitória | 0,52 | 0,49 |
| 35 | Fortaleza | Recife | 0,76 | 0,73 |
| 36 | Recife | Salvador | 0,97 | 0,91 |
| 37 | Santos Dumont | Brasília | 0,92 | 0,84 |
| 38 | Santos Dumont | Campinas | 0,61 | 0,66 |
| 39 | Congonhas | Santos Dumont | 0,76 | 0,83 |
| 40 | Santos Dumont | Curitiba | 0,74 | 0,66 |
| 41 | Santos Dumont | Porto Alegre | 0,98 | 0,89 |
| 42 | Santos Dumont | Vitória | 0,64 | 0,56 |

Pode-se observar na tabela 12 que as diferenças entre o observado e o estimado são inferiores a 0,1. Aplicando-se o teste *t-student* para testar se havia diferenças entre os valores observados e estimados. Neste teste a hipótese nula é de haver diferenças significativas e os dados mostraram que não se pode rejeitar a hipótese nula ao nível de 1% sendo assim o modelo estimado apresenta um bom ajuste, pois não há diferenças estatisticamente significativas entre o observado e o estimado.

5. CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo verificar a possível existência ou não de competição entre os dois principais meios de locomoção de passageiros no Brasil: o transporte rodoviário e o transporte aéreo com base na diferença tarifária.

Um modelo explicativo obtido a partir da análise econométrica baseado numa amostra de 42 pares de cidades, cujos dados são referentes ao ano de 2005, permitiu verificar que as variáveis PIB, população e as diferenças de tarifa, tempo e distância de cada par de origens e destinos de deslocamentos apresentam-se como fatores relevantes para estimar a participação na demanda do transporte aéreo doméstico regular de passageiros no Brasil.

A partir do modelo pode-se verificar que renda (população, PIB) da cidade mais rica tem impacto positivo na participação da demanda do setor aéreo, isto significa dizer que quando maior a renda da cidade mais rica em determinado trecho maior será a participação da demanda de passageiros.

As variáveis custo e benefício que compõem a relação custo-benefício entre o transporte aéreo e o transporte rodoviário foram incorporadas separadamente ao modelo. A variável que mede o benefício de viajar de avião em relação ao ônibus tem o coeficiente positivo. Tendo em vista que esta variável agrupa as variáveis “diferença de tempo” e “distância entre os meios de transporte”, o sinal do coeficiente do modelo indica que, quanto maior o tempo de viagem do transporte rodoviário e a distância rodoviária entre as cidades há incremento da participação do transporte aéreo na demanda.

No que tange ao custo, representado pela diferença entre as tarifas praticadas pelo transporte aéreo e rodoviário, o sinal negativo do coeficiente no modelo indica que, quanto maior for a diferença entre as tarifas, menor será a participação da demanda. Neste contexto é importante salientar que uma diminuição na diferença dos preços das passagens de avião e ônibus acarreta em um aumento da participação do setor de aviação civil na demanda de passageiros, o que corrobora a afirmação de que, no período das observações, houve competição entre os meios de transporte em nível tarifário, o que implicou na migração de parte dos usuários do transporte rodoviário para o transporte aéreo.

Por outro lado, o modelo de regressão elaborado se revelou uma ferramenta eficaz para verificar e analisar esse fenômeno.

No contexto da análise de sensibilidade a cerca do modelo obtido pode-se investigar o impacto da variação de uma determinada variável, mantendo-se todas as demais constantes, no *market share* do setor aéreo. Os trechos selecionados para esta análise foram Fortaleza – Recife e Recife – Salvador objetivando-se apresentar ao leitor a aplicabilidade e o potencial do modelo proposto, entretanto cabe ressaltar o que estes resultados também são válidos para os outros trechos deste estudo.

Considerando a variável diferença no tempo de viagem entre os modos rodoviário e aéreo sabe-se que o limite de velocidade para os ônibus nas estradas é de 80 km/h, entretanto supondo-se uma eventual mudança na legislação que permitisse aumentar o limite de velocidade de 80 km/h para 100 km/h, por exemplo, haveria uma redução de 20% no tempo de viagem rodoviária entre o trecho Fortaleza – Recife o que implicaria em uma redução de 2% da participação da demanda do transporte aéreo neste trecho. O mesmo tipo de variação percentual ocorreria no trecho Recife – Salvador.

A crise econômica que se iniciou em outubro de 2008 fez com que o Banco Central revisasse para baixo a previsão de crescimento da economia brasileira para o ano de 2009. Estima-se que a economia crescerá 2% em 2009. Tendo-se ainda os trechos citados como referência e aplicando-se este percentual o modelo permite verificar que no trecho Fortaleza – Recife o aumento de 2 pontos percentuais no *PIBCidade₊Rica* além de um incremento de 2 pontos percentuais no *PIBCidade₋Rica* acarreta um acréscimo de 0,4 pontos percentuais na participação da demanda do setor aéreo. Considerando-se o trecho Recife – Salvador e aplicando-se os mesmos percentuais de crescimento para as *Cidade₊Rica* e *Cidade₋Rica* a participação na demanda do transporte aéreo tem o mesmo nível de crescimento.

Pode-se findar a análise de sensibilidade investigando-se o impacto da diferença tarifária na participação da demanda do setor aéreo. As outras variáveis explicativas do modelo apresentam pouca ou nenhuma possibilidade de variação como no caso da diferença entre as distâncias das cidades enquanto que a variável diferença tarifária

apresenta uma maior flexibilidade podendo variar de acordo com pacotes promocionais oferecidos pelas empresas do setor aéreo ou políticas públicas de incentivo tanto no setor rodoviário quanto no setor aéreo. Sendo assim supondo-se uma redução de 30% no valor da tarifas aéreas acarreta um aumento de 10% na demanda de passageiros tanto no trecho Fortaleza – Recife quanto no trecho Recife – Salvador.

O estudo apresentado nesta dissertação contribui para preencher a lacuna existente no âmbito da análise da concorrência entre o setor aéreo e o rodoviário a qual não foco de estudo em outros países haja vista que este tipo de competição é peculiar ao Brasil. O modelo apresentado possibilita verificar o grau de competição através da influência da diferença tarifária entre os modos na participação da demanda do transporte aéreo.

Cabe ressaltar que o modelo apresentado serve de balizador para os órgãos governamentais no que se refere à implementação de políticas públicas de fomento aos setores rodoviário e aéreo tendo em vista que a análise de sensibilidade nos permite verificar o impacto de cada uma das variáveis na participação da demanda. Neste contexto, por exemplo, se o governo tiver interesse em priorizar o transporte rodoviário em detrimento ao aéreo em um determinado pode-se investir na melhoria da infraestrutura rodoviária o que acarretaria diminuição no tempo de viagem ao passo que também poder-se-ia conceder autorização a novas empresas o que acarretaria em competição no transporte rodoviário ocasionando na redução das tarifas.

Neste estudo devem-se considerar também as limitações pertinentes ao modelo, pois a competição entre os meios de transporte rodoviário por ônibus e aéreo é específica para o caso brasileiro e o modelo apresentado é válido apenas para os 42 trechos do território nacional cujos dados encontram-se no anexo 3.

Por fim cabe apresentar algumas sugestões para trabalhos futuros com o intuito de investigar aspectos não abordados nesta dissertação como, por exemplo, a competição entre os modos rodoviário e aéreo no segmento de transporte de carga. Outra sugestão de pesquisa refere-se à inclusão de novas variáveis não consideradas neste estudo como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) estimando o seu impacto na distribuição da demanda entre os modos.

Os dados referentes a esta dissertação são provenientes da aviação geral entre grandes pólos geradores de demanda do setor aéreo, sendo assim tem-se ainda como sugestão de linha de pesquisa o estudo da concorrência intermodal no segmento da aviação regional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abed, S. Y.; Ba-Fail, A. O. and Jasimuddin, S. M. (2001) *An Econometric Analysis of International Air Travel Demand in Saudi Arabia*. Journal of Air Transport Management. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/jairtraman>>. Acesso em 22 de novembro de 2006
- Alam, M. J. B. and Karim D. M. (1998) *Air Travel Demand Model for Domestic Air Transportattion in Bangladesh*. *Journal of Civil Engineering, Bangladesh*, v. 26, no. 1, p. 1-16. Disponível em : <<http://www.geocities.com/totul91/publications.html>>. Acesso em 26 de abril de 2007.
- ANAC (2006) *Anuário Estatístico do Transporte Aéreo – 2006*. Agência Nacional de Aviação Civil, Ministério da Defesa, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/estatistica/estatisticas1.asp>>. Acesso em 28 de agosto de 2006.
- ANTT (2006) *Anuário Estatístico 2006 – Ano Base 2005*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Ministério dos Transportes, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/passageiro/anuarios.asp>>. Acesso em 17 de julho de 2006.
- ANTT (2005) *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT 2005*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Ministério dos Transportes, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/ANTT/index.htm>> Acesso em 15 de novembro de 2006.
- Araújo Jr., A. H. e Costa, R. P. (2005) *Produtividade e Desempenho Financeiro: A Dicotomia do Setor Aéreo Brasileiro*. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, São Paulo, v. 1, no. 3, p. 3-29.

- Ariente M.; Galeano R.; Giuliani, A. C.; Farah, O. E. e Pizzianatto, N. A. (2005) *Marketing de Convergência: Mudanças no Transporte Aéreo Brasileiro*. II Seminário de Gestão de Negócios, Curitiba. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/IIseminario/organizacoes/organiacoes_10.pdf>. Acesso em 22 de setembro de 2006.
- Ba-Fail, A. O.; Abed, S. Y. and Jasimuddin, S. M. (2000) *The Determinants of Domestic Air Travel Demand in the Kingdom of Saudi Arabia*. Journal of Air Transport World Wide, v. 1, no 2, p. 72 – 86. Disponível em : <http://ntl.bts.gov/lib/000/700/744/jatww_5-2_ba-fail.pdf>. Acesso em 28 de novembro de 2006.
- Battersby, B. and Oczkowski, E. (2001). *An econometric analysis of the demand for domestic air travel in Australia*. International Journal of Transport Economics, Bathurst, v. 28, no. 2, p. 193-204.
- Battersby, B. (2002) *A Model of Demand for Regional Air-Travel in New South Wales*. Air Transport Research Society Conference, Seattle.
- Bhadra, D. (2003) *Demand for Air Travel in the United States: Bottom-up Econometric Estimation and Implications for Forecasts by Origin and Destination Pairs*. Journal of Air Transportation, Omaha, v. 8, no. 2, p. 20-56.
- Boldrini, J. L. e Wetzler F. (1986) *Álgebra Linear*. 3a ed. Harbra. São Paulo.
- Bridoux, H. (2004) *Strategic Analysis of European Air Transport Sector and “Low Cost” Airlines to Propose Strategic Recommendations to a Traditional Airline: Air France*. MA European Tourism Management, The Graduate School, Bournemouth University.
- Butkevičius, J. (2007) *Development of passenger transportation by railroad from Lithuania to European States*. Department of Transport Management, Vilnius Gediminas Technical University, v. 22, no. 2, p. 73-79.

- Castelli, L.; Pesenti, R; Schiratti, S. and Ukovich, W. (2001) *Study of the impact of innovative route charge schemes considering ATC and airlines new perspectives*. DEEI, University of Trieste, Italy.
- Chatterje S. and Hadi, A. S. (2006) *Regression Analysis by Example*. 4th ed. Wiley Interscience.
- Centro de Excelência em Turismo (2007) *A Importância do Setor Aéreo na Economia Brasileira*. Universidade de Brasília, DF.
- Dargay, J. and Hanly, M. (2001), *The Determinants of the Demand for International Air Travel to and from the UK*. 34th Annual Universities' Transport Study Group Conference, Edinburgh. Disponível em: <http://www.cts.ucl.ac.uk/tsu/papers/UTSGAIR2002.pdf> Acesso em 02 de abril de 2007.
- DeGroot, M. H. and Schervish, M. J. (1931) *Probability and Statistics*. 3rd ed. Addison Wesley. Boston.
- DNIT (2006) *Distância entre as cidades*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/rodovias/distancias/distancias.asp>. Acesso em 28 de agosto de 2006.
- Dresner, M.; Lin, J. C. and Windle R. (1996) *The Impact of Low Cost Carriers on Airport and Route Competition*. Journal of Transport Economics and Policy, Maryland, v. 30, no. 3, p. 309-328.
- Fernandes, L. A. (2003) *Engenharia Simultânea e Qualidade no Transporte Rodoviário de Passageiros: Um Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, PPGEP/UFSC, Florianópolis.

- Gomes, L. M. (1996) *Avaliação das Características do Serviço Oferecido pelo Transporte Interestadual por Ônibus*. Dissertação de Mestrado, COPPE / PET / UFRJ, Rio de Janeiro.
- Granemann, S. R. e Gartner, I. R. (2000) *Modelo Multicriterial para Escolha Modal/Submodal de Transporte*. *Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Gramado.
- Gujarati, D. N. (2004) *Basic Econometrics*. 4th ed. McGraw Hill.
- Harris, R. J. (2001) *A primer of multivariate statistics*. 3rd ed. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey.
- IBGE (2008) *Produto Interno Bruto dos Municípios 2005*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2005/default.shtm>>. Acesso em 28 de agosto de 2008.
- IBGE (2006) *Estimativas de População*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2006/estimativa.shtm>> Acesso em 28 de agosto de 2006.
- Instituto de Aviação Civil (2001) *Demanda Global*. 1ª ed. Rio de Janeiro.
- Instituto de Aviação Civil (2002) *Fluxo de Passageiros nas Ligações Aéreas Nacionais*. 1ª ed. Rio de Janeiro.
- Instituto de Aviação Civil (2003) *Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros*. 1ª ed. Rio de Janeiro.
- Johnson R. A. and Wichern Dean W. (1982) *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

- Karim, D. M.; Ieda, H. and Alam, M.J.B. (2000) *Macroscopic Modeling for the Regional Air Travel Demand to Analyze the Potential of Hub-Spoke Air Transport System in South Asia*. 9th World Conference on Transport Research, WCTR, Seoul, South Korea. Disponível em : <http://www.geocities.com/totul91/publications.html>>. Acesso em 26 de abril de 2007.
- Marques, E. M. (2006) *A Intermodalidade Aero-Ferroviária no Transporte de Passageiros Existentes no Aeroporto de Frankfurt – Alemanha e Sugestão de Aplicação deste Modelo no Aeroporto de Guarulhos – Brasil*. Monografia, FATEC ZL. São Paulo.
- Martins, F. G. D. (2004) *Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros: Regulação e Concentração Econômica*. Monografia, PGCE. Brasília, p. 10.
- Matos, O. C. De (2000) *Econometria Básica: Teoria e Aplicações*. 3a. ed. Atlas. São Paulo.
- Montoro Filho, A. F. (1971) *A Aviação no Brasil: Estudo Econométrico da Demanda de Transporte Aéreo para Passageiros*. Revista Brasileira de Economia, v. 25, no. 2, Rio de Janeiro.
- Myburgh, A.; Sheik, F.; Fiandeiro, F.; and Hodge, J. (2006) *Clear Skies over Southern Africa*. The ComMark Trust, South Africa.
- Neter, J.; Wasserman, W. and Kutner, M. H. (1990) *Applied Linear Statistical Models*. 3rd ed. Irwin. Boston.
- Oliveira, A. V. M.; Lovadine, D.; Todesco, F.; Bettini, H. F. A. J. e Vassallo, M. D. (2005) *Descontos em Tarifas Aéreas e seus Determinantes: Um Estudo Aplicado à Compra de Passagens pela Internet em Rotas Seleccionadas*. Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Recife, v. 1, p. 452–463.

- Oliveira, A. V. M. e Turolla, F. A. (2005) *Competição, Colusão e Antitruste: Estimação da Conduta Competitiva de Companhias Aéreas*. Documento de Trabalho N. 003 – Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR). São José dos Campos, SP. Disponível em: <<http://www.ita.br/~nectar>>. Acesso em 20 de setembro de 2006.
- Oliveira, A. V. M. e Silva, L. H. S. (2006) *Reforma Regulatória e Bem-Estar no Transporte Aéreo Brasileiro: E Se a Flexibilização dos Anos 1990 Não Tivesse Ocorrido?* Documento de Trabalho N. 013 – Acervo Científico do Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo (NECTAR). São José dos Campos, SP. Disponível em: <<http://www.ita.br/~nectar>>. Acesso em 30 de outubro de 2007.
- Oliveira, A. V. M. (2007) *A Experiência Brasileira na Desregulamentação do Transporte Aéreo: Um Balanço e Propositura de Diretrizes para Novas Políticas*. Documento de Trabalho N. 45 – Central de Documentos da Secretaria de Acompanhamento Econômico (SEAE). São José dos Campos, SP. Disponível em: <http://www.seae.fazenda.gov.br/central_documentos/documento_trabalho/copy_of_2006-1>. Acesso em 17 de abril de 2007.
- Pessali, H. F. (1998) *Teoria dos Custos de Transação: Uma Avaliação à Luz de Diferentes Correntes do Pensamento Econômico*. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rodrigues, R. A. (2004) *Aviação Comercial no Brasil: A Necessidade de um Novo Marco Regulatório*. Revista de Gestão Governamental e Políticas Públicas, no. 5, Brasília, DF.
- Santos, R. N. (2003) *Pesquisa de Passageiros do Transporte Aéreo para Decisões do Departamento de Aviação Civil*. Dissertação de Mestrado, COPPE / PET / UFRJ, Rio de Janeiro.
- Searle, S. R. (1928) *Matrix Algebra Useful for Statistics*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Searle, S. R. (1971) *Linear Models Algebra*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Silva, M. A. M.; Leal, L. H. C. e Pessanha, J. F. M. (2005) *Uma Aplicação de Modelos de Séries Temporais na Previsão da Demanda Por Transporte Aéreo de Passageiros. Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Recife, v. 1, p. 475–484.*
- Silveira, J. A. (2003) *Transporte Aéreo Regular no Brasil: Análise Econômica e Função de Custo*. Dissertação de Mestrado, COPPE / PET / UFRJ, Rio de Janeiro.
- Timm, N. H. (2002) *Applied Multivariate Analysis*. Springer, New York.
- Tretheway (2004) *Distortions of Airline Revenues: Why the Network Airline Business model is broken*. Journal of Air Transport Management. Disponível em <<http://www.elsevier.com/locate/jairtraman>>. Acesso em 31 de outubro de 2006
- Simões, A. F. (2003) *O Transporte Aéreo Brasileiro no Contexto de Mudanças Climáticas Globais: Emissões de CO2 e Alternativas de Mitigação*. Tese de Doutorado, COPPE / PET / UFRJ, Rio de Janeiro.
- Valente, F. J. (2004) *O Turismo como Fator de Influência no Planejamento de Linhas Regulares das Empresas Aéreas Regionais do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Turismo e Hotelaria, UNIVALI, Santa Catarina.
- Weisberg, S. (1947) *Applied Linear Regression*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

GLOSSÁRIO

Dummy – Variável binária que assume valores 0 e 1 em que 0 representa a inexistência de um determinado atributo e 1 representa a existência de um determinado atributo.

Hub – Aeroportos que servem como uma central de distribuição de passageiros oriundos de outros aeroportos (conexão).

Parcimonioso – No dicionário parcimônia significa moderado, econômico. No campo da modelagem estatística busca-se um modelo com o menor número de parâmetros possível que possa explicar um grande percentual do fenômeno em estudo. Este modelo é denominado modelo parcimonioso.

VIF – Variance Inflation Factor – mede o impacto da multicolinearidade entre variáveis no modelo de regressão múltipla

Yield – É a receita total do tráfego de passageiros dividida pelo total de passageiros-quilômetro transportados.

ANEXO

1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

1.1 Apresentação

A análise de componentes principais é uma técnica que busca explicar a estrutura de variância e covariância através de combinações lineares das variáveis originais. Esta técnica tem como objetivo principal a redução da dimensão e a interpretação de um determinado fenômeno em estudo. Embora $p-1$ componentes principais sejam necessárias para reproduzir a variabilidade total do sistema, muito desta variabilidade é devida a um pequeno número $k < p-1$ de componentes principais. Então as k componentes principais podem substituir as $p-1$ variáveis iniciais e os dados originais, consistindo de n medidas em $p-1$ variáveis que é substituído por n medidas em k componentes principais.

1.2 Componentes Principais

Considere o seguinte modelo de regressão múltipla:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_{p-1} X_{i,p-1} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

em que $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p-1}$ são os coeficientes de regressão (parâmetros) a serem estimados, ε_i é o erro aleatório e n é o número de elementos pertencentes a amostra.

Na modelagem de regressão múltipla far-se-á duas suposições a cerca do modelo:

1. Os erros (ε_i) tem distribuição normal com média 0 e variância constante σ^2 , ou seja, $\varepsilon_i \sim N(0; \sigma^2)$.
2. Os erros são não correlacionados, ou seja, $Cov\{\varepsilon_i; \varepsilon_j\} = 0 \quad \forall i \neq j$.
3. As variáveis independentes são não correlacionadas, isto é, $Cov\{X_i; X_j\} = 0 \quad \forall i \neq j$.

Tendo-se por base o modelo de regressão múltipla definido na equação (1), tem-se $p-1$ variáveis independentes. Seja \tilde{X} um vetor aleatório com média $\tilde{\mu}$ e matriz de variância e covariância $\tilde{\Sigma}$:

$$\tilde{X} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{p-1} \end{pmatrix} \quad \tilde{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_{p-1} \end{pmatrix} \quad \tilde{\Sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1;p-1} \\ \sigma_{21} & \sigma_{21} & \cdots & \sigma_{2;p-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{p-1;1} & \sigma_{p-1;2} & \cdots & \sigma_{p-1;p-1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde X_1, \dots, X_{p-1} são as variáveis independentes definidas na equação (1)

Sejam $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{p-1}$ e e_1, e_2, \dots, e_{p-1} os autovalores e autovetores unitários de $\tilde{\Sigma}$.

Define-se a i -ésima componente principal do vetor \tilde{X} por:

$$W_i = e_i^t \tilde{X}, \quad i = 1, \dots, p-1 \quad (3)$$

Sendo assim tem-se $p-1$ componentes principais conforme segue:

$$\begin{cases} W_1 = e_{11}X_1 + e_{12}X_2 + \cdots + e_{1;p-1}X_{p-1} \\ W_2 = e_{21}X_1 + e_{22}X_2 + \cdots + e_{2;p-1}X_{p-1} \\ \vdots \\ W_{p-1} = e_{p-1;1}X_1 + e_{p-1;2}X_2 + \cdots + e_{p-1;p-1}X_{p-1} \end{cases} \quad (4)$$

1.3 Proporção da Variabilidade Total

Deseja-se estabelecer um número $k < p-1$ de componentes principais que expliquem um grande percentual da variabilidade total do sistema, sendo assim usar-se-á a seguinte fórmula:

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i}, \quad i = 1, \dots, p-1 \quad (5)$$

onde P_i é a proporção da variabilidade total explicada pela i -ésima componente principal W_i .

Sendo assim tem-se P_1, P_2, \dots, P_{p-1} . Segundo Johnson e Wichern (1982) se, por exemplo, $P_1 + P_2 + \cdots + P_k \geq 80\%$, onde $k < p-1$, deve-se utilizar as k componentes principais, pois estas explicam um grande percentual da variabilidade do sistema sem muita perda de informação.

Tendo-se definido as k componentes principais o modelo de regressão múltipla definido na equação (1) passa a ser:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 W_{i1} + \beta_2 W_{i2} + \dots + \beta_k W_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

Definida a nova equação de regressão múltipla em (6) aplicar-se-á de forma análoga a metodologia de modelos de regressão múltipla.

1.4 Componentes Principais Usando Matriz de Correlação

Quando as variáveis, devido a escalas diferentes de mensurações empregadas, não podem ser diretamente comparadas, torna-se necessária a padronização, de modo que as variáveis transformadas passem a ter média zero e variância unitária, o que é conseguido pela transformação "Z" conforme visto abaixo:

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_i}{\sqrt{\sigma_{ii}}}, \quad i = 1, \dots, p-1 \quad (7)$$

A equação (7) pode ser descrita através da notação matricial conforme segue:

$$\tilde{Z} = V^{-1/2}(\tilde{X} - \tilde{\mu}) \quad (8)$$

em que

$$V^{-1/2} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{\sigma_{11}} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{\sigma_{22}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{\sigma_{33}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1/\sqrt{\sigma_{p-1;p-1}} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Nesse caso, com variáveis padronizadas, a matriz de variância-covariância e a matriz de correlação tornam-se idênticas. Sendo assim, cabe ressaltar que se pode determinar as componentes principais usando a matriz de covariância do vetor \tilde{X} ou a matriz de correlação, pois a mesma é a matriz de covariância dos dados padronizados. A componente principal é definida conforme a seguir:

$$W_i = e_i^1 Z_1 + e_i^2 Z_2 + \dots + e_i^{p-1} Z_{p-1}, \quad i = 1, \dots, p-1 \quad (10)$$

E o conjunto de p-1 componentes principais definidas na equação (4) passa a ser:

$$\begin{cases} W_1 = e_{11}Z_1 + e_{12}Z_2 + \dots + e_{1;p-1}Z_{p-1} \\ W_2 = e_{21}Z_1 + e_{22}Z_2 + \dots + e_{2;p-1}Z_{p-1} \\ \vdots \\ W_{p-1} = e_{p-1;1}Z_1 + e_{p-1;2}Z_2 + \dots + e_{p-1;p-1}Z_{p-1} \end{cases} \quad (11)$$

1.5 Coeficiente de Correlação

A técnica de componentes principais tem como finalidade a redução da dimensão e a interpretação de um determinado fenômeno em estudo e esta redução pode ser obtida analisando-se a matriz de correlação dos dados agrupando-se as variáveis com maior correlação. Às vezes se torna difícil definir os grupos a partir da matriz de correlação e uma alternativa para este problema é utilizar o coeficiente de correlação entre a i-ésima componente principal W_i e a k-ésima variável X_k conforme definido a seguir:

$$\rho(W_i; X_k) = \frac{e_{ik} \cdot \sqrt{\lambda_i}}{\sqrt{\sigma_{kk}}}, \quad i, k = 1, \dots, p-1 \quad (12)$$

Para os dados padronizados conforme definido na equação (7) o coeficiente de correlação entre a i-ésima componente principal W_i e a k-ésima variável padronizada Z_k é descrito pelo seguinte equação:

$$\rho(W_i; Z_k) = e_{ik} \cdot \sqrt{\lambda_i}, \quad i, k = 1, \dots, p-1 \quad (13)$$

O coeficiente de correlação permite identificar quais variáveis do modelo estão correlacionadas com uma determinada componente principal o que possibilita identificar quais variáveis explicativas estão agrupados em uma determinada componente principal.

Nos modelos de regressão múltipla os quais há a presença de multicolinearidade — violação da 3ª suposição do modelo definido na equação (1) — a análise de

componentes principais sana este problema tendo em vista que as k componentes principais não são correlacionadas entre si.

2. MÍNIMOS QUADRADOS PONDERADOS

Em modelos de regressão múltipla a heterocedasticidade implica no fato de que a variância dos erros não é constante, isto é, $Var(\varepsilon_i) \neq \sigma^2$, sendo assim tem-se que:

$$Var(\varepsilon_i) = \sigma_i^2, \quad i = 1, \dots, n \quad (14)$$

Comumente a variância dos erros está relacionada com apenas uma das variáveis explicativas (Matos, 2000). Uma forma específica de relação entre a variância dos erros e a variável explicativa é a seguinte:

$$Var(\varepsilon_i) = \sigma_i^2 = \sigma^2 \cdot X_{ij}^c, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, p-1 \quad (15)$$

e

$$DP(\varepsilon_i) = \sigma_i = \sigma \cdot X_{ij}^{c/2}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, p-1 \quad (16)$$

A partir da equação (16) obtêm-se a seguinte relação:

$$\sigma = \frac{\sigma_i}{X_{ij}^{c/2}}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, p-1 \quad (17)$$

Dessa forma pode-se inferir que para obter a variância constante basta dividir a equação de regressão múltipla por $X_{ij}^{c/2}$, obtendo-se a seguinte equação:

$$\frac{Y_i}{X_{ij}^{c/2}} = \frac{\beta_0}{X_{ij}^{c/2}} + \frac{\beta_1 X_{i1}}{X_{ij}^{c/2}} + \frac{\beta_2 X_{i2}}{X_{ij}^{c/2}} + \dots + \frac{\beta_{p-1} X_{i,p-1}}{X_{ij}^{c/2}} + \frac{\varepsilon_i}{X_{ij}^{c/2}} \quad (18)$$

Fazendo-se as seguintes transformações:

$$\frac{Y_i}{X_{ij}^{c/2}} = C_i, \quad \frac{1}{X_{ij}^{c/2}} = D_{i1}, \quad \frac{X_{i1}}{X_{ij}^{c/2}} = D_{i2}, \quad \dots, \quad \frac{X_{i,p-1}}{X_{ij}^{c/2}} = D_{ip} \quad \text{e} \quad \frac{\varepsilon_i}{X_{ij}^{c/2}} = v_i \quad (19)$$

Tem-se a equação de regressão múltipla transformada conforme segue:

$$C_i = \beta_0 D_{i1} + \beta_1 D_{i2} + \beta_2 D_{i3} + \dots + \beta_{p-1} D_{ip} + v_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (20)$$

Aplicando-se a estimação por mínimos quadrados na equação (20) obtêm-se estimativas eficientes e de variância mínima para os para os parâmetros do modelo original. Esta técnica é denominada mínimos quadrados ponderados. Neste caso multiplicando a equação (20) por $X_{ij}^{c/2}$ restabeler-se-á a situação inicial. O problema consiste em determinar o valor de c que torna o modelo homocedástico. Deve-se determinar por tentativa e erro o valor de c .

3. BASE DE DADOS

| It | TRECHO | | Passageiro Etapa Combinada - Ida + Volta - (Jan a Dez 2005) Fonte: ANAC | Passageiro - Ida + Volta - (Jan a Dez 2005) Fonte: ANTT | Distância aeronáutica entre as Fonte: ANAC | Distância rodoviária entre as Fonte: DNIT | Tempo em minutos Fonte: ANAC | Tempo em minutos Fonte: DNIT | Preço da passagem (R\$) do ônibus rodoviário convencional Fonte: Site das empresas de ônibus | Preço da passagem aérea (R\$) Fonte: Yield Aéreo |
|----|----------------------------|----------------------------|---|--|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| | Cidade + rica ₁ | Cidade - rica ₂ | | | | | | | | |
| | | | PassageiroAÉREO | PassageiroRODO | Distância AÉREA entre as | Distância RODO entre as | Tempo de viagemAÉ | Tempo de viagemR | \$ Rodoviário | \$ Aéreo |
| 1 | Brasília | Belém | 290.332 | 58.364 | 1.610 | 2.120 | 150 | 1590 | 242,93 | 468,12 |
| 2 | Brasília | Cuiabá | 232.009 | 80.719 | 878 | 1.133 | 90 | 850 | 110,71 | 251,10 |
| 3 | Brasília | Curitiba | 186.636 | 63.380 | 1.082 | 1.366 | 115 | 1025 | 170,47 | 229,46 |
| 4 | Brasília | Fortaleza | 297.133 | 7.008 | 1.689 | 2.208 | 150 | 1656 | 255,00 | 385,54 |
| 5 | Brasília | Goiânia | 301.677 | 745.316 | 164 | 209 | 40 | 157 | 42,87 | 129,46 |
| 6 | Brasília | Pampulha | 117.917 | 111.670 | 610 | 716 | 70 | 537 | 95,00 | 208,88 |
| 7 | Brasília | Porto Alegre | 173.460 | 63.461 | 1.605 | 2.027 | 128 | 1521 | 258,66 | 297,28 |
| 8 | Brasília | Recife | 282.985 | 2.441 | 1.652 | 2.135 | 140 | 1602 | 272,50 | 448,90 |
| 9 | Brasília | Salvador | 356.922 | 21.584 | 1.083 | 1.446 | 115 | 1085 | 171,74 | 348,76 |
| 10 | Curitiba | Campinas | 129.986 | 152.219 | 348 | 476 | 40 | 357 | 62,22 | 100,75 |
| 11 | Congonhas | Campo Grande | 191.879 | 160.297 | 897 | 1.014 | 100 | 761 | 229,33 | 328,95 |
| 12 | Congonhas | Cuiabá | 317.785 | 15.529 | 1.328 | 1.614 | 130 | 1211 | 166,73 | 376,44 |
| 13 | Congonhas | Goiânia | 486.413 | 150.289 | 822 | 926 | 90 | 695 | 220,58 | 241,33 |
| 14 | Congonhas | Joinville | 286.787 | 21.801 | 360 | 535 | 40 | 402 | 112,34 | 143,67 |
| 15 | Congonhas | Pampulha | 680.357 | 654.642 | 504 | 586 | 60 | 440 | 120,00 | 331,11 |
| 16 | Congonhas | Porto Alegre | 1.726.731 | 18.766 | 837 | 1.109 | 95 | 832 | 147,50 | 315,66 |
| 17 | Congonhas | Porto Seguro | 262.986 | 33.824 | 1.123 | 1.481 | 94 | 1111 | 178,30 | 254,91 |
| 18 | Congonhas | Vitória | 332.174 | 90.982 | 756 | 882 | 68 | 662 | 145,00 | 250,97 |

| It | TRECHO | | Passageiro Etapa Combinada - Ida + Volta - (Jan a Dez 2005) Fonte: ANAC | Passageiro - Ida + Volta - (Jan a Dez 2005) Fonte: ANTT | Distância aeronáutica rodoviária Fonte: DNIT | Tempo em minutos Fonte: ANAC | Tempo em minutos Fonte: DNIT | Preço da passagem (R\$) do ônibus rodoviário convencional Fonte: Site das empresas de ônibus | Preço da passagem aérea (R\$) Fonte: Yield Aéreo |
|----|----------------------------|----------------------------|---|--|---|--|--|--|--|
| | Cidade + rica ₁ | Cidade - rica ₁ | | | | | | | |
| 19 | Curitiba | Florianópolis | 42.645 | 908.980 | Distância AÉREA entre as 246 | Tempo de viagem _{AÉ} 45 | Tempo de viagem _R 225 | 69,94 | 168,13 |
| 20 | Pampulha | Curitiba | 11.375 | 70.999 | 827 | 73 | 753 | 98,98 | 217,51 |
| 21 | Curitiba | Porto Alegre | 359.741 | 186.325 | 534 | 70 | 534 | 106,00 | 176,96 |
| 22 | Porto Alegre | Florianópolis | 197.644 | 408.699 | 363 | 50 | 357 | 103,25 | 173,42 |
| 23 | Galeão | Confins | 453.148 | 381.347 | 362 | 40 | 326 | 109,00 | 207,63 |
| 24 | Galeão | Fortaleza | 215.052 | 18.574 | 2.175 | 168 | 2104 | 321,00 | 464,40 |
| 25 | Galeão | Recife | 390.163 | 25.031 | 1.858 | 146 | 1754 | 277,70 | 474,93 |
| 26 | Galeão | Salvador | 634.378 | 39.912 | 1.217 | 101 | 1237 | 217,00 | 384,10 |
| 27 | Guarulhos | Brasília | 1.778.334 | 103.472 | 855 | 75 | 762 | 186,00 | 336,22 |
| 28 | Guarulhos | Curitiba | 1.597.895 | 691.458 | 359 | 40 | 306 | 99,00 | 302,25 |
| 29 | Guarulhos | Florianópolis | 895.415 | 163.556 | 515 | 51 | 529 | 148,66 | 250,72 |
| 30 | Guarulhos | Fortaleza | 414.205 | 53.702 | 2.345 | 180 | 2346 | 365,00 | 521,33 |
| 31 | Guarulhos | Foz do Iguaçu | 287.960 | 64.254 | 845 | 75 | 786 | 101,22 | 191,31 |
| 32 | Guarulhos | Recife | 646.708 | 54.586 | 2.099 | 163 | 1995 | 307,00 | 417,36 |
| 33 | Guarulhos | Salvador | 1.298.546 | 55.904 | 1.451 | 117 | 1472 | 241,62 | 441,85 |
| 34 | Pampulha | Vitória | 42.601 | 40.045 | 385 | 45 | 393 | 84,00 | 78,50 |
| 35 | Fortaleza | Recife | 294.494 | 94.537 | 627 | 70 | 600 | 120,00 | 236,18 |
| 36 | Recife | Salvador | 306.910 | 9.582 | 648 | 75 | 630 | 100,00 | 266,50 |
| 37 | Santos Dumont | Brasília | 948.008 | 83.617 | 928 | 90 | 861 | 179,00 | 232,63 |
| 38 | Santos Dumont | Campinas | 191.492 | 120.883 | 407 | 21 | 384 | 110,22 | 282,52 |
| 39 | Congonhas | Santos Dumont | 4.595.293 | 1.458.522 | 365 | 45 | 322 | 89,00 | 291,26 |
| 40 | Santos Dumont | Curitiba | 199.945 | 70.123 | 675 | 90 | 639 | 159,00 | 173,62 |
| 41 | Santos Dumont | Porto Alegre | 380.203 | 8.090 | 1.119 | 120 | 1165 | 181,00 | 165,81 |
| 42 | Santos Dumont | Vitória | 565.436 | 313.601 | 756 | 60 | 391 | 99,00 | 277,25 |

$$Y = \frac{Pax\text{Aéreo}}{(Pax\text{Aéreo} + Pax\text{Rodó})}$$

| It | TRECHO | | Y | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ |
|----|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
| | Cidade + rica _i | Cidade - rica _j | | | | | | | | |
| 19 | Curitiba | Florianópolis | Participação do modo aéreo na ligação | POP POL _i Cidade + rica | POP POL _j Cidade - rica | PIB _i Cidade + rica | PIB _j Cidade - rica | $\Delta x = t_{\text{RODO}} - t_{\text{AEREO}}$ | $\Delta \$ = \$_{\text{AEREO}} - \$_{\text{RODO}}$ | $\Delta Km = Km_{\text{RODO}} - Km_{\text{AEREO}}$ |
| 20 | Pampulha | Curitiba | 0,04 | 5.078.303 | 1.613.143 | 15.444.844 | 3.737.886 | 180 | 98,19 | 54 |
| 21 | Curitiba | Porto Alegre | 0,14 | 6.775.725 | 5.078.303 | 21.565.533 | 15.444.844 | 680 | 118,53 | 177 |
| 22 | Porto Alegre | Florianópolis | 0,66 | 5.078.303 | 4.150.979 | 15.444.844 | 14.655.093 | 464 | 70,96 | 177 |
| 23 | Galeão | Confins | 0,33 | 4.150.979 | 1.613.143 | 14.655.093 | 3.737.886 | 307 | 70,17 | 113 |
| 24 | Galeão | Fortaleza | 0,54 | 10.892.911 | 6.775.725 | 67.603.611 | 21.565.533 | 286 | 98,63 | 72 |
| 25 | Galeão | Recife | 0,92 | 10.892.911 | 3.358.958 | 67.603.611 | 12.884.125 | 1.936 | 143,40 | 630 |
| 26 | Galeão | Salvador | 0,94 | 10.892.911 | 5.969.828 | 67.603.611 | 12.747.471 | 1.608 | 197,23 | 480 |
| 27 | Guarulhos | Brasília | 0,94 | 10.892.911 | 5.274.026 | 67.603.611 | 11.967.563 | 1.136 | 167,10 | 432 |
| 28 | Guarulhos | Curitiba | 0,95 | 28.256.477 | 2.691.294 | 146.855.265 | 37.752.658 | 687 | 150,22 | 160 |
| 29 | Guarulhos | Florianópolis | 0,70 | 28.256.477 | 5.078.303 | 146.855.265 | 15.444.844 | 266 | 203,25 | 49 |
| 30 | Guarulhos | Fortaleza | 0,85 | 28.256.477 | 1.613.143 | 146.855.265 | 3.737.886 | 478 | 102,06 | 190 |
| 31 | Guarulhos | Foz do Iguaçu | 0,89 | 28.256.477 | 3.358.958 | 146.855.265 | 12.884.125 | 2.166 | 156,33 | 782 |
| 32 | Guarulhos | Recife | 0,82 | 28.256.477 | 314.738 | 146.855.265 | 3.818.539 | 711 | 90,09 | 202 |
| 33 | Guarulhos | Salvador | 0,92 | 28.256.477 | 5.969.828 | 146.855.265 | 12.747.471 | 1.832 | 110,36 | 561 |
| 34 | Pampulha | Vitória | 0,96 | 28.256.477 | 5.274.026 | 146.855.265 | 11.967.563 | 1.355 | 200,23 | 511 |
| 35 | Fortaleza | Recife | 0,52 | 6.775.725 | 1.989.107 | 21.565.533 | 8.111.974 | 348 | -5,50 | 139 |
| 36 | Recife | Salvador | 0,76 | 3.358.958 | 5.969.828 | 12.884.125 | 12.747.471 | 530 | 116,18 | 173 |
| 37 | Santos Dumont | Brasília | 0,97 | 5.969.828 | 5.274.026 | 12.747.471 | 11.967.563 | 555 | 166,50 | 191 |
| 38 | Santos Dumont | Campinas | 0,92 | 10.892.911 | 2.691.294 | 67.603.611 | 37.752.658 | 771 | 53,63 | 220 |
| 39 | Congonhas | Santos Dumont | 0,61 | 10.892.911 | 3.161.058 | 67.603.611 | 13.005.591 | 363 | 172,30 | 104 |
| 40 | Santos Dumont | Curitiba | 0,76 | 28.256.477 | 10.892.911 | 146.855.265 | 67.603.611 | 277 | 202,26 | 64 |
| 41 | Santos Dumont | Porto Alegre | 0,74 | 10.892.911 | 5.078.303 | 67.603.611 | 15.444.844 | 549 | 14,62 | 177 |
| 42 | Santos Dumont | Vitória | 0,98 | 10.892.911 | 4.150.979 | 67.603.611 | 14.655.093 | 1.045 | -15,19 | 434 |
| | | | 0,64 | 10.892.911 | 1.989.107 | 67.603.611 | 8.111.974 | 331 | 178,25 | -235 |

Estimativas das populações polarizadas residentes em 01 de julho de 2006
Fonte: ICBE

Estimativas das populações polarizadas residentes em 01 de julho de 2006
Fonte: ICBE

PIB a preços correntes (1.000 R\$)
Ano: 2003
Fonte: ICBE

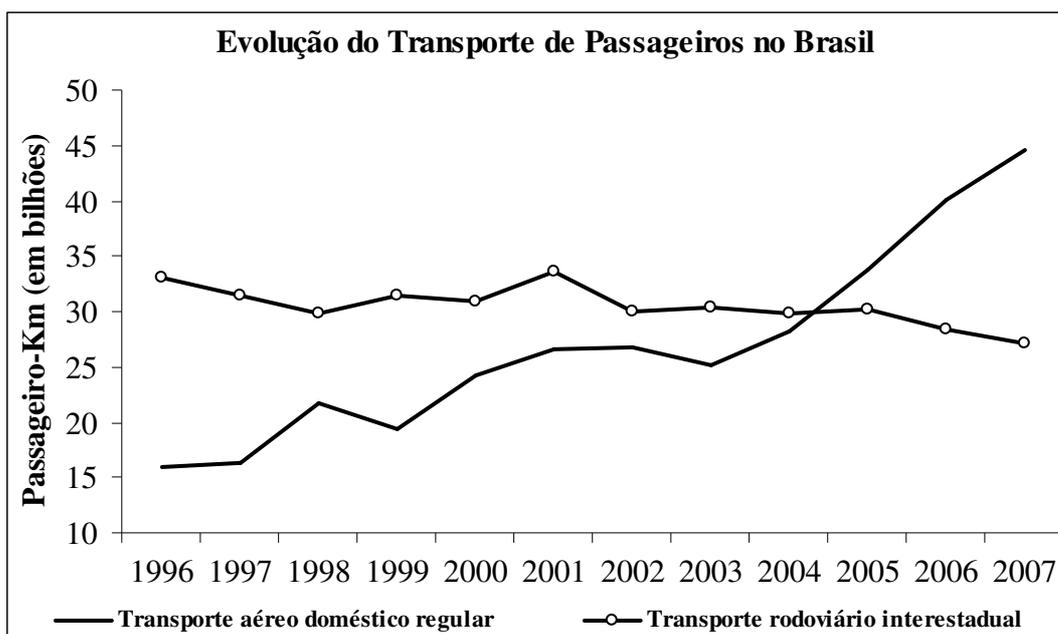
PIB a preços correntes (1.000 R\$)
Ano: 2003
Fonte: ICBE

Diferença entre o tempo (em minutos) de viagem do modal rodoviário e o modal aéreo
Fonte: ANAC e o modal rodoviário
Fonte: DNIT e a distância aérea
Fonte: ANAC (em Km)

Diferença entre o preço (R\$) da passagem do modal aéreo
Fonte: ANAC e o modal rodoviário
Fonte: ANAC (em Km)

Diferença entre a distância rodoviária
Fonte: DNIT e a distância aérea
Fonte: ANAC (em Km)

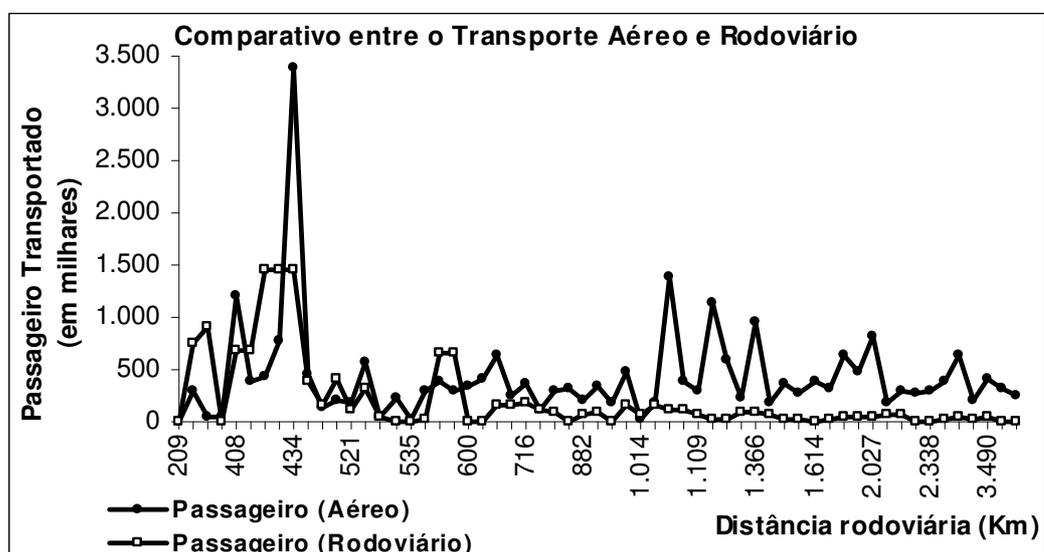
4. EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE AÉREO



Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT

5. PASSAGEIRO TRANSPORTADO



Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT

Dados referentes ao total de passageiros transportados no ano de 2005.