

Universidade Federal de Juiz de Fora
Mestrado em Economia Aplicada

Claudio Luiz de Carvalho

**ESTIMAÇÃO DA DEMANDA AÉREA POR TRANSPORTE DE PASSAGEIROS
COM UM MODELO GRAVITACIONAL AMPLIADO**

JUIZ DE FORA

2012

Claudio Luiz de Carvalho

**ESTIMAÇÃO DA DEMANDA AÉREA POR TRANSPORTE DE PASSAGEIROS
COM UM MODELO GRAVITACIONAL AMPLIADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Simões de Almeida

JUIZ DE FORA

2012

Carvalho, Claudio Luiz de.

Estimação da demanda aérea por transporte de passageiros com um modelo gravitacional ampliado / Claudio Luiz de Carvalho. – 2012.
86 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)–Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

1.Economia. 2. Transporte aéreo. I. Título.

CDU 33

Claudio Luiz de Carvalho

**ESTIMAÇÃO DA DEMANDA AÉREA POR TRANSPORTE DE PASSAGEIROS
COM UM MODELO GRAVITACIONAL AMPLIADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Eduardo Simões de Almeida (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Alexandre Sartoris Neto
Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho” Campus Araraquara

Prof. Dr. Cláudio R. Foffano Vasconcelos
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Penso que talvez uma página seja mínima para os meus agradecimentos. Meu agradecimento honorável se estende aqueles que me deram a existência. Obrigado Deus, Mãe e Pai pela ajuda inestimável, pela credibilidade mesmo diante das intempéries da vida e das dificuldades que vivenciamos. Sou eternamente grato aos professores do EEHS, CICM e Colégio Laser em São Lourenço – MG. Se não valessem os conselhos e atitudes destes mestres, minha entrada ao ensino universitário não teria se concretizado.

Agradeço aos amigos unespianos, uspianos e desta universidade, encorajando-me para a defesa desta dissertação. Sou grato ao apoio da CAPES, financiadora deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Eduardo Almeida pelo suporte e assistência, a coordenação deste programa que confiou no meu potencial, aos professores do programa, a Cida pelas palavras tranquilizadoras e em especial aos colegas André, Hermes, Juliana, Marcílio, Daniel Esteves, Bira e Cláudia da turma 2010 do mestrado em Economia Aplicada UFJF e Maria Viviana, turma 2009.

Resumo: A literatura de transporte raramente considera a influência da interação espacial e das redes sociais sobre os fluxos de passageiros. A presente dissertação possui como objetivo a estimação da demanda de transporte aéreo por meio de dados na forma de fluxos de passageiros entre pares origem-destino (O-D), utilizando como método de estimação o modelo gravitacional ampliado, incorporando efeitos fixos, espaciais e de rede. Em relação ao modelo gravitacional, sua especificação se mostrou adequada nas estimações mostrando que tanto o tamanho dos municípios quanto a distância que os separa são variáveis relevantes para explicar o fluxo de passageiros entre os mesmos. O que mostra que a “massa” do município, o PIB ou a população, são os principais determinantes para o incremento de passageiros em rotas aéreas, e que a distância se mostra uma restrição relevante para este incremento. Além disso, as variáveis que captam a autocorrelação espacial no modelo, ainda que menos significativas, são relevantes para explicar o fluxo de passageiros.

Palavras-Chave: Autocorrelação Espacial, Modelo Gravitacional, Redes Sociais.

JEL Classification: C23, O18.

Abstract: The transport demand literature has rarely considered the influence of geographical interaction or social network on passenger flows. This work aims to estimate air transport demand using an extended gravity model, controlling for spatial and network effects. As to the Gravity Model, the extended specification has been proper and has demonstrated the relevance of economic masses (GDP and population) as well the distance to explain passengers flows between the cities. Although spatial autocorrelation is a little significant, it is still useful to explain air passengers flow demand.

Key words: Spatial Autocorrelation, Gravity Model, Social Networks.

JEL Classification: C23, O18.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Correlação entre a Evolução do PIB e a Demanda Doméstica (Nacional e Regional) para o Brasil, 1986-2008.	13
Gráfico 2. Utilização do Transporte Aéreo no Mundo (Viagens/Habitante).	25
Gráfico 3. Total da demanda aérea por localidades no período (2000-2007).	28
Gráfico 4. Número de Passageiros Transportados (2000-2007).	30

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Malha Aérea no Brasil.	26
Figura 2. Matriz de Fluxo Origem-Destino.	32
Quadro 1. Revisão de Literatura sobre Modelos Gravitacionais.	22
Quadro 2. Revisão da Literatura de Transportes Nacional.	24
Quadro 3. Quadro das Regressões Estimadas.	47
Quadro 4. Descrição das Variáveis do Modelo de Demanda por Transporte.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz de Transporte da principal viagem doméstica no período 2002-2006 (Passageiros Totais).....	17
Tabela 2. Número de Passageiros Transportados por Região (2000-2007).....	30
Tabela 3. Resultados dos Modelos Estimados Considerando PIB como Centro do Fluxo de Atração.....	53
Tabela 4. Resultados dos Modelos Estimados Considerando a População como Centro do Fluxo de Atração.....	54
Tabela 5. Resultados dos Modelos Estimados Considerando a População e o PIB per capita como Centro do Fluxo de Atração.	55
Tabela 6. Efeitos ATN e ATA calculados separadamente.	57
Tabela 7. Estimções sem a consideração origem destino.	61
Tabela 8. Estimções completas com <i>dummy</i> de centralização de fluxo.	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. A DEMANDA POR TRANSPORTE AÉREO.....	17
2.1. O Setor Aéreo no Brasil	25
2.2. A Aviação Regional no Brasil.....	29
3. MODELOS GRAVITACIONAIS	32
4. METODOLOGIA	37
4.1. Especificação do Modelo Gravitacional.....	37
4.2. Efeitos de Autocorrelação Espacial e Social	38
4.3. Modelo Gravitacional Ampliado.....	41
4.4. Especificação dos Pressupostos para o Modelo Gravitacional com Efeitos Fixos	43
4.5. Dados.....	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
ANEXOS.....	73
ANEXO 1. Modelo Gravitacional Simples	73
ANEXO 2. Modelo Gravitacional Ampliado	75
ANEXO 3. Modelo Gravitacional com defasagem espacial	77
ANEXO 4. Modelo Gravitacional com Defasagem de Rede	79
ANEXO 5. Modelo Gravitacional com Defasagens Espaciais e de Rede.....	81
ANEXO 6. Modelo Gravitacional com Defasagens Espaciais e de Rede e com dummy para rotas entre grandes centros	83
ANEXO 7. Modelos estimados sem especificação de origem destino.	84
ANEXO 8. Modelos estimados com m_{ij} e m_{ji} separadamente.	85

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo tem se destacado por décadas em países com dimensões continentais como o Brasil. De acordo com Montoro Filho (1971), a aviação comercial inicia-se no país em 1927 com as empresas Varig e Condor. A demanda por passageiros do setor aéreo dinamizou-se com o pós-guerra em que o dólar barato e abundante e a relativa folga das divisas internacionais brasileiras possibilitaram a aquisição de um substancial número de aeronaves no país. A fragilidade das rodovias então existentes contribuiu efetivamente para o maior número de passageiros no modal aéreo.

Segundo Oliveira (2008), durante o período de 1960 e 1975, observou-se uma drástica redução no número de cidades atendidas pelo transporte aéreo. O foco da crise repousou na estruturação das malhas rodoviárias nas regiões, que, até então, eram de difícil acesso por conta da limitada infraestrutura existente. Dessa forma, houve queda acentuada na demanda por viagens aéreas de curta distância cujos motivos, segundo o autor, podem ser elencados como: a) a baixa receita das companhias em decorrência da concorrência excessiva junto às demais companhias aéreas; b) a competição do transporte rodoviário; c) a necessidade de novos investimentos para a adequação dos aeroportos a um número maior de aeronaves; d) a substituição daquelas que datavam desde o pós-guerra, devido aos gastos exorbitantes com manutenção.

Neste período de crise, o governo brasileiro por meio do Ministério da Aeronáutica criou a modalidade de aviação regional, dotando-a de incentivos para o atendimento de pontos fora dos grandes eixos nacionais, integrando-os às políticas de desenvolvimento regional sustentável. A partir de 1975, foi criado o SITAR (Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional), que decreta o mecanismo de adicional tarifário de 3% sobre as passagens das linhas de maior rentabilidade. Este subsídio cruzado era repassado às companhias com baixa demanda. Tal mecanismo de subsídio vigorou até 1992, quando se inicia o período de flexibilização, com a entrada de novas companhias e a quebra do monopólio então existente, bem como a abertura de novas linhas para localidades não atendidas pela aviação. Ainda de acordo com Oliveira (2008), a queda na demanda de passageiros por transportes no início da primeira década se reflete em parte por conta da exclusão do adicional tarifário, aquele criado pelo SITAR, aliada às questões econômicas e cambiais no país.

A infraestrutura do setor aéreo é irradiada de forma pontual pelo território brasileiro, dado que não observa o caráter linear dos modais terrestres (ferroviário e rodoviário), implicando que sua velocidade operacional propicia a ligação de extremos em apenas algumas horas. Outro aspecto relevante é o papel do setor na capilarização do processo de desenvolvimento, permitindo a fixação das populações nas regiões interioranas, servindo, com isso, de suporte às atividades econômicas realizadas nos locais atendidos.

Para Bettini (2007), embora represente uma parcela bastante reduzida do tráfego modal de transportes nacional, deve-se contabilizar o efeito multiplicador que a prestação de serviço aéreo não sazonal pode prover aos indivíduos. É sabido que as ligações pontuais podem estimular os fluxos de negócio e de turismo, dinamizando os pares O-D, sendo possível traçar vantagens frente à lentidão do transporte rodoviário ou ao elevado custo de outras modalidades do setor aéreo, como taxi aéreo ou aviação corporativa.

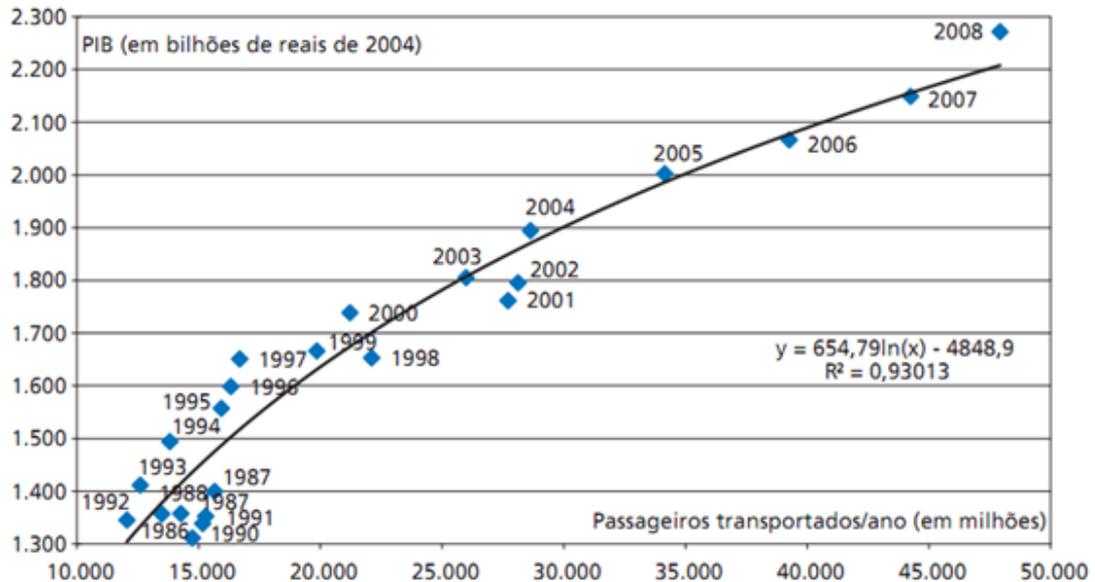
De acordo com Demant (2011), o debate sobre os fatores que impedem o avanço do desenvolvimento da aviação regional no Brasil existe de longa data. A princípio, a vastidão do território brasileiro é convidativa para a competitividade do sistema modal aéreo. No entanto, as lacunas existentes nos serviços oferecidos e a abrangência das cidades atendidas são um ponto frágil ainda a ser melhorado. Para Bettini (2007), essas dificuldades são em decorrência do acesso controlado a combustíveis, da concorrência com o transporte rodoviário mediante os altos preços das passagens, de investimentos modestos na renovação de frotas de aeronaves e da falta de estrutura aeroportuária.

O relatório IPEA (2010) aponta que mais pessoas vem demandando serviços aéreos, seja por conta do aumento da renda disponível, seja devido ao barateamento das tarifas ou, ainda, por causa da expansão do crédito para consumidores de classes sociais C e D. Segundo Sien *et al* (2007), é importante o conhecimento dos determinantes de todo o processo de escolha de destino entre os demandantes de turismo tanto para governos quanto para operadoras de turismo. Dessa forma, é possível implantar melhores ofertas e oportunidades e maior abertura do segmento para as mais distintas classes sociais (*The Travel and Tourism Economic Research*, 2006; *World's Leading Outbond Markets*, 2005).

Espera-se que a demanda por serviços do setor aeronáutico cresça nos próximos anos em decorrência das facilidades concedidas aos consumidores no que tange a tarifas mais baratas e maior disponibilidade de crédito e, com isso, aumentando também a pressão

exercida sobre a infraestrutura existente. O gráfico 1 mostra a correlação entre a evolução do PIB e a demanda doméstica de passageiros.

Gráfico 1. Correlação entre a Evolução do PIB e a Demanda Doméstica (Nacional e Regional) para o Brasil, 1986-2008.



Fontes: FGV (Fundação Getúlio Vargas), DAC (Departamento de Aviação Civil) e ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil).

Conforme relatório do IPEA (2010) e gráfico acima, dois pontos merecem ser ressaltados. Um diz respeito à queda percebida no período 1991-1992, seguida de recuperação lenta depois do fracasso do Plano Collor. O segundo ponto refere-se à conjugação de inúmeros fatores determinantes, dentre os quais: i) a estabilidade econômica depois do Plano Real, elevando o poder de compra da população; ii) novas formas de operação, acentuando a queda nos preços e facilitando a compra de passagens; iii) a conquista de novos nichos de mercado pelas empresas aéreas; iv) a geração de um ambiente mais competitivo no mercado de transporte aéreo.

Face aos problemas apresentados pelo setor de aviação civil, a maioria dos estudos tem focado na utilização dos indicadores econômicos para a estimação da demanda agregada de turismo (Witt & Witt 1995; Morley 1998; Lee *et al* 2006; Sien *et al* 2007). Poucos foram os trabalhos, contudo, que incluíram variáveis sociais como migração e redes de informação

turística. Os poucos estudos que utilizaram variáveis sociais obtiveram importantes resultados, especialmente para a escolha do destino de viagens dos indivíduos, como o estudo da *Pacific Asia Travel Association* - PATA (Associação de Viagens Ásia Pacífico) para o ano de 2005, em que se sugere que a China continental se transformou no principal destino popular para os residentes de Hong Kong por conta da similaridade do *background* cultural.

Um fator diretamente relacionado ao *background* cultural é a distância. Em geral, de acordo com Clark e Pugh (2001) e Shenkar (2001), tem sido bastante usual na literatura a mensuração de distância entre os pares de origem e destino como forma de captar o efeito entre os demandantes de viagens. Enquanto o exotismo e a atratividade do lugar podem seduzir o passageiro, não se pode desprezar o aspecto cultural no que tange à escolha das viagens, dado que aquele foi construído historicamente por meio dos deslocamentos de indivíduos mediante uma sólida rede social entre as mais diferentes regiões.

Diante da necessidade de se estimar dados a partir de indicadores melhor descritos na quarta seção desta dissertação, recorre-se ao modelo gravitacional, bastante adotado para a estimação da demanda por transporte. A ideia intuitiva do modelo remonta ao século XVII quando *Sir* Isaac Newton formula o princípio de gravitação universal, cujo enunciado estabelece que dois objetos quaisquer são atraídos mediante uma força que depende diretamente da massa dos objetos e indiretamente segundo a distância existente entre os mesmos. A ideia é adaptada para a análise socioeconômica, sendo a massa física substituída pela massa econômica como motor de atratividade, ao passo que a distância permanece como força de atrito.

Dessa forma, a modelagem gravitacional é recorrente em inúmeros trabalhos de estimações de fluxo de comércio, transporte e migrantes, entre outros (McCallum 1995; Obstfeld e Rogoff 2000; Rauchi 2001; Wagner *et al* 2002 e Anderson e Van Wincoop 2003, De la Mata *et al* 2009). Há ainda a possibilidade de se comparar a influência de outros determinantes sobre esses fluxos, como o estoque de migrantes entre as localidades, população e PIB municipal. Como ressaltado por Pianе e Kume (2000), os modelos gravitacionais costumam gerar bons resultados empíricos, apoiados por desenvolvimentos teóricos recentes, rigorosos e abrangentes.

No modelo gravitacional, um desafio a ser enfrentado é a inclusão da dependência espacial como um outro fator determinante. Curry (1972) é citado por Griffith (2007) como

sendo o primeiro autor a levantar o problema da dependência espacial para dados na forma de fluxos para modelagem gravitacional. Num estudo para fluxos de jornadas de trabalho, aplicado para 24 áreas urbanas do Canadá, notou-se que a distância é fortemente influenciada pela estrutura geográfica e demais fatores de ordem socioeconômica entre as unidades de origem e de destino, tais como o tamanho das cidades e a natureza da base econômica de cada unidade geográfica (Griffith e Jones, 1980).

Apesar da aparente necessidade de se estimar o modelo gravitacional considerando a dependência espacial, isto nem sempre é realizado. É importante estar ciente de que a estimação oriunda de um modelo gravitacional convencional pode camuflar uma série de problemas econométricos com potencial de enviesamento das estimativas, sendo que um desses problemas é a autocorrelação espacial¹ contida nos resíduos da regressão.

A autocorrelação espacial mede o nível de interdependência geográfica entre as variáveis, assim como a natureza e a força desse relacionamento. No presente estudo, a demanda por passageiros aéreos num determinado município leva em conta a demanda existente nos municípios vizinhos a fim de capturar a interação espacial entre eles. Para esse tipo de autocorrelação, a forma de correção ou controle se dá por intermédio da inclusão das chamadas defasagens espaciais.

Outro efeito de autocorrelação é o representado pelas redes sociais. Para De la Mata *et al.* (2009), modelos mais sofisticados que levam em consideração os efeitos de rede tendem a diminuir a importância e significância da distância geográfica para os modelos gravitacionais mais simples. Os resultados são interpretados como um indicativo de que os passageiros domésticos revelam uma preferência pelo consumo de serviços intra e inter-regionais das regiões em que estes possuem ligações mais fortes. O papel deste tipo de conectividade regional pode ser denominado efeitos de rede social, que somados ao efeito de autocorrelação espacial garante uma inovação de especificação do modelo gravitacional, raramente observada em outros trabalhos. Segundo De la Mata *et al.* (2009), se o efeito das redes sociais não for incorporado no modelo gravitacional, isso tem clara implicação sobre a inferência estatística, podendo levar a estimativas enviesadas e/ou ineficientes a respeito do fenômeno investigado.

¹ Nesta dissertação, dependência espacial e autocorrelação espacial serão usados como sinônimos, sem distinção conceitual.

Este trabalho tem por objetivo estimar a demanda por transporte aéreo de passageiros (TAP), usando a modelagem gravitacional ampliada para o controle dos efeitos de dependência espacial e efeitos de rede social entre as cidades. Caberá a esta dissertação verificar se o modelo gravitacional ampliado pelos efeitos espaciais e efeitos de rede produzirão melhores resultados que os obtidos pelo modelo gravitacional simples e mediante os resultados, ensejar propostas para a melhoria do transporte público aeroviário.

Inúmeros trabalhos foram pesquisados na literatura nacional e internacional a respeito da demanda de passageiros, mas somente o estudo realizado por De la Mata *et al* (2009) até onde se sabe, incorpora os efeitos de rede e efeitos espaciais e, por conseguinte, investiga a sua influência sobre os fluxos de passageiros dentre os pares de O-D analisados para um único período, ou seja, para dados na forma de *cross section*.

A presente dissertação está assim dividida. Além desta seção introdutória, as segunda e terceira seções fazem a exposição do arcabouço teórico. Na quarta seção será apresentada a metodologia empregada na estimação dos modelos, bem como a descrição do banco de dados. A quinta seção reúne os resultados e a sua discussão. A derradeira seção tece as considerações finais, destacando as conclusões de relevo do trabalho.

2. A DEMANDA POR TRANSPORTE AÉREO

Para Holloway (2003), fatores que influenciam a demanda de transporte aéreo podem ser divididos em macro e microfatores. No que se refere a macro-fatores, estão o crescimento econômico e a redução real das tarifas impostas por parte das companhias aéreas. Dentre os microfatores, podem ser destacados os serviços de transporte substitutos (carro, ônibus, trem etc) e os motivos de viagem. Como exemplo, o aumento das tarifas para o transporte rodoviário por ônibus pode transferir parte de sua demanda para o transporte aéreo. Dependendo do motivo de viagem, passageiros tornam-se mais ou menos sensíveis a esses fatores (Santos, 2008). Caso o motivo identificado seja lazer, uma redução tarifária pode ocasionar aumento da demanda. Passageiros viajando a negócios são apenas parcialmente afetados. À guisa de exemplo, um panorama geral sobre a demanda de transportes no Brasil pode ser observado por meio da tabela 1 :

Tabela 1. Matriz de Transporte da principal viagem doméstica no período 2002-2006 (Passageiros Totais).

Meio de Transporte	2006	2002	Variação
Carro	48,5	39,0	24,40%
Ônibus de linha	21,7	29,1	-25,40%
Avião	15,7	13,0	20,80%
Ônibus de excursão/fretado/turismo	7,8	5,7	36,80%
Outros	6,4	13,2	-48,48%

Fonte: ANTT, 2006.

Segundo relatório da ANTT (2006), uma explicação plausível para a queda observada no transporte modal rodoviário reside no incremento do transporte aéreo no país, que tem apresentado recentemente significativa redução nas tarifas (para alguns destinos, as promoções tornam a tarifa mais barata que o transporte rodoviário) e o aumento de destinos e horários. O efeito tende a ser ampliado para cidades que possuem aeroportos, bem como em linhas muito extensas.

No entanto, além de uma definição da demanda aérea de passageiros, outra solução a ser encontrada diz respeito aos métodos utilizados para se estimar tal demanda por passageiros. Segundo LeSage e Pace (2008), modelos de regressão espacial têm servido como

pilar para a análise da autocorrelação espacial dentro da modelagem gravitacional, útil para explicar fluxos O-D (Origem-Destino) de comércio, transporte e migração.

Grande parte de literatura existente para modelos gravitacionais concentra-se em fluxos de mercadorias dentro e fora dos países. Maiores evidências sobre o efeito de fronteiras nacionais podem ser encontradas em McCallum (1995), Van Wincoop (2003) e Baier e Bergstrand (2007). Outra abordagem a cerca da transação de mercadorias, com ênfase no papel das redes sociais e de negócios, é desenvolvida por Combes *et al* (2005). A intensidade bilateral das redes é quantificada, utilizando a estrutura financeira e locacional de firmas e os estoques bilaterais de migrantes para a França. O efeito de redes sociais é patente, uma vez que os migrantes chegam a duplicar os fluxos de comércio bilateral, enquanto as redes de empresas multiplicam os fluxos de comércio por quatro (Combes *et al*, 2005).

Diante do avanço da área comercial, percebe-se também maior preocupação quanto aos sistemas de transportes, especialmente do modal aéreo, em relação a uma crescente demanda nos últimos anos, não somente no Brasil como em todo o mundo. Algumas pesquisas, até o momento, analisaram sistemas de transporte urbanos internacionais e nacionais do ponto de vista dos fluxos de tráfego aéreo internacional (Matsumoto, 2004; e Matsumoto, 2007). Tais trabalhos foram aplicados nos campos da geografia econômica e da ciência regional para determinar o fluxo de transporte aéreo de passageiros e fluxos de carga.

Um fator importante afetando a demanda aérea intercidades refere-se à distância. Para Grosche *et al* (2007), há dois efeitos conflitantes vinculados à influência da distância nos fluxos de passageiros. De um lado, um aumento da distância leva a interações sociais e comerciais menos intensas. Por outro, distâncias maiores aumentam a competitividade do transporte aéreo, principalmente em comparação com outros modos de transporte.²

Dentro da literatura nacional a respeito da demanda por transporte aéreo, destacam-se os trabalhos de Montoro Filho (1971), Sampaio e Melo (2005), Costa *et al* (2008), Alves *et al* (2008), Condé (2011) e Rocha (2011).

Em seu trabalho para a estimação econométrica da demanda aérea, Montoro Filho (1971) destaca a elevada elasticidade-renda e a baixa elasticidade-preço. O autor ressalta o

² Competição entre aeroportos próximos também influencia a demanda. Por exemplo, a oferta de um maior número de horários pode atrair mais passageiros, tornando o fluxo mais intenso. Os principais serviços relacionados focam na qualidade e no preço do serviço disponibilizado ao passageiro.

crescimento da economia regional aérea e a superação dos investimentos para as localidades fora do eixo Rio-São Paulo. Porém, nos anos finais da década de 60, o acirramento com o transporte rodoviário era crescente, dada a acelerada expansão das malhas terrestres e o aumento das tarifas reais aéreas.

Sampaio e Melo (2005) realizaram estudo para medir a eficiência das companhias aéreas brasileiras. Os insumos utilizados foram número de empregados, combustível consumido e custo operacional da companhia e os produtos foram passageiros transportados, receitas e utilização dos assentos. Os resultados demonstraram um aumento da eficiência média ao longo do tempo. A eficiência das companhias é significativamente afetada pelo custo por passageiro bem como pelo percentual de mercado.

Um ponto relevante levantado por Costa *et al* (2008) e Condé (2011) diz respeito a infraestrutura aeroportuária. Costa *et al* (2008) descrevem um procedimento de análise de modelos de previsão de demanda para aeroportos com base em erros estatísticos. Foram feitos os modelos de previsão de demanda baseados na suavização exponencial simples e regressão potencial. O último modelo se ajustou melhor quando diferido para os aeroportos localizados em cidades litorâneas (i.e., aeroporto Pinto Martins – Fortaleza), enquanto o primeiro modelo mostrou-se mais adequado quando analisado para as localidades de turismo de negócios e eventos (i.e., aeroporto Juscelino Kubitschek – Brasília) ³.

Já o trabalho de Condé (2011) consiste na realização de um estudo da demanda aeroportuária para a cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de criar uma fundamentação técnica para viabilizar a análise da capacidade dos aeroportos do Rio de Janeiro e contribuir com a tomada de decisões na alocação de investimentos no setor. Foram utilizadas ferramentas de econometria, tais como a análise de regressão linear, para desenvolver os modelos de previsão de demanda.

Ainda segundo o enfoque regional, Rocha (2011) conclui que a elasticidade PIB-demanda da aviação regional possui valor numérico abaixo de outros mercados. Segundo o autor, a influência do aumento do PIB sobre o aumento do tráfego não é tão intensa. A explicação do autor decorre devido a uma demanda reprimida no campo de aviação regional no país por meio de uma carência de maiores frequências em grande parte das rotas. Tal

³ As orientações temáticas dos municípios foram ponderadas pelos autores Costa *et al* (2008) seguindo as especificações da Embratur.

diagnóstico se reflete em restrições no número de assentos por quilometro. A solução para tal problemática estaria em maiores investimentos de infraestrutura aeroportuária para com as novas rotas de grande potencial.

No que tange ao cenário do desempenho macroeconômico, Alves *et al* (2011) concluíram que a demanda por transporte aéreo está diretamente relacionada aos ciclos econômicos (doméstico e internacional), às flutuações de moeda e ao desempenho das economias. Desta forma, o desempenho do setor de transporte aéreo pode ser utilizado para avaliar o grau de aquecimento da economia. Os resultados indicaram que o crescimento econômico é um vetor chave sobre a capacidade da infraestrutura aeroportuária. De outro modo, a elasticidade-preço da demanda é baixa, refletindo a predominância do viajante a negócios para o transporte doméstico de passageiros.

À luz da literatura, percebe-se a importância do sistema de transporte aéreo brasileiro. Mesmo com reduzida operação frente aos outros transportes modais, é perceptível o rápido crescimento do setor aéreo e a maior capilaridade entre as distintas classes sociais e as mais longínquas unidades geográficas. Um número maior de ofertas e planos diversos de fidelidade assegura a satisfação do passageiro do transporte aéreo. Ademais, as crescentes tarifas do transporte rodoviário transferiram em parte sua potencial demanda para o setor aéreo.

Além dos trabalhos citados que levam em consideração a demanda por passageiros aéreos, faz-se necessário discutir a utilização da análise espacial na demanda por passageiros. Face ao caminho pouco explorado dos modelos gravitacionais com ênfase no transporte aéreo brasileiro, este trabalho procura verificar o comportamento da demanda aérea frente uma análise espacial dos dados (efeitos de autocorrelação espacial e autocorrelação de rede) por meio de um painel de dados. Este trabalho inova uma vez que apresenta controle para efeitos fixos junto da variável “distância”, que é observada, mas invariante no tempo. Até onde se tem conhecimento, todos os demais trabalhos (nacionais e internacionais) estimaram as regressões por *cross-section*, ou seja, avaliaram os dados para um único período, não controlando para as autocorrelações de rede e espacial num painel de dados. A análise aqui proposta investiga o comportamento da demanda aérea brasileira durante o período 2000-2007, momento de acelerado crescimento da aviação civil no país.

No quadro a seguir, são discutidos por relevância os autores, região, tipos de dados, método investigativo, presença de efeitos espaciais e de rede, principais variáveis e

conclusões. A maioria dos trabalhos utiliza o modelo gravitacional e, em número satisfatório de situações, sobressai-se a presença de efeitos espaciais nos trabalhos comentados. Os autores salientados no presente quadro são retirados da literatura apresentada nesta dissertação. Os efeitos de rede puderam ser melhor discutidos nos trabalhos de De la Mata *et al* (2009) e Combes *et al* (2005).

Como é possível perceber pelo Quadro 1, nenhum trabalho sobre a demanda por transporte aéreo levou em consideração simultaneamente efeitos fixos, autocorrelação espacial e autocorrelação de rede social. Este trabalho se propõe a investigar a demanda por transporte aéreo, fazendo todos esses controles para se obter uma estimação consistente e eficiente dos parâmetros do modelo gravitacional ampliado para computar a demanda por transporte aéreo de passageiros.

Quadro 1. Revisão de Literatura sobre Modelos Gravitacionais.

Continua

Autores	Região	Dados	Método Investigativo	Controle Dependência Espacial	Controle Efeitos Rede	Principais Variáveis	Conclusões
Montoro Filho (1971)	Brasil	Cross Section	Regressão Linear	Não	Não	PIB real, frota de automóveis para passageiros, tarifa aérea real e fluxo de passageiros.	Elevada elasticidade renda e baixa elasticidade preço. Alta competitividade com o transporte rodoviário.
Curry (1972)	Canadá	Cross section	Modelo Gravitacional	Sim	Não	Tempo de deslocamento, distância casa-trabalho, renda.	As relações do trajeto são modificadas conforme deslocamento.
Griffith e Jones (1980)	24 áreas urbanas do Canadá	Cross section	Modelo Gravitacional	Sim	Não	Tamanho das cidades – área; atividade econômica, distância casa-trabalho.	A relação entre estrutura espacial e interação espacial é explorada no nível intraurbano.
McCallum (1995)	10 províncias canadenses e 50 estados norte-americanos	Cross section	Modelo Gravitacional	Não	Não	Distância, distância ao quadrado, taxa de produção setor primário, taxa de produção setor manufatureiro.	A fronteira Canadá-EUA continua a ter efeito decisivo nos padrões de comércio continental.
Witt e Witt (1995)	França, Alemanha, Reino Unido e EUA	Séries de Tempo	Modelo Gravitacional	Sim	Não	Demanda de turismo, população, renda, custo de viagem e custo de vida, preço dos substitutos	Os preços substitutos tiveram bom ajuste na regressão. Certas variáveis explicativas influenciaram a demanda de turismo.
Piani e Kume (2000)	44 países	Cross Section	Modelo Gravitacional	Não	Não	Soma do fluxo de exportações e importações, PIB, PIB per capita, distância absoluta, distância relativa, e <i>dummies</i> .	A análise confirma a importância dos vários tipos de acordos regionais de livre comércio.
Wagner <i>et al</i> (2002)	Províncias canadenses	Dados em Painel	Efeitos Fixos	Não	Sim	Exportações, número de imigrantes, PIB per capita, idioma.	A magnitude do efeito imigração varia de modos sensíveis ao entorno das amostras, grupos de imigrantes e produtos.
Anderson e Wincoop (2003)	Canadá, EUA e outros 22 países	Dados em Painel	Modelo Gravitacional	Não	Não	Fluxo de comércio, PIB e distância.	As fronteiras reduzem o comércio bilateral em magnitudes substanciais. O efeito fronteira é maior para pequenos países.

Quadro 1. Revisão de Literatura sobre Modelos Gravitacionais (continuação).

Autores	Região	Dados	Método Investigativo	Controle Dependência Espacial	Controle Efeitos Rede	Principais Variáveis	Conclusões
Combes <i>et al</i> (2003)	94 regiões francesas	Cross Section	Modelo Gravitacional e Efeitos Fixos	Sim	Sim	Fluxos de comércio bilateral, produto regional e salários, medidas bilaterais de custo de transporte e redes de negócios e sociais.	O estoque de migrantes duplica o fluxo de comércio.
Baier e Bergstrand (2007)	96 potenciais parceiros comerciais	Dados em Painel	Modelo Gravitacional e Efeitos Fixos	Não	Não	Fluxos de comércio, PIB per capita, <i>dummies</i> de idioma e de vizinhança	Os acordos de livre comércio realmente aumentam o comércio internacional entre os membros.
Griffith (2007)	Regiões Alemãs	Cross Section	Modelo Gravitacional	Sim	Não	Fluxos diários O-D, distância, população.	A autocorrelação espacial e o decaimento da distância se misturam em especificações do modelo de interação espacial.
Grosche <i>et al</i> (2007)	Alemanha e 28 países europeus	Cross Section	Modelo Gravitacional	Sim	Não	População, poder de paridade de compra, PIB, distância geográfica, média do tempo de viagem.	Ambos os modelos mostram um bom ajuste aos dados observados e são estatisticamente testados.
De La Mata <i>et al</i> (2009)	17 Regiões Espanholas	Cross Section	Modelo Gravitacional	Sim	Sim	Renda, população, valor adicionado bruto do setor de turismo, distância, número de migrantes.	Há um forte efeito fronteira e baixa elasticidade negativa entre distância e serviços de comércio no setor de turismo.
LeSage e Pace (2008)	48 estados norte-americanos	Cross Section	Modelo Gravitacional	Sim	Não	População, área, universidades, taxa de desemprego, distância, zona rural.	O resultado é uma extensão dos modelos de regressão espacial descrito por Anselin (1988).

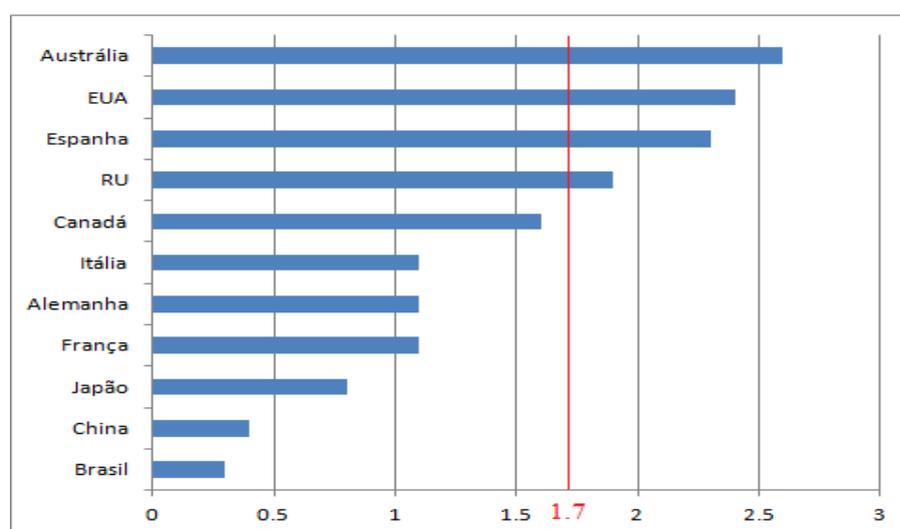
Quadro 2. Revisão da Literatura de Transportes Nacional.

Autores	Região	Dados	Método Investigativo	Controle Dependência Espacial	Controle Efeitos Rede	Principais Variáveis	Conclusões
Santos (2008)	U.E, EUA, Ásia, África subsaariana e América do Sul.	Séries de Tempo	Defasagem Distribuída Autoregressiva (DDA)	Não	Não	Tarifa média, PIB, população, distância de rotas, produtos substitutos, taxa de câmbio, variáveis de sazonalidade.	As estimções por defasagem distribuída autorregressiva (DDA) possuem maior precisão do que as estimadas por MQO.
Rocha (2011)	Regiões Brasileiras	Cross Section	Regressão Linear	Não	Não	Demanda de transporte aéreo, receitas, PIB, custo por assento quilômetro.	A demanda de passageiros para o mercado de aviação regional brasileiro sofre influência negativa dos aumentos dos preços das tarifas e influência positiva do aumento do PIB.
Costa <i>et al</i> (2011)	Brasília, São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza	Cross Section	Regressão Potencial e Suavização Exponencial Simples	Não	Não	Pax-km, PIB, Yield, dummies de ano	O modelo mais acurado para os aeroportos localizados em cidades litorâneas é o modelo de regressão potencial e para os aeroportos de turismo negócios e eventos, o mais acurado é o de suavização exponencial.
Condé (2011)	Rio de Janeiro	Séries de Tempo	Modelos de Regressão Múltipla	Não	Não	Passageiros domésticos, Yield, dummies, PIB, câmbio, etc.	Há uma aproximação à tendência de triplicação do movimento doméstico de passageiros em 20 anos. Existe também necessidade de investimentos para ampliação da capacidade.
Alves <i>et al</i> (2011)	Brasil	Séries de Tempo	Estacionariedade e Cointegração	Não	Não	Demanda, preço, renda, combustível	A demanda de passageiros é o fator determinante na pressão sobre a capacidade de infraestrutura aeroportuária. A elasticidade-preço da demanda é baixa, refletindo a predominância do viajante à negócios.
Hermeto (2012)	Brasil	Cross Section	Regressão Linear	Não	Não	Número de companhias aéreas, PIB deflacionado, tamanho médio das aeronaves, câmbio, Yield, etc.	O cenário neutro mostrou-se mais coerente com a realidade do mercado, e em relação ao perfil da aeronave considerando o período analisado, havendo diminuição em 6,5% em relação ao tamanho médio da aeronave.

2.1. O Setor Aéreo no Brasil

De acordo com McKinsey & Group Company (2010), o setor de aviação passou por crescimento elevado nos últimos anos. A média do crescimento no número de passageiros nos últimos cinco anos foi de 10% a.a. Uma análise da organização aponta ainda para a incipiência do mercado, dado que a razão de passageiros por ano no país é da ordem de 0,3 viagens/hab, enquanto que, em países onde o mercado é mais amadurecido, a razão é de 1,7 viagens/hab (Gráfico 2). Do ponto de vista de Bettini (2007), IPEA (2010) e também McKinsey & Group Company (2010), mesmo não havendo déficit na intensidade de utilização do transporte aéreo, há a necessidade de se investir na construção de alguns aeroportos menores, especialmente no eixo leste-oeste do país para que estas rotas estejam integradas aos *hubs* nacionais, ou seja, os principais aeroportos receptores de entroncamentos (passageiros de aeroportos menores). Daí surge um importante desafio para o planejamento governamental, uma vez que o tráfego aéreo até 2030 pode mais que triplicar, chegando a um volume de aproximadamente 310 milhões de passageiros/ano. A preocupação na elaboração de uma estratégia que possa atender a essa demanda é vital para que o setor continue com aceleração contínua para os próximos anos. A parte de fiscalização é controlada pela estatal Infraero (Empresa Brasileira para Infraestrutura Aeroportuária) para 96% dos passageiros transportados e o transporte aéreo é operado exclusivamente por empresas privadas, cabendo a ANAC a regulação da aviação civil no país.

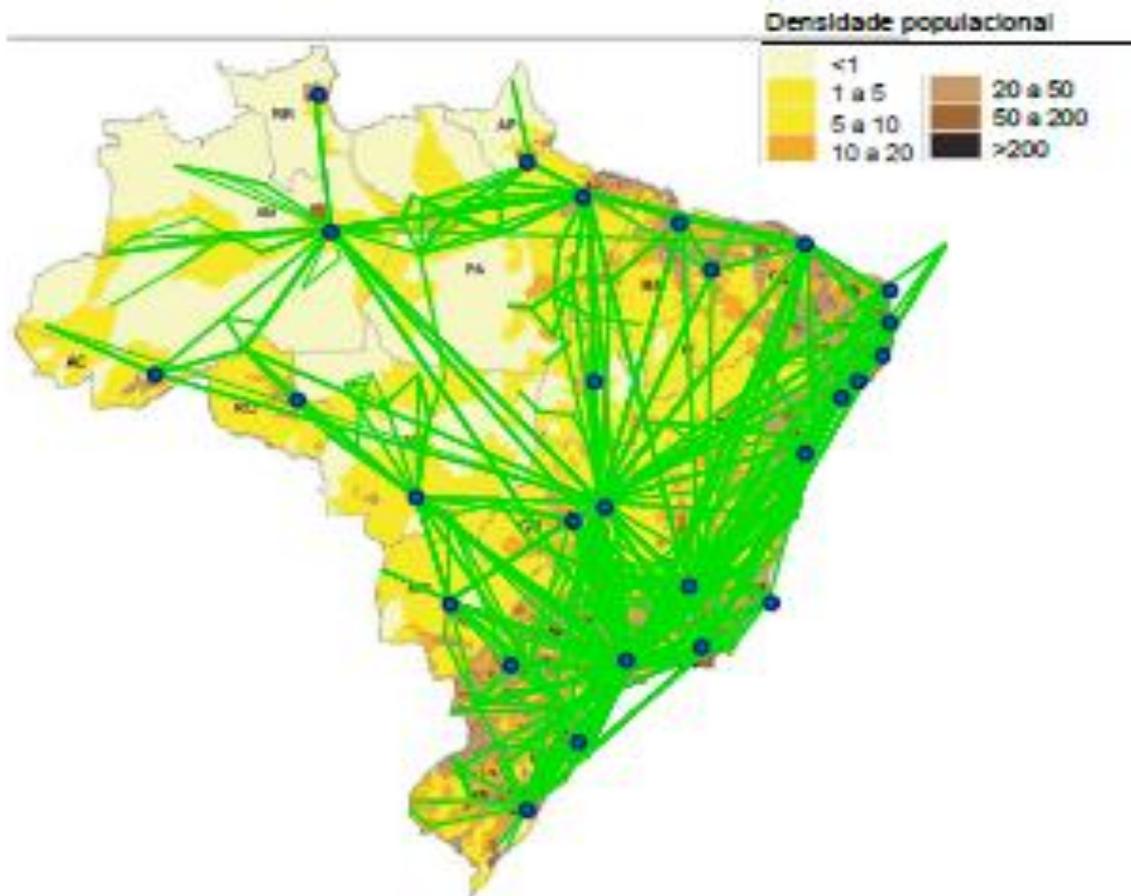
Gráfico 2. Utilização do Transporte Aéreo no Mundo (Viagens/Habitante).



Fonte: McKinsey Group (2010).

Na figura 1 percebe-se que a malha aérea possui cobertura com pontos de conexão a partir de cidades grandes e médias. Existem voos regulares diários partindo de todas as capitais, sendo que ao todo há 124 cidades com algum voo partindo pelo menos para alguma capital. O destaque fica por conta das cidades de Brasília (*hub* de integração nacional), São Paulo e Rio de Janeiro (principais *hubs* internacionais) e mantenedores de grande parte dos fluxos de passageiros nos aeroportos do país.

Figura 1. Malha Aérea no Brasil.



Fonte: McKinsey Group (2010).

A aviação regional cumpre o papel de dinamizadora do desenvolvimento no entorno das cidades atendidas pelas companhias aéreas comerciais, interligando desde as cidades menores e médio porte até os grandes centros urbanos e promotores do desenvolvimento econômico no país. De acordo com Oliveira (2008), a indústria de turismo provida pelo transporte aéreo é importante, dada a infraestrutura precária dos demais modais de transporte principalmente nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil.

Segundo Oliveira (2008), no que tange à integração da malha regional, a região amazônica tem importante destaque. Neste tipo de transporte modal, a opção terrestre nunca preencherá satisfatoriamente as necessidades de locomoção dos potenciais utilizadores. Desta forma, a aviação regional constitui vetor de alavancagem no que concerne ao meio-ambiente, dado que modificações drásticas no sistema ambiental não são necessárias, como desmatamento e transtornos para a fauna e flora, bem como confrontos culturais entre associações indígenas e o controle governamental das vias de acesso. Contudo, este tipo de fenômeno não se aplica exclusivamente a regiões mais inóspitas e longínquas do polo de desenvolvimento econômico. Regiões já mais adensadas como o interior de São Paulo em que as ligações se mantêm de maneira regular, viabilizam ou estimulam os negócios como promotores do desenvolvimento regional.

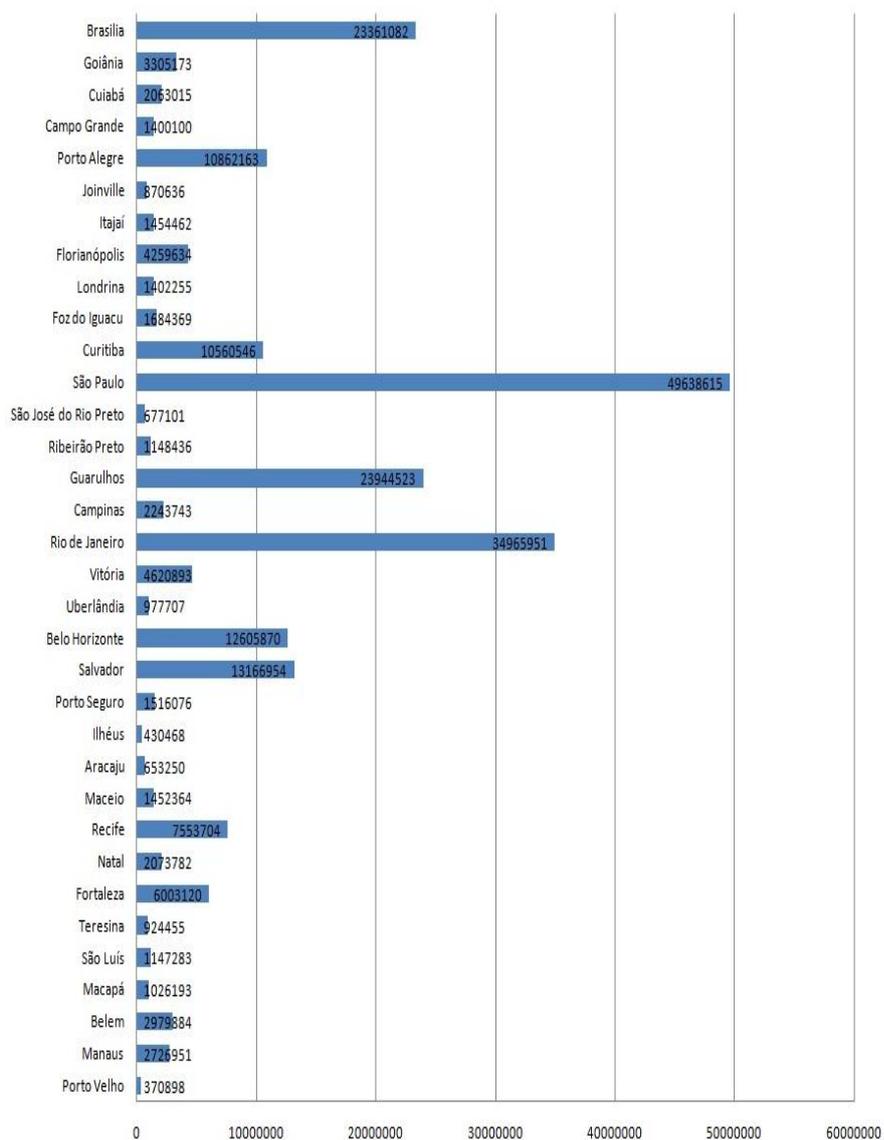
Segundo pesquisa realizada pela McKinsey & Company (2010), os cinco principais municípios com maior volume de passageiros transportados são representados por São Paulo (15,3%), Rio de Janeiro (10%), Brasília (6%), Belo Horizonte (4,1%) e Salvador (3,9%). Dos aeroportos citados, a maioria dos viajantes é composta por homens entre 25 e 50 anos de idade, assalariados e com renda domiciliar mensal entre R\$2 mil e R\$ 14 mil. Frente a este perfil, apesar das 50 milhões de viagens registradas no ano de 2008, apenas onze milhões eram passageiros únicos, i.e., não foram contados mais de uma vez na amostragem durante o período analisado, perfazendo cerca de 5% da população brasileira. Destes passageiros frequentes, um terço deles faz mais de três viagens ao ano e são responsáveis por 80% destas viagens. Por fim, sabe-se que a maioria desta demanda é impulsionada pelo turismo de negócios, sendo os aeroportos urbanos e os passageiros frequentes os líderes entre os viajantes.

De posse dos dados colhidos para a execução deste trabalho a partir de informações da ANAC, a gráfico 3 permite traçar um panorama do quadro da aviação no que tange à demanda aérea de passageiros segundo as 34 localidades atendidas. Nos sete anos decorridos, observou-se expressivo número de indivíduos no complexo Centro-Sul do país e moderado patamar para o nordeste brasileiro, com destaque para as cidades de São Paulo com aproximadamente 50 milhões de passageiros no terminal de Congonhas, além de expressiva demanda por meio do aeroporto vizinho de Guarulhos com aproximadamente 24 milhões de passageiros. Vale destacar também o movimento dos aeroportos para as cidades do Rio de Janeiro (aproximadamente 35 milhões), Brasília (aproximadamente 23,4 milhões), seguidas por demandas não tão elevadas, num patamar mais diminuto, como Salvador, Belo Horizonte,

Porto Alegre e Curitiba.

De acordo com Cunha (2009), nesse período analisado, um considerável acréscimo na infraestrutura do complexo Centro-Sul e calha leste do país teria ocorrido. Fatores que possivelmente proporcionaram tal melhoria podem estar ligados ao desenvolvimento socioeconômico destas cidades. As demais regiões que não apresentaram desenvolvimento similar podem ter sua inaptidão atrelada à falta de planejamento do Estado no que diz respeito à implementação e ao fomento de políticas desenvolvimentistas.

Gráfico 3. Total da demanda aérea por localidades no período (2000-2007).



Fonte: Elaboração Própria.

Perante esses fatos, deve-se entender que o transporte aéreo regional é passível de políticas e mecanismos próprios de regulação a fim de fomentar o desenvolvimento sustentável, ou seja, aquele não concentrado em poucas regiões, mas equalizado ao longo do território nacional para garantir a cobertura em regiões de difícil acesso ou de fronteira, assim como estimular a indução de *spillovers* do crescimento nas diversas microrregiões do país.

2.2. A Aviação Regional no Brasil

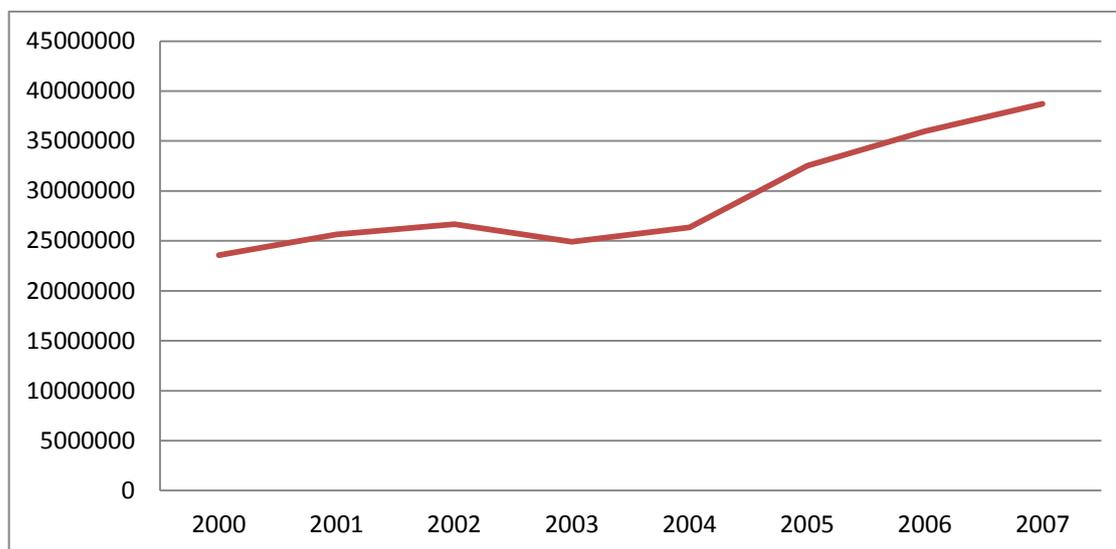
A última década, segundo Hermeto (2012), mostrou-se como frente de renascimento para o setor de transportes aéreos. Neste período, grandes empresas como VASP, VARIG e TRANS BRASIL deixaram de existir e de maneira sequencial, a TAM Linhas Aéreas consolidou-se como a maior empresa de transporte de passageiros no país que em conjunto a criação da GOL e AZUL Linhas Aéreas, perfazem hoje o total de 86% da movimentação atual da demanda aérea nacional.

Em 2010, a economia brasileira despontou crescimento no PIB da ordem de 7,5%. Tamanho crescimento, segundo Ministério da Fazenda (2010) não era percebido desde 1986. Junto a este momento propício, o mercado de transporte aéreo mostrou-se bastante desenvolvido com crescimento de 23,5% para o mesmo ano quando comparado à demanda de passageiros transportados no ano de 2009.

Segundo McKinsey & Company (2010), mais de 50 milhões de viagens são registradas por ano. Este número segundo a companhia cresceu a uma taxa expressiva de 10% a.a. entre 2003-2008 mediante significativo crescimento econômico no país e a inclusão das classes B e C no mercado de aviação regional. Mesmo frente a severa crise financeira no segundo semestre de 2009, o desempenho do setor mostrou-se tão arrojado quanto o obtido no ano anterior. A liberalização tarifária corroborada aos esforços da ANAC nos últimos anos contribuiu para maior dinamicidade e competição na oferta de serviços ao demandante de *tickets* aéreos. O preço médio por quilômetro voado no período de 2003-2008 mostrou queda expressiva de 48%. O aumento de passageiros pode ser visualizado no gráfico seguinte, que

sublinha o número de passageiros transportados no período de 2000-2007, segundo dados desta pesquisa.

Gráfico 4. Número de Passageiros Transportados (2000-2007).



Fonte: Elaboração Própria.

Um melhor aproveitamento dos dados no que tange a totalidade de passageiros transportados pode ser estratificado em regiões. Desta forma, a próxima tabela permite avaliar como a demanda se apresentou de maneira heterogênea entre as cinco regiões geográficas deste país.

Tabela 2. Número de Passageiros Transportados por Região (2000-2007).

Anos	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Total
2000	791100	3103257	2734905	13847882	3099370	23576514
2001	892517	3421356	3132341	14736261	3475815	25658290
2002	943455	3550697	3441171	15216129	3506640	26658092
2003	935927	3231092	3419638	14005118	3321303	24913078
2004	1159743	3657451	3473597	14547359	3513358	26351508
2005	1330707	4540980	4139060	18107374	4389789	32507910
2006	1586536	5419251	4660513	19546459	4748127	35960886
2007	1862704	5978781	5237610	20554466	5076175	38709736

Fonte: Elaboração Própria.

Apesar dos avanços, o crescimento recente tem desencadeado uma série de desafios. Certamente, segundo McKinsey Company (2010), a infraestrutura aeroportuária não conseguiu atingir o mesmo ritmo de aceleração da demanda. Dos 20 maiores aeroportos em atividade, 13 já apresentam gargalos nos terminais de passageiros com implicância direta no nível de serviço prestado aos usuários. O ponto mais crítico quanto a infraestrutura reflete-se sobremaneira na cidade de São Paulo no aeroporto de Congonhas, responsável por 25% do tráfego total de passageiros. De acordo com o relatório apresentado por McKinsey & Company (2010), o aeroporto da cidade de São Paulo era o único a apresentar limitação na oferta de *slots* para pousos e decolagens. Recentemente, Guarulhos tem sinalizado a mesma problemática no recebimento de voos adicionais para determinados horários.

Por conseguinte, pode-se apurar que o crescimento acelerado trouxe problemas de infraestrutura a serem sanados não somente aos aeroportos de São Paulo e Guarulhos. Outros terminais como Tancredo Neves (BH), Presidente Juscelino Kubitschek (Brasília), Salgado Filho (Porto Alegre), Pinto Martins (Fortaleza), Marechal Rondon (Cuiabá), Hercílio Luz (Florianópolis), Eurico de Aguiar Salles (Vitória) e Santa Genoveva (Goiânia) apresentam o mesmo diagnóstico. Limitar a capacidade significa não somente o desatendimento de passageiros, mas também reflexos adversos na economia regredindo em muitas das conquistas já viabilizadas como a redução no preço das passagens aéreas.

3. MODELOS GRAVITACIONAIS

Os modelos gravitacionais de rotas origens/destinos relacionam o fluxo de elementos nestas rotas, sejam pessoas (como o fluxo de passageiros entre aeroportos de um país), sejam mercadorias (como o fluxo de comércio entre países). Eles podem ser expostos por uma matriz em que as linhas representam as origens e as colunas os destinos, entre estas rotas:

Figura 2. Matriz de Fluxo Origem-Destino.

	Destinos J		Total
Origens i	T_{ij} Fluxos entre origem e destinos		Fluxo total de entradas
Total	Fluxo total de saídas		

Fonte: Elaboração própria.

As origens podem ser definidas pelo subscrito i e os destinos, pelo subscrito j , assim, cada fluxo entre origem e destino pode ser definido pela variável T_{ij} . As origens e os destinos tanto para rotas comerciais quanto para rotas de passageiros podem ser observados para municípios brasileiros.

Os modelos gravitacionais buscam trazer aos modelos de fluxo origem/destino a incorporação de variáveis condicionantes, na maioria das vezes, de intensidade destes fluxos, como é o caso da distância. A construção do modelo gravitacional de transporte é uma analogia com a Lei Gravitacional da física que descreve que a intensidade da força de atração

entre dois corpos é diretamente proporcional às massas destes corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os mesmos. Enquanto a distância permanece nos modelos gravitacionais como fator de resistência ao fluxo, a massa nos modelos de transporte é representada por variáveis que compreendam o peso da região na construção do fluxo em questão (pessoas ou mercadorias), como o PIB em relação ao fluxo de comércio e a população em relação ao fluxo de pessoas entre dois países ou regiões, pressupondo sempre um sinal positivo para estas variáveis (ABREU, 1999; AZEVEDO, 2004).

As primeiras aplicações dos modelos gravitacionais⁴ foram voltadas para o fluxo comercial. Inicialmente esses modelos seguiam o padrão da lei da gravidade para a análise desse fluxo, no entanto, a distância ao quadrado não se mostrou plenamente adequada às necessidades econômicas, sendo substituída inicialmente por funções exponenciais da distância. Posteriormente, as funções de custos baseadas na distância foram consideradas adaptações mais adequadas ao contexto econômico, visto que o custo constitui uma melhor medida de restrição econômica que a distância. Assim, diversas especificações de modelos gravitacionais foram propostas ao longo dos anos, como mostra Abreu (1999). As primeiras especificações podem ser resumidas nas seguintes equações:

$$T_{ij} = L \frac{Y_i Y_j}{D_{ij}^N} \quad (01)$$

$$T_{ij} = L \frac{P_i P_j}{D_{ij}^N} \quad (02)$$

em que L e N são fatores de ajustamento e/ou calibração, podendo ser exógenos (pré-estabelecidos por critérios conhecidos na literatura) ou estimados em conjunto com a equação; Y_i e Y_j e P_i e P_j são respectivamente os PIB e populações das regiões i e j, sendo d_{ij} a distância entre as duas regiões.

A partir destes modelos foram sendo incluídas variáveis que buscavam captar elementos adicionais na relação entre as regiões, como o PIB per capita, que, como

⁴ Para mais detalhes ver: Kanafani (1983), Tinbergen (1962), Poyhonen (1963) e Linnemann (1966)

medida de desenvolvimento dos países, poderia captar aspectos relacionados à diferenciação dos produtos, como a de produtos de alta tecnologia. A inclusão de variáveis *dummy* também teve um forte papel em modelos gravitacionais, ao permitir a inclusão de aspectos comuns entre determinadas regiões como língua, cultura, isolamento geográfico (ilhas), tratados comerciais, tratados de livre circulação e até mesmo dimensão territorial como *proxy* de recursos naturais (Frankel, 1997; Frankel, Stein, Wei, 1995; Polak, 1996; Aitken, 1973).

Na visão de Sen e Smith (1995), a evolução dos modelos gravitacionais, assim como sua grande capacidade analítica sobre os diversos fluxos entre regiões e interações espaciais, tem os colocado como os melhores modelos de descrição de comportamentos espaciais origem/destino. Os autores também destacam que uma das principais motivações para o desenvolvimento dos modelos gravitacionais para transporte foi a necessidade dos planejadores de transporte nos EUA em tratar a grande base de dados para conseguir informações relevantes na construção de autoestradas interestaduais. Dentre os trabalhos de referência para a questão do transporte está o trabalho de Quandt e Baumol (1966), utilizado amplamente no desenvolvimento do transporte dos EUA (CASTRO, 1999).

No caso da análise do fluxo de transporte aéreo, quase sempre voltados para o contexto de regulação dos preços e eficiência de mercado⁵, os trabalhos gravitacionais buscaram principalmente incorporar variáveis que captassem a liberação do setor⁶, como *dummies* temporais, definidas para antes e para depois da liberalização (PASSOS, 2010). A análise de fluxo tanto rodoviário quanto aeroviário não ignora os principais aspectos comportamentais do fluxo de pessoas, mas também buscou incorporar ao modelo as motivações para a existência para o fluxo entre as rotas, como o turismo, o acesso a um mercado de trabalho mais produtivo (migração), e/ou o retorno à terra natal⁷.

Pearce (2003) cita alguns dos fatores relacionados às motivações para o fluxo turístico, como ambientes naturais. No entanto, o autor coloca também o papel dos centros metropolitanos como meios de ligação entre rotas turísticas e, por isso, centro de diversas

⁵ Ver: Dresner e Tretheway (1992), Maillebiau e Hansen (1995), Kahn (2002), Rietveld *et al* (2002), Manuela Jr. (2007), Gomenc e Nicoletti (2000), Doove *et al* (2001), Geloso Grosso (2008), Clougherty, Dresner e Oum (2001), Micco e Serebrisky (2006), Button e Taylor (2000), Booz Allen Hamilton (2007)

⁶ Ver: Piermartini e Rousová (2008).

⁷ O quarto capítulo sobre a metodologia lista algumas das incorporações ao modelo gravitacional, que serão utilizadas neste trabalho, que estão relacionados a aspectos comportamentais do fluxo.

rotas turísticas, como as internacionais que demandam de grandes aeroportos. O autor destaca também que as rotas de transporte áreas metropolitanas são fornecedoras de turistas, que buscam sair do meio urbano muitas vezes para zonas rurais e parques ecológicos.

Não somente a questão turística, mas também o simples turismo ambiental são, no entanto, principais formadores de fluxos em rotas de transporte. Juntamente ao turismo ambiental pode haver o turismo cultural, econômico (aéreas metropolitanas com grandes shoppings), social, e todas estas são demandantes de uma infraestrutura, tanto de transporte quanto turística, pré-existente para que o fluxo ocorra (PETROCCHI, 2001). Além disso, a relação econômica, empresarial e profissional também tem forte impacto na formação de fluxos de transporte, como a migração de profissionais com alto nível de instrução, que procuram alocação nos principais centros tecnológicos, na maioria das vezes se deslocando da região natal.

Em relação aos métodos de estimação dos modelos gravitacionais, apesar da ampla variedade de métodos em econometria, as estimações são quase sempre limitadas, seja por conta de banco de dados precários ou pelo excessivo número de zeros, representando a ausência de informação. Métodos de estimação por MQO ou por Poisson têm sido bastante utilizados, principalmente em razão da dificuldade de se construir dados em painel. Entretanto, é sempre recomendado o uso de controle para efeitos não-observados para estimação destes modelos (SANTOS SILVA; TENREYRO, 2006).

Devido à tendência de concentração do setor, pode haver rotas de voo entre todos os aeroportos, mas provavelmente em cidades pequenas a necessidade de se fazer escalas é quase sempre inevitável. Assim, em uma matriz de fluxo que conte as cidades de Juiz de Fora e Ribeirão Preto, apesar de não haver voos diretos entre estas cidades, é possível criar uma rota com escala em Ribeirão Preto/São Paulo/Juiz de fora, inflando o número de passageiros de São Paulo, e tornando nulo o fluxo Ribeirão Preto/Juiz de Fora.

Face a isso, foram desenvolvidas várias metodologias para lidar com o problema do excesso de zeros na matriz de fluxo. Como em geral os modelos são estimados por log-log, as observações zero são simplesmente ignoradas. Esse tipo de abordagem quase sempre pode gerar viés no estimador. Uma opção amplamente usada para corrigir este problema é substituir os valores nulos por valores muito pequenos antes de aplicar o logaritmo. Nesse caso não há a exclusão das variáveis, mas pode não corrigir o viés ao criar valores negativos

grandes. Não obstante, é considerada mais adequada do que a simples exclusão das observações. No caso de modelos em que o zero seja “truncado”, há um longo apelo pelo uso dos modelos *tobit* convencionais, que pressupõe independência entre as observações, algo difícil de provar em fluxos entre regiões (Azevedo, 2004). O desenvolvimento de modelos *tobit* que incorporem a dependência espacial se encontra na fronteira da econometria espacial (LeSage e Pace, 2009).

Uma alternativa sugerida por Wooldrige (2005) é a de somar 1 (um) a todos os valores das séries, antes da transformação logarítmica. Pois, ao somar 1 (um) em todos os valores das séries, os valores zeros das séries passam a ser 1 (um). Como o logaritmo de 1 (um) é zero, os valores iguais a zero antes da transformação permanecem zero após a transformação e o viés da adição de 1 (um) em todas os valores da série é mínimo, podendo ser inclusive nulo na estimação dos betas, especialmente quando comparados a simples exclusão dos valores zeros das séries causada pela transformação logarítmica sem este controle. Assim, tanto todas as observações permaneceram dentro da estimação quanto todos os zeros permaneceram zeros após a transformação.

4. METODOLOGIA

4.1. Especificação do Modelo Gravitacional

Tal como explicitado em seção anterior, o modelo gravitacional surge de um pressuposto teórico da física. A transposição do campo físico para a economia é feita substituindo a massa física pela massa econômica como atratividade motriz, permanecendo a distância inalterada como força de atrito. Dessa forma, a representação básica do modelo gravitacional para o setor aéreo em estudo, pode ser expressa pela equação (03).

$$T_{ij} = \alpha + X_O\beta_O + X_D\beta_D + \vartheta d_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (03)$$

em que T_{ij} é o fluxo de passageiros aéreos, α é o termo da constante, X_O é vetor de variáveis correspondente às características das regiões de origem, ao passo que X_D denota o mesmo conjunto de variáveis, só que para as regiões de destino. O termo d_{ij} é a distância entre os dois pontos i e j , respectivamente origem e destino. O termo de erro é simbolizado por ε_{ij} . Os vetores de coeficientes a serem estimados na equação são β_O e β_D , ao passo que ϑ é um escalar a ser calculado.

A utilização de um modelo gravitacional simples pode trazer uma série de problemas nas estimativas do modelo econométrico com potencial de enviesar os resultados, a saber, erro de medida na variável dependente, subreportagem dos dados de passageiros pelas companhias aéreas, viés de seleção de amostra ao escolher somente os maiores fluxos de passageiros ou até mesmo omissão de variáveis relevantes para o modelo.

4.2. Efeitos de Autocorrelação Espacial e Social

Com o intuito de avaliar a influência de autocorrelação espacial e de rede, desenvolvimentos recentes na literatura tem sido feitos para verificar a relação positiva entre as redes sociais e de negócios e o fluxo de serviços (LESAGE; PACE, 2008; DE LA MATA *et al*, 2009).

O não tratamento para efeitos de autocorrelação de rede, quando relevantes, podem enviesar os resultados da estimação. Os fluxos de turismo seriam mais intensos entre regiões com maior fluxo observado de migrantes, dado que os mesmos poderiam proporcionar oportunidades de negócios e investimentos, uma vez que os custos de transação são reduzidos conforme as informações que os migrantes detêm.

Segundo De La Mata *et al* (2009), seis efeitos devem ser analisados nos fluxos de passageiros:

- a) "Atração da Terra Natal"⁸ (ATN). Os migrantes podem passar férias nos seus municípios de origem. A motivação ocorre principalmente pelo efeito gosto (*taste effect*). Os migrantes retornam ao município de origem para aproveitar das características inerentes às regiões que eram desfrutadas pelos indivíduos antes da tomada de decisão de migrar. Nesta situação, um suposto migrante que vive em São Paulo, oriundo de Campinas, visita sua cidade natal, satisfazendo o efeito gosto, supracitado acima.
- b) "Atração da Terra Acolhedora"⁹ (ATA). Neste efeito, são consideradas as viagens dos parentes e amigos do migrante para a região de destino, onde o último vive. Por exemplo, parentes e amigos do suposto migrante de Campinas, decidem visitá-lo em São Paulo.
- c) "Atração da Vizinhança da Terra Natal"¹⁰ (AVTN). Vinculado ao efeito de atração da terra natal (ATN), migrantes de uma determinada região podem procurar destinos próximos de suas regiões de destino. Há uma procura motivada

⁸ Em inglês, "the direct-home-land-attraction" (De la Mata *et al*, 2009).

⁹ Em inglês, "the direct-host-land-attraction".

¹⁰ Em inglês, "the home—land-neighbors-attraction".

pelos migrantes em encontrar localidades próximas das regiões de origem com características que lhes sejam atrativas. Outro motivo é a probabilidade de se encontrar conhecidos nas regiões vizinhas escolhidas. Nesta situação, o migrante que vive em São Paulo decide visitar localidades próximas e vizinhas da sua região de origem, como por exemplo, Sumaré ou Hortolândia.

- d) "Atração da Vizinhança da Terra Acolhedora"¹¹ (AVTA). Tal efeito é motivado por parentes do migrante, ainda na localidade de origem, tomam por decisão buscar lugares para passar férias, próximos da região onde mora o migrante. Os parentes do migrante podem deslocar-se para regiões próximas da terra acolhedora, como por exemplo, São Vicente ou Itanhaém.
- e) "Atração da Vizinhança Social da Terra Natal"¹² (AVSTN). Os migrantes concentram-se em diferentes regiões de destino que o acolheram, conservando uma proporção relativamente parecida de conterrâneos entre as regiões acolhedoras. Como exemplo, pode ser citado o deslocamento de muitos migrantes de Salvador para as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Partindo do pressuposto de que esses migrantes interagem-se por intermédio da manutenção de contatos entre as diversas localidades, pode-se supor o surgimento de efeitos de rede social entre as regiões acolhedoras de destino, a saber, São Paulo e Rio de Janeiro.
- f) "Atração da Vizinhança Social da Terra Acolhedora"¹³ (AVSTA). Parentes e amigos dos migrantes, vivendo em suas regiões de origem, decidem visitar as regiões caracterizadas como vizinhos sociais. Para visualização desta situação, um parente ou amigo do migrante que vive em São Paulo, resolve se deslocar não para São Paulo, mas para o Rio de Janeiro, cidade que abriga outro parente em comum e que graças aos contatos pré-estabelecidos, as redes mantidas entre estes indivíduos possibilitam a dinamização do fluxo de passageiros. A visita que a priori poderia ser feita num único eixo, Salvador - São Paulo, agora pode ser feita para Salvador - Rio de Janeiro, por exemplo.

¹¹ Em inglês, "the host-country-neighbors-attraction".

¹² Em inglês "the home—land-social-neighbors-attraction".

¹³ Em inglês "the host—land-social-neighbors-attraction".

Ao definir AVTN, deve-se ter em mente o conceito de dependência espacial baseada na origem. No entanto, faz-se necessário apresentar o conceito de matriz de ponderação espacial (W). Essa matriz deve ser quadrada com dimensão de tamanho amostral (n por n), com o objetivo de verificar o arranjo de interações espaciais entre as regiões. As ponderações espaciais, no caso, fornecem o grau de interação¹⁴ entre as regiões. Dada a matriz W , torna-se possível calcular a defasagem espacial, que pode ser interpretada como sendo a média dos valores de uma variável na região vizinha. A defasagem espacial para as regiões de origem é simbolizada pela variável $WoTij$.

No contexto de dados na forma de fluxos, a matriz Wo é construída do seguinte modo (LESAGE; PACE, 2008):

$$W_O = I_n \otimes W \quad (04)$$

em que \otimes é o produto Kronecker, I_n é a matriz identidade e W é a matriz de ponderação espacial normalizada na linha¹⁵. A defasagem espacial na origem é a média do fluxo das regiões vizinhas da região de origem para a região de destino.

Para a incorporação do efeito AVTA, define-se a dependência espacial com base no destino, $WdTij$. A construção de W_D , por sua vez, se dá da seguinte forma:

$$W_D = W \otimes I_n \quad (05)$$

em que W_D é construída, produzindo uma matriz de pesos espaciais n^2 por n^2 , tal como W_O . A título de exemplo, a interpretação dessa variável defasada espacialmente pode ser feita como sendo a média dos fluxos de passageiros do Estado de São Paulo para os Estados do Paraná e

¹⁴ Uma matriz de ponderação espacial muito adotada na literatura de econometria espacial é de contiguidade em que se duas regiões partilham de fronteira são consideradas vizinhas e recebem o peso um; caso contrário, não são vizinhas e, por consequência, recebem peso nulo.

¹⁵ Matriz normalizada na linha representa uma matriz cuja soma dos elementos linha é igual a um, i.e., cada elemento da matriz foi dividido pela soma dos elementos das linhas a que ela pertence ($z_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$).

Rio Grande do Sul (vizinhos de Santa Catarina).

Há que se levar em conta também os efeitos indiretos de rede, como o exemplo citado acima em que São Paulo e Rio de Janeiro, que se comportam como cidades acolhedoras de migrantes oriundos de Salvador. Seguindo o mesmo raciocínio, um município como Porto Alegre pode ser vizinho de Brasília, indiferente se os dois não possuem áreas limítrofes.

Neste trabalho serão utilizadas duas matrizes de ponderação espacial. A primeira tenta captar o efeito vizinho geográfico (W^{ESP}). Cada valor (a_{ij}) dessa matriz representa o inverso da distância ao quadrado entre os municípios i e j . Seus valores foram obtidos por meio das coordenadas geográficas dos municípios disponibilizadas pelo IBGE. A segunda matriz (W^{REDE}) busca compreender a relação social entre as cidades pelos fluxos de migração entre as cidades. Os valores de W^{REDE} foram obtidos pelos dados de migração extraídos da Rais-Migra, e cada valor (a_{ij}) da matriz representa quantos indivíduos da região i que migraram para a região j . É importante destacar que a Rais-Migra só disponibiliza a migração de trabalhadores formais. Tanto a matriz W^{ESP} quanto a matriz W^{REDE} foram normalizadas na linha.

4.3. Modelo Gravitacional Ampliado

Para a identificação do modelo, assume-se, em primeiro lugar, que o termo de erro não esteja correlacionado com os efeitos fixos, c_i . Num painel em que os dados são pares O-D (origem-destino) observados em alguns períodos de tempo, os efeitos fixos c_i apresentam três características: são não observados; são específicos aos pares O-D; não variam com o decorrer do tempo de análise. Convém destacar que se estimar o modelo gravitacional por MQO sem levar em conta os efeitos fixos acarreta problemas de consistência, por omissão de variável relevante.

Considera-se a seguir uma variante desse modelo em que o efeito não observado, τ_t , que agora é constante através das regiões, porém específico no tempo (por isso, o subscrito t).

$$T_{ijt} = \alpha + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + c_i + \varepsilon_{ijt} \quad (06)$$

Os efeitos ATN e ATA, agora, são compilados no próximo modelo a ser descrito. O efeito ATN é verificado como o estoque de migrantes da região de origem i para a região de destino j (m_{ij}), enquanto o efeito ATA é denotado pelo estoque de migrantes da região de origem j para a região de destino i (m_{ji}).

$$T_{ijt} = \alpha + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + c_i + \varepsilon_{ijt} \quad (07)$$

em que os coeficientes são escalares a serem estimados.

Desse modo, a equação gravitacional incorpora as redes sociais que formam a base de interações entre as regiões em virtude da prévia existência de fluxos migratórios.

Para levar em consideração os efeitos AVTN ($W_O^{ESP} T_{ij}$) e AVTA ($W_D^{ESP} T_{ij}$), colocam-se os termos de defasagem espacial da variável dependente:

$$T_{ijt} = \alpha + \tau_t + \rho_1 W_O^{ESP} T_{ijt} + \rho_2 W_D^{ESP} T_{ijt} + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + c_i + \varepsilon_{ijt} \quad (08)$$

Então, para se modelar os efeitos AVSTN ($W_O^{RED} T_{ij}$) e AVSTA ($W_D^{RED} T_{ij}$), é preciso reespecificar o modelo gravitacional da seguinte forma:

$$T_{ijt} = \alpha + \tau_t + \rho_1 W_O^{ESP} T_{ijt} + \rho_2 W_D^{ESP} T_{ijt} + \rho_3 W_O^{RED} T_{ijt} + \rho_4 W_D^{RED} T_{ijt} + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + c_i + \varepsilon_{ijt} \quad (09)$$

Na equação, convém ressaltar que estamos controlando tanto para a dependência espacial quanto para a dependência de rede social.

4.4. Especificação dos Pressupostos para o Modelo Gravitacional com Efeitos Fixos

Como no modelo gravitacional ocorre a necessidade de se considerar a distância, variável invariante no tempo. A simples estimação convencional por efeitos fixos excluiria a variável distância, impossibilitando a aplicação do modelo gravitacional. Por conseguinte, a estimação inadequada pode acarretar viés de variável relevante omitida¹⁶. Uma alternativa que considera variáveis invariantes no tempo é a proposta por Plumper e Troeger (2007), que sugerem a adoção de um novo método: a Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos (FEVD – *Fixed Effects Vector Decomposition*).

Os pressupostos de estimação do modelo são similares aos modelos de efeitos fixos, com a hipótese adicional de que existe uma variável observável fixa no tempo, e, portanto não pode ser estimada no modelo de efeitos fixos por ser correlacionada com o termo c_i , mas que não pode ser simplesmente excluída, pois garante ganhos explicativos adicionais ao modelo. Cabe destacar, no entanto, que a variável tempo-invariante não pode ser correlacionada com os demais efeitos não observáveis não inclusos no modelo, pois cairia no viés de estimação por omissão de variável relevante ao modelo. Como o modelo é estimado com controle para efeitos fixos, reduz-se significativamente a omissão de termos relevantes ao modelo e, por conseguinte, a possibilidade de correlação entre as variáveis e os termos não observáveis. (PLÜMPER; TROEGER, 2011)

A opção pelo controle de efeitos fixos (EF) e não de efeitos aleatórios (EA) é de que os efeitos não observados estão correlacionados com as variáveis explicativas do modelo (X_i), (WOOLDRIDGE, 2002).

Em relação às vantagens adicionais aos já conceituados modelos de estimação que permitem a inclusão de variável tempo-invariante como o modelo de Hausman-Taylor (HT), a principal vantagem é a possibilidade de incluir variáveis instrumentais exógenas ao modelo (PLÜMPER; TROEGER, 2011). Tal propriedade do modelo torna vantajosa sua aplicação em

¹⁶ As hipóteses do modelo convencional de efeitos fixos com variáveis que variam no tempo podem ser consultadas em Wooldridge (2002).

vista da necessidade dos modelos aplicados aqui em utilizar instrumentos para as variáveis endógenas ($W_O^{ESP}T_{ijt}$, $W_D^{ESP}T_{ijt}$, $W_O^{RED}T_{ijt}$ e $W_D^{RED}T_{ijt}$), sendo estes instrumentos as defasagens espaciais e de rede das variáveis explicativas do modelo ($W_O^{ESP}X_{ijt}$, $W_D^{ESP}X_{ijt}$, $W_O^{RED}X_{ijt}$ e $W_D^{RED}X_{ijt}$).

Outra vantagem adicional do modelo sobre a abordagem HT diz quanto à consistência. HT é consistente, mas segundo Plümer e Troeger (2011), consistência é uma propriedade assintótica que não pode garantir *per se* que o estimador seja não viesado para amostras finitas. Uma generalização não pode ser feita por meio de uma solução de canto assintótica para um caso geral de informação finita.

O método FEVD é estimado em três etapas: a primeira etapa consiste na estimação de um modelo com controle para efeitos fixos sem as variáveis tempo-invariantes; na segunda etapa, o vetor de efeitos não-observados é decomposto em uma parte explicada pelas variáveis tempo-invariantes e a outra pelo termo de erro; e, na terceira etapa, reestima-se o primeiro estágio por MQ2E (Mínimos Quadrados em Dois Estágios)¹⁷, incluindo as variáveis tempo-invariantes mais o termo de erro da segunda etapa. Cada uma dessas etapas é descrita com mais detalhes a seguir.

4.4.1. O Método FEVD

No primeiro estágio é estimado um modelo com controle para efeitos fixos com todas as variáveis explicativas do modelo que são variantes no tempo, como mostra a equações abaixo:

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{l=1}^L \beta_{Ol} x_{Olit} + \sum_{l=1}^L \beta_{Dl} x_{Dlit} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

¹⁷ Visa acomodar a endogeneidade provocada pela autocorrelação espacial e pela autocorrelação de rede.

em que x_{Oit} e x_{Dit} correspondem ao conjunto de variáveis tempo variantes; β_{OI} e β_{DI} são os coeficientes das variáveis explicativas; α representa o termo de constante; c_i denota os efeitos fixos no tempo; e ε_{it} é o componente de erro normal.

Wooldridge (2002) faz uma ampla descrição do processo de estimação com controle para efeitos fixos. Para o primeiro estágio do FEVD são válidos os mesmos pressupostos do modelo de efeitos fixos, sendo os principais:

1. O termo de erro não deve estar correlacionado com as variáveis dependentes nem com o termo não observado, $E(u_{it}|X_i, c_i) = 0$.
2. A matriz $(\dot{X}'_{it}\ddot{X}_{it})$, em que $\ddot{X}_{it} = X_{it} - \bar{X}_i$, deve conter posto completo, i.e., igual ao número de parâmetros (K) para que seja invertível.
3. Erros idiossincráticos, ε_{it} , possuem variância constante em torno de t e são serialmente não correlacionados.

O primeiro estágio é estimado com a intenção de obter o parâmetro para os efeitos fixos \hat{c}_i . É importante notar que \hat{c}_i inclui todas as variáveis invariantes no tempo, o termo constante e os efeitos médios das variáveis x variantes no tempo (PLÜMPER; TROEGER, 2007).

$$\hat{c}_i = \bar{y}_i - \bar{X}_i\hat{\beta}_{fe} \quad (11)$$

em que $\hat{\beta}_{fe}$ são betas estimados por efeitos fixos. O termo \hat{c}_i inclui tanto os efeitos não observados, como os observados que são invariantes no tempo.

O segundo estágio consiste na decomposição do vetor de efeitos fixos gerado (\hat{c}_i), em uma parte explicada por variáveis tempo invariantes e um termo de erro. Do lado direito da equação, tem-se ϑ_m , coeficiente a ser estimado para variáveis invariantes no tempo. De forma simplificada, neste estágio, \hat{c}_i , obtido no primeiro estágio, e regredido contra as variáveis tempo invariantes observáveis, z_i , i.e., para obter a parte não explicada h_i , i.e., os resíduos da regressão dos efeitos fixos contra as variáveis invariantes no tempo (z), como segue:

$$\hat{c}_i = \sum_{m=1}^M \vartheta_m z_{mi} + h_i \quad (12)$$

Assim, obtêm-se \hat{h}_i pela seguinte equação:

$$\hat{h}_i = \hat{c}_i - \sum_{m=1}^M \vartheta_m z_{mi} \quad (13)$$

O termo de erro \hat{h}_i é responsável pelos efeitos fixos não-observados e captura estes efeitos, reduzindo o viés de omissão de variável relevante.

O terceiro estágio consiste na reestimação da variável dependente com todas as variáveis explicativas somadas, as variáveis tempo-invariantes e o termo de erro obtido no segundo estágio (\hat{h}_i), como pode ser visto na equação abaixo:

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{l=1}^L \beta_{Ol} x_{Olit} + \sum_{l=1}^L \beta_{Dl} x_{Dlit} + \sum_{m=1}^M \vartheta_m z_{mi} + \delta \hat{h}_i + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

Neste estágio, estimado por MQ2E, quando incluídas as variáveis instrumentais para redução de problemas de endogeneidade (como é o caso do modelo deste trabalho), não há a inclusão dos efeitos fixos (c_i), mas sim os efeitos fixos não observáveis decompostos (\hat{h}_i), permitindo a estimação de parâmetros para as variáveis tempo-invariantes. Pois, assume-se que o termo \hat{h}_i não seja correlacionado com o vetor de variáveis z_i (tempo-invariantes). Essa etapa é requerida para o controle de multicolinearidade e ajuste dos graus de liberdade (PLÜMPER; TROEGER, 2007).

Aplicando a equação genérica de acordo com a especificação das variáveis do modelo, controlando para efeitos fixos e as variáveis invariantes no tempo (z), tem-se:

Quadro 3. Quadro das Regressões Estimadas.

Modelo Gravitacional Simples	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional Ampliado	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional Ampliado com Efeitos Espaciais	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \rho_1 W_O^{ESP} T_{ijt} + \rho_2 W_D^{ESP} T_{ijt} + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional Ampliado com Efeitos de Rede	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \rho_3 W_O^{RED} T_{ijt} + \rho_4 W_D^{RED} T_{ijt} + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional com Efeitos Espacial e de Rede	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \rho_1 W_O^{ESP} T_{ijt} + \rho_2 W_D^{ESP} T_{ijt} + \rho_3 W_O^{RED} T_{ijt} + \rho_4 W_D^{RED} T_{ijt} + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \mu_1 m_{ijt} + \mu_2 m_{jit} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional com Efeitos Espacial e de Rede s/ diferenciação W_o e W_d com dummy de fluxo regional	$T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + dumfluxo + W^{Esp} T_{ij} + W^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$
Modelo Gravitacional com Efeitos Espacial e de Rede (W_o e W_d) com dummy de fluxo regional.	$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ji} + dumfluxo + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt}$

Fonte: Elaboração Própria.

4.5. Dados

A variável dependente é representada pelos fluxos de passageiros aéreos por pares O-D (T_{ij}), obtidos junto à agência reguladora ANAC. Os dados contém o fluxo de passageiros nos principais aeroportos do país. Neste trabalho foi analisado o fluxo de passageiros entre 34

aeroportos, durante o período de 2000 a 2007. Os dados aqui trabalhados são na forma de fluxo em que o tamanho da amostra é $n \times n$. Desta forma, os mesmos são utilizados para regressão em painel com controle para efeitos fixos em que o tamanho da amostra é de 1488 observações, garantindo as propriedades assintóticas para o modelo em estudo.

A variável T_{ij} é utilizada neste trabalho como uma *proxy* da demanda por transporte aéreo. Para análise da demanda considerou-se T_{ij} como a soma do total dos passageiros entre as localidades i e j observadas e posterior divisão em partes iguais entre as mesmas localidades com o objetivo de se preservar a simetria entre as observações (gerando assim uma matriz simétrica de fluxo de passageiros).

Dentre as limitações da *proxy* escolhida como variável dependente, T_{ij} , o erro de mensuração pode existir por conta de dois motivos. Primeiramente, espera-se uma sub-reportagem nas informações prestadas pelas companhias aéreas. Mesmo com o controle feito pela ANAC (agência reguladora), este fator não deve ser desconsiderado, dado que a sub-reportagem está atrelada a tributação da demanda. Neste tipo de tributação, as empresas aéreas têm o incentivo de subreportar os dados de passageiros para a Agência a fim de pagar menos impostos, que incidem sobre o volume de passageiros transportados.

As variáveis explicativas PIB municipal real são compiladas para as regiões de origem e de destino com o intuito de representar as massas econômicas no modelo gravitacional. A fonte dos dados é o IBGE e sua unidade é expressa em milhares de reais, em valores constantes de 2000. Os dados para populações por município são as estimativas da população residente de cada municipalidade, feitas pelo IBGE. Os dados disponíveis para PIB real per capita também são obtidos por meio do IBGE, em valores constantes de 2000. A expectativa teórica é que essas variáveis tenham uma relação direta com a demanda por transporte.

As variáveis de distância (d_{ij}) entre as regiões são calculadas a partir da distância entre dois pontos entre as coordenadas geográficas, fornecidas pelo IBGE. Essas distâncias são aproximações lineares das verdadeiras rotas para as quais não se conhece a efetiva distância percorrida em cada par OD. A expectativa teórica é ambígua porque na demanda por transporte para turismo existe um impacto heterogêneo da distância sobre o setor de turismo (DE LA MATA *et al.*, 2009, p. 28). Por um lado, espera-se um sinal negativo, caso haja o predomínio dos custos de transação: menores fluxos para maiores distâncias por conta do encarecimento das passagens. Por outro lado, existe o fator de atração representado pelo

exotismo do destino, implicando mais fluxos de passageiros para destinos mais remotos, fazendo com que o sinal seja positivo. O sinal que prevalecer será a resultante dessas duas forças.

A variável m_{ij} é o estoque de saída de migrantes da região i para a região j , enquanto que a variável m_{ji} denota o estoque de saída de migrantes da região j para a região i , obtidos da RAIS MIGRA para os anos de 2000 a 2007 e do Censo 2000. Os acumulados entre os anos de 2000 a 2007 foram acrescentados ao estoque inicial obtido por meio do Censo 2000 para que este total pudesse ser atualizado.

As variáveis a serem utilizadas para captar os efeitos de autocorrelação espacial e de autocorrelação de rede, a saber, $W_O^{ESP}T_{ij}$, $W_D^{ESP}T_{ij}$, $W_O^{REDE}T_{ij}$ e $W_D^{REDE}T_{ij}$, são variáveis construídas a partir da aplicação do conceito de operador de defasagem espacial e do operador de defasagem de rede. Para a construção das matrizes de pesos espaciais W_O e W_D será utilizado o conceito de distância inversa. O uso de variáveis instrumentais fez-se necessária em todos os modelos em que foram consideradas as variáveis $W_O^{ESP}T_{ij}$, $W_D^{ESP}T_{ij}$, $W_O^{REDE}T_{ij}$ e $W_D^{REDE}T_{ij}$. Nas regressões discutidas na seção 5, optou-se por instrumentos defasados de variáveis exógenas do modelo, ou seja, as defasagens espaciais das variáveis explicativas variantes no tempo, WX , e as defasagens das defasagens espaciais das variáveis explicativas variantes no tempo, WWX .

Por último, é importante salientar a necessidade de avaliar o comportamento dos fluxos regionais para este estudo. Neste caso, considera-se nas regressões o fator dummy de fluxo regional. A dummy seria assim considerada: i) ligação entre duas cidades que não são capitais (Exemplo: Campinas e Ribeirão Preto); ii) ligação entre uma capital e uma cidade que não seja capital (Exemplo: São Paulo e Ribeirão Preto). Para ligações que respeitassem estes dois casos, a dummy para este fluxo seria 1 (regional); caso contrário, zero. É esperado que a inclusão deste fator possa apresentar melhor ajuste nas regressões.

Todas as variáveis serão observadas na forma de logaritmos naturais. Essa forma de expressar as variáveis é conveniente porque os coeficientes são interpretados como elasticidades constantes.

No Quadro 4, faz-se a descrição de todas as variáveis utilizadas no modelo de demanda por transporte aéreo:

Quadro 4. Descrição das Variáveis do Modelo de Demanda por Transporte.

Notação	Descrição	Unidade	Sinal esperado	Fonte dos dados
T_{ij} (Dependente)	Fluxo de passageiros nos pares OD	Número de pessoas		ANAC
Pop_i	População da região de origem i	Número de pessoas	Positivo	IBGE
Pop_j	População da região de destino j	Número de pessoas	Positivo	IBGE
PIB_i	PIB real da região de origem i	Milhares de Reais de 2000 por ano	Positivo	IBGE
PIB_j	PIB real da região de origem j	Milhares de Reais de 2000 por ano	Positivo	IBGE
PIB_{pci}	PIB real per capita da região de origem i	Milhares de Reais de 2000 por ano	Positivo	IBGE
PIB_{pcj}	PIB real per capita da região de origem j	Milhares de Reais de 2000 por ano	Positivo	IBGE
d_{ij}	Distância que separa a região de origem i e a de destino j	Quilômetros	Ambíguo	IBGE
M_{ij}	Estoque de migrantes de saída da região i para a região j	Número de pessoas	Positivo	RAIS MIGRA/CENSO (IBGE)
M_{ji}	Estoque de migrantes de entrada da região i para a região j	Número de pessoas	Positivo	RAIS MIGRA/CENSO (IBGE)
$W_o^{ESP}T_{ij}$	Fluxo de passageiros nos vizinhos das regiões de origem	Número de pessoas	Positivo	Construído a partir da matriz de distâncias e ANAC
$W_D^{ESP}T_{ij}$	Fluxo de passageiros nos vizinhos das regiões de destino	Número de pessoas	Positivo	Construído a partir da matriz de distâncias e ANAC
$W_o^{RED}T_{ij}$	Fluxo de passageiros nas regiões de origem consideradas “vizinhos sociais”	Número de pessoas	Positivo	Construído a partir das informações da RAIS e ANAC
$W_D^{RED}T_{ij}$	Fluxo de passageiros nas regiões de destino consideradas “vizinhos sociais”	Número de pessoas	Positivo	Construído a partir das informações da RAIS e ANAC
$dumfluxo$	Dummy fluxo regional	0 ou 1	Positivo	Construído a partir das informações da ANAC

Fonte: Elaboração própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos modelos, foram consideradas todas as possíveis especificações apresentadas nas seções 4.1 a 4.4, tanto em relação a aspectos de inclusão de variáveis quanto com respeito a métodos de estimação. Cabe destacar que em todos os modelos que continham a variável dependente defasada espacialmente, foi aplicado o método das variáveis instrumentais (VI) para eliminar o viés de endogeneidade. Também foram aplicados testes, tanto para averiguação de autocorrelação espacial e heterocedasticidade, quanto o Teste Hausman para averiguar qual estrutura se adéqua melhor aos modelos. Os resultados, assim como os testes, são apresentados em anexos.

Em relação aos diferentes modelos, primeiramente é importante destacar que o modelo simples (Anexo 1 e tabelas 3, 4 e 5), mesmo com suas limitações, teve seus resultados corroborados por todos os demais modelos e métodos de estimação adotados. Mesmo havendo diferenças nos valores dos *betas* entre o modelo simples e os demais modelos, os sinais se mantiverem os mesmos na medida em que se incorporavam novas variáveis ao modelo. Apesar disso, os modelos simples devem ser considerados apenas como pontos iniciais de análise já que as diferenças nos *betas* podem ser diretamente relacionadas ao viés de variável omitida relevante e pela existência de autocorrelação espacial e de rede social entre as variáveis. Assim, as análises deste capítulo se baseiam principalmente nos modelos com defasagens espaciais e de rede estimados com controles para efeitos fixos não observados.

Quanto aos testes apresentados em anexo para os modelos apresentados na seção 4.4, os testes não mostraram autocorrelação espacial dos resíduos. Quanto ao teste de heterocedasticidade, não houve rejeição da hipótese nula levando a aplicação do modelo robusto para melhor ajuste. Em relação ao teste Hausman, os resultados mostraram que o método FEVD com variáveis instrumentais foi o mais adequado, sendo que a sua estimação é tomada prioritariamente para se efetuar a análise da demanda por transporte aéreo.

Nas tabelas 3, 4 e 5 é apresentado um resumo dos principais resultados obtidos. A tabela 3 reporta os modelos que consideraram unicamente o PIB como centro do fluxo de atração; ao passo que a tabela 4 mostra os modelos estimados com a população como centro do fluxo de atração; e na tabela 5 foram consideradas a população e o PIB per capita como

determinantes de centro de atração, no intuito de dividi-lo entre tamanho do município e a produtividade do mesmo. Por simplicidade, são apresentados nas tabelas apenas os modelos estimados com a distância, enquanto que os resultados com a distância ao quadrado estão em anexo. Os modelos estão divididos em estimações feitas por IV (Variáveis Instrumentais) e FEVD (Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos). A ordem de apresentação dos resultados nas tabelas 3, 4 e 5 segue os modelos apresentados no quadro 2 da seção 4.4, sendo eles: o simples, o ampliado, o modelo com efeitos espaciais, o modelo com efeitos de redes e o modelo completo (com efeitos espaciais e de rede).

Em relação às variáveis referentes ao tamanho e riqueza dos municípios, PIB e população (POP) (tanto de origem “i” quanto de destino “j”), em todos os modelos, os resultados esperados para o sinal dos betas foram condizentes com os resultados obtidos. É importante destacar que PIB e POP foram considerados separadamente para evitar problemas de multicolineariedade. Assim, como esperado teoricamente, tanto a população (Tabela 4) quanto o PIB (Tabela 3) revelam que cidades mais populosas ou com maior PIB, são as cidades que mais chegam passageiros ou as que mais saem passageiros (identificado pelo subscrito i para município de origem e j para município de destino). O principal motivo para estes resultados é que o fluxo de pessoas em uma cidade está diretamente relacionado com o número de habitantes da mesma.

Quanto ao sinal do coeficiente da variável PIB (Tabela 3), os mesmos aspectos da variável POP podem ser ressaltados, i.e., onde há maior concentração de produção há também um maior fluxo de pessoas. Dentro deste aspecto, ambos os betas das variáveis PIB e POP são significativos, representantes do fluxo de atração de passageiros, e como mostrado no terceiro capítulo, grandes cidades são também as principais rotas de entrada e saída de passageiros, pois são os centros das conexões aéreas, além de conterem a maior demanda por passageiros. É importante lembrar que estas variáveis (PIB e POP) são, na verdade, o centro de atração do fluxo, i.e., as forças de atração, por isso, os seus coeficientes têm sempre o sinal positivo esperado.

Tabela 3. Resultados dos Modelos Estimados Considerando PIB como Centro do Fluxo de Atração.

Variáveis	Simples-IV	Simples-FEVD	Ampliado-IV	Ampliado-FEVD	Com efeitos espaciais-IV	Com efeitos espaciais-FEVD	Com efeitos de rede-IV	Com efeitos de rede-FEVD	Completo-IV	Completo-FEVD
l_PIBi	0.383***	1.172***	0.314***	1.084***	0.342***	0.942***	0.289***	1.063***	0.375***	0.921***
l_PIBj	0.381***	1.172***	0.312***	1.081***	0.358***	0.937***	0.293***	1.062***	0.316***	0.908***
lMij			0.0586	0.0761	0.0489	0.0787	0.067	0.0792	0.0448	0.0834
lMji			0.0659	0.112	0.0498	0.102	0.0715*	0.107	0.0459	0.111
l_DIST	-0.229***	-0.605***	-0.189***	-0.551***	-0.196***	-0.370**	-0.190***	-0.366*	-0.224***	-0.363**
l_WoEspTij					-0.0106	-0.206**			-0.0149	-0.0989
l_WdEspTij					-0.0348*	-0.237**			-0.199***	-0.369**
l_WoRedTij							0.019	-0.235**	0.009	-0.0917
l_WdRedTij							0.0135	-0.244**	0.196***	0.136
Constante	-0.809	-26.28***	0.527	-24.72***	-0.0303	-15.66***	0.813	-19.08***	-0.282	-15.17***
R ²	0.229	0.832	0.244	0.833	0.243	0.834	0.245	0.833	0.247	0.835
AIC	0.147	-1.374	0.13	-1.375	0.134	-1.378	0.132	-1.373	0.132	-1.383
BIC	0.156	-1.358	0.147	-1.351	0.158	-1.347	0.155	-1.342	0.162	-1.345

Fonte: Elaboração própria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. IV representa as estimações feitas por variáveis instrumentais e FEVD as estimações por Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos.

Tabela 4. Resultados dos Modelos Estimados Considerando a População como Centro do Fluxo de Atração.

Variáveis	Simples-IV	Simples-FEVD	Ampliado-IV	Ampliado-FEVD	Com efeitos espaciais-IV	Com efeitos espaciais-FEVD	Com efeitos de rede-IV	Com efeitos de rede-FEVD	Completo-IV	Completo-FEVD
l_POPI	0.499***	1.808***	0.466***	1.614***	0.477***	1.291**	0.430***	1.509**	0.515***	1.315*
l_POPj	0.499***	1.803***	0.465***	1.588***	0.505***	1.293*	0.440***	1.499*	0.452***	1.328*
l_Mij			0.0168	0.102	0.0173	0.097	0.0291	0.103	0.0065	0.1
l_Mji			0.0219	0.159	0.0047	0.13	0.0282	0.148	0.0106	0.129
l_DIST	-0.303***	-0.970***	-0.283***	-0.851***	-0.290***	-0.600***	-0.279***	-0.640***	-0.314***	-0.592***
l_WoEspTij					0.00226	-0.163			0.00982	0.0204
l_WdEspTij					-0.0262	-0.204			-0.183***	-0.295
l_WoRedTij							0.0212	-0.216	-0.0024	-0.185
l_WdRedTij							0.0134	-0.223	0.190***	0.0729
Constante	-2.237***	-38.23***	-1.589**	-34.45***	-1.935**	-22.05***	-1.236	-27.14***	-2.154**	-22.63***
R ²	0.245	0.827	0.246	0.829	0.245	0.831	0.249	0.829	0.25	0.833
AIC	0.126	-1.346	0.127	-1.351	0.132	-1.363	0.127	-1.35	0.128	-1.373
BIC	0.135	-1.33	0.144	-1.327	0.155	-1.332	0.15	-1.319	0.158	-1.335

Fonte: Elaboração própria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. IV representa as estimações feitas por variáveis instrumentais e FEVD as estimações por Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos

Tabela 5. Resultados dos Modelos Estimados Considerando a População e o PIB per capita como Centro do Fluxo de Atração.

Variáveis	Simple- IV	Simple- FEVD	Ampliado- IV	Ampliado- FEVD	Com efeitos espaciais-IV	Com efeitos espaciais- FEVD	Com efeitos de rede-IV	Com efeitos de rede- FEVD	Completo- IV	Completo- FEVD
l_POPI	0.479***	1.589***	0.424***	1.489***	0.457***	1.316**	0.395***	1.476**	0.492***	1.336*
l_POPj	0.480***	1.586***	0.425***	1.482***	0.483***	1.330**	0.405***	1.485*	0.431***	1.356*
l_PIBpci	0.171***	0.916***	0.191***	0.868***	0.228***	0.750**	0.162**	0.865***	0.257***	0.693**
l_PIBpcj	0.158**	0.910***	0.180***	0.862***	0.228***	0.736**	0.160**	0.858***	0.159**	0.668**
l_Mij			0.0282	0.0687	0.0184	0.0734	0.0381	0.0735	0.0162	0.0785
l_Mji			0.0324	0.0762	0.0108	0.0677	0.0378	0.0708	0.0079	0.0717
l_DIST	-0.288***	-0.834***	-0.256***	-0.775***	-0.266***	-0.567**	-0.256***	-0.577**	-0.295***	-0.585***
l_WoEspTij					-0.0118	-0.226			-0.0045	-0.0764
l_WdEspTij					-0.04**	-0.274			-0.213***	-0.405
l_WoRedTij							0.0211	-0.258	-0.001	-0.127
l_WdRedTij							0.0128	-0.273	0.213***	0.144
Constante	-2.507***	-36.69***	-1.528**	-34.67***	-2.250***	-24.60***	-1.19	-28.99***	-2.450***	-25.36***
R ²	0.252	0.833	0.254	0.834	0.254	0.834	0.255	0.834	0.258	0.836
AIC	0.12	-1.379	0.119	-1.378	0.123	-1.38	0.121	-1.375	0.12	-1.387
BIC	0.137	-1.355	0.143	-1.347	0.154	-1.342	0.152	-1.338	0.158	-1.342

Fonte: Elaboração própria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. IV representa as estimações feitas por variáveis instrumentais e FEVD as estimações por Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos.

Para o caso da variável PIB (Tabela 5) per capita (PIBpc), cujo coeficiente em todos os modelos apresentou sinal positivo, tanto de origem quanto destino (i e j), pode ser destacado o fato de a variável compreender um aspecto importante do mercado: a produtividade. Se a variável POP é responsável por captar o tamanho das cidades nos modelos, a variável PIBpc (i e j) pode trazer indícios de que a produtividade da região é tão importante quanto o seu tamanho para influenciar o fluxo de pessoas que saem e entram em uma dada região. A outra questão é em relação à atração de trabalhadores, que tendo conhecimento da renda das regiões tendem a migrar para as regiões mais produtivas. Tal resultado pode, por exemplo, ser associado ao longo fluxo de trabalhadores para a região de São Paulo, atraídos pela alta produção de um enorme número de trabalhadores que saiu do nordeste do Brasil em direção a este estado.

A variável distância, que reflete outro aspecto relevante das forças de atração sob a ótica da Lei da Gravidade, teve o sinal de seu coeficiente negativo, mostrando que uma maior distância implica em uma menor força de atração; o fluxo de passageiros diminui à medida que aumenta a distância entre os municípios. Esse resultado foi mantido mesmo quando o beta da variável distância (em logaritmo) foi elevado ao quadrado. Tal resultado mostra que, assim como a população e o PIB, a distância é elemento chave na análise de fluxo de passageiros. Tal relação da distância nos modelos pode ser percebida em estudos em outros países como em De La Mata *et al.* (2009) para a Espanha. No Brasil, ainda perduram elevadas tarifas por parte das companhias aéreas, fazendo com que quanto maior a distância percorrida, maior o repasse de custos ao consumidor.

Sobre variáveis que buscam inserir no modelo aspectos em um contexto diferente da relação tamanho e distância dos municípios, os coeficientes das variáveis m_{ij} e m_{ji} que abrangem, respectivamente, o efeito de "Atração da Terra Natal" (ATN) e o efeito "Atração da Terra Acolhedora" (ATA) não se mostraram significativos nos modelos (Anexos 2, 3, 4 e 5), mas mesmo assim os sinais de seus coeficientes não foram adversos ao esperado teoricamente. Um ponto importante a ser ressaltado em relação a estes resultados é a questão de atratividade não ser compreendida pelas variáveis ATN e ATA, como proposto pelo modelo, já que a RAIS MIGRA denota apenas o fluxo de trabalhadores ativos formais, i.e., representa apenas a migração de trabalhadores que foram empregados formalmente antes e depois da migração. Indivíduos desempregados ou que mantinham trabalho informal (em t-1) e mudaram de cidade para um trabalho formal ou informal também não constam do banco de dados, da mesma forma que indivíduos empregados no setor formal (em t-1) que mudaram de cidade no período seguinte e não foram empregados no setor formal, também não estão

inclusos nos dados. Para incluir estes indivíduos seria necessário uma reespecificação da variável, usando outro conjunto de dados que abrangesse o setor informal de trabalho. Infelizmente não existe para o Brasil um banco de dados com tamanha abrangência.

Para identificar o papel das variáveis (m_{ij} e m_{ji}) nos modelos, os coeficientes foram reestimados de forma a incluir separadamente os efeitos de ATN e ATA. Na tabela 6 estão os modelos estimados apenas com m_{ij} e m_{ji} separadamente (marcados pela tarja ciza), para facilitar a visualização apenas os resultados mais relevantes estimados pelo método de FEVD foram mantidos (resultados completos vide anexo 8). A maioria das especificações em que m_{ij} e m_{ji} foram estimados separadamente, os betas das variáveis foram significativos. Tal resultado mostra que os efeitos ATN e ATA são realmente relevantes para explicar o fluxo de passageiros, tendo eles também papel decisivo no incremento de passageiros.

Tabela 6. Efeitos ATN e ATA calculados separadamente.

Variáveis	Modelos Com PIB		Modelos Com POP	
1_PIBi	0.929***	0.926***		
1_PIBj	0.906***	0.924***		
1_POPI			1.358**	1.288**
1_POPIj			1.294**	1.394**
1_Mij		0.170**		0.202**
1_Mji	0.188**		0.223**	
1_DIST	-0.388**	-0.394**	-0.501**	-0.512**
1_WoEspTij	-0.0868	-0.0853	0.00211	-0.0242
1_WdEspTij	-0.353*	-0.355*	-0.339	-0.307
1_WoRedTij	-0.123	-0.131	-0.211	-0.172
1_WdRedTij	0.0950	0.103	0.0812	0.0357
Constante	-14.76***	-14.88***	-21.88***	-22.14***
R ²	0.835	0.835	0.833	0.833
AIC	-1.382	-1.382	-1.373	-1.373
BIC	-1.344	-1.344	-1.335	-1.335

Fonte: Elaboração própria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. Todas as estimações foram feitas pelo método FEVD (Decomposição Vetorial de Efeitos Fixos).

Os resultados permitem mostrar que a alta correlação das variáveis m_{ij} e m_{ji} prejudica a identificação de seus impactos em conjunto, mas que separadamente os efeitos ATN e ATA são realmente relevantes nos modelos, apesar de não ser possível identificar qual é mais relevante, como pode ser visto na tabela 6. Assim, tanto os resultados de “atração da terra natal” quanto de “atração da terra acolhedora” tem peso relevante no fluxo de passageiros.

Em relação às variáveis que levam em conta a correlação espacial no modelo, e às variáveis defasadas espacialmente ($W_O^{ESP}Tij$, $W_D^{ESP}Tij$, $W_O^{RED}Tij$, e $W_D^{RED}Tij$), apenas nos modelos com PIB e distância como as variáveis de centro de fluxo, foram mais relevantes. Quando estimadas em conjunto apenas uma ou duas destas variáveis foram consideradas relevantes, em geral os coeficientes das variáveis $W_D^{RED}Tij$ e $W_D^{ESP}Tij$ foram os mais significativos nos modelos. Este resultado pode ser associado à alta correlação entre estas variáveis, que podem ter reduzido o impacto de seus resultados nos modelos. Apesar da baixa significância dos betas das variáveis, houve estabilidade dos resultados encontrados, como pode ser comparado entre as Tabelas 3, 4 e 5, em que a substituição das variáveis de centro não alterou o sinal do coeficiente das demais variáveis.

Para o caso da variável $W_O^{ESP}Tij$, seu coeficiente foi significativo estatisticamente apenas nos modelos com PIB (Tabelas 3), cujo sinal negativo, que também permaneceu nos demais modelos, mostra que ao contrário do esperado, o fluxo de passageiros nos vizinhos das regiões de origem tem impacto negativo no fluxo do município de origem. Tal situação indica que os municípios vizinhos são concorrentes no setor aéreo, i.e., quando um município tem grande parte do transporte aéreo de uma dada região, ele tende a concentrar este fluxo para si, retirando passageiros dos terminais vizinhos. Esta situação pode ser associada também a ganhos de escala e à redução de custos. Assim, se um município concentra grande parte do transporte em uma dada região, é provável que existam ganhos de escala, e as empresas aéreas tenham preferências por concentrar o transporte neste local para reduzir seus custos.

Assim como o coeficiente da variável $W_O^{ESP}Tij$, o coeficiente de $W_D^{ESP}Tij$ também mostrou resultado contrário ao esperado teoricamente. Mesmo o beta da variável sendo significativo do ponto de vista estatístico, apenas quando associada ao PIB (Tabela 3), em todos os modelos seu sinal foi negativo (Tabelas 3, 4 e 5). Desta forma, municípios de origem também são concorrentes por fluxo no setor aéreo, mostrando uma forte tendência do setor em concentrar fluxos. As mesmas hipóteses sugeridas para o caso da variável $W_O^{ESP}Tij$ podem ser colocadas aqui, pois, tendo a empresa aérea interesse em reduzir custos, é provável que ela concentre seus voos nos principais centros de fluxo aéreo, gerando assim ganhos de escala. Os resultados dos coeficientes de ambas as variáveis podem ser cruzados com os modelos gravitacionais para fluxos aéreos apresentados no terceiro capítulo, que mostram que é comum a concentração de rotas nas principais metrópoles, e a partir destes aeroportos são criadas as conexões para cidades menores ou para voos internacionais.

Associando os resultados obtidos por meio dos betas das variáveis $W_O^{ESP}Tij$ e $W_D^{ESP}Tij$ com a realidade enfrentada pelos municípios próximos à capital, é possível chegar à

seguinte conclusão: se os moradores de São José dos Campos (SP) decidem ir ao Rio de Janeiro, eles provavelmente optaram pelo principal aeroporto da região que fica na capital São Paulo. Da mesma forma, se os moradores do Rio de Janeiro decidem ir a São José dos Campos, eles provavelmente optaram por pousarem na capital e de lá pegarem um ônibus para concluir a rota. Os principais motivos que levam a este resultado são os ganhos de escala relacionados aos voos, i.e., existem poucos passageiros de São José dos Campos interessados em ir ao Rio de Janeiro, mas existem muitos de São Paulo que tem o mesmo interesse. Dessa forma, é possível alocar maiores aviões que permitam ganhos de escala. Além disso, o aeroporto de São José dos Campos provavelmente não tem a infraestrutura do aeroporto da capital, não sendo, com isso, capaz de atender a grandes aeronaves.

De forma mais ampla, se for somado todo o fluxo de passageiros do país, grande parte deste fluxo tem como destino São Paulo, como visto na seção 2.1, mas é pouco provável que este seja o destino final para parte considerável destes passageiros, sabendo dos ganhos de escala que as empresas podem obter se concentrarem seus voos em determinados locais e criarem escalas. Apesar de São Paulo apresentar este alto fluxo, isto reflete, na verdade, a tentativa das empresas em concentrar suas rotas em único ponto e gerar escalas a partir do mesmo. Assim, pode haver poucos passageiros de São José dos Campos que tenham interesse em ir ao Rio de Janeiro de avião, mas juntando todo o fluxo da região sul do país das cidades em torno da capital e da própria capital em um único aeroporto, o resultado é um fluxo grande o suficiente para gerar ganhos de escala no setor aéreo.

Da mesma forma que os coeficientes das variáveis $W_O^{ESP}Tij$ e $W_D^{ESP}Tij$, o coeficiente da variável $W_O^{RED}Tij$ (Fluxo de passageiros nas regiões de origem consideradas “vizinhos sociais”) mostrou sinal negativo e foi pouco significativo na maioria dos modelos (Tabelas 3, 4 e 5, anexo 5). Mas, mesmo com a pouca significância do coeficiente da variável em alguns modelos, é revelado que quanto maior o fluxo de passageiros entre duas cidades, vizinhas sociais, menor é o fluxo total de passageiros nesta cidade de origem. Isso permite levantar a hipótese de que já existe um fluxo relativo entre cidades vizinhas. A variável ($W_O^{RED}Tij$) permite identificar uma característica de concentração do setor aéreo ainda mais relevante do que as variáveis $W_O^{ESP}Tij$ e $W_D^{ESP}Tij$. Pois, a suposição é de que se os passageiros e as empresas aproveitam o fluxo aéreo que já existe entre estas cidades para criar conexões com outras cidades, apenas uma destas cidades será a rota principal de saída e de entrada, pois havendo divisão do fluxo de passageiros, dividiram-se também os ganhos de escala associados à junção de um grande número de passageiros.

Tendo à necessidade de melhor identificar os efeitos de correlação espacial dentro do modelo, foram feitas estimações com as defasagens de Rede e Espacial sem considerar a relação origem /destino. A tabela 6 mostra os principais resultados obtidos sem considerar a relação origem/destino (apenas os resultados mais relevantes foram mantidos, resultados completos vide Anexo 7). Os resultados mostraram relativa proximidade com os resultados estimados anteriormente, quanto ao sinal das variáveis, mas houve maior significância dos resultados principalmente para o modelo estimado sem controle para efeitos fixos.

Para testar se realmente existe uma tendência de centralização do fluxo de passageiros no país pelo setor aéreo, foi incluída nos modelos uma *dummy* para identificar separadamente o efeito centralizador dos voos no país em cidades mais relevantes (*dumfluxo*). Os resultados com a inclusão da *dummy* de centralização do fluxo aéreo são apresentados nas tabelas 7 (sem diferenciar a relação origem destino nas matrizes espacial e de rede) e 8 (considerando cada efeito - espacial e de rede para origem e destino - dentro do modelo), apenas os resultados mais relevantes foram mantidos para resultados completos vide anexos 6 e 7.

Os resultados mostram que há um relativo impacto entre cidades vizinhas no fluxo de passageiros, como mostrado pelos modelos anteriores, e que em geral este impacto é negativo, levando a crer que há uma concentração do setor aéreo em aeroportos em que existe uma maior densidade populacional ou produtiva. Ou seja, as empresas aéreas, pelos resultados obtidos mostram-se relativamente propensas a concentrar seus voos nas principais rotas aéreas.

O resultado foi corroborado pela variável *dumfluxo*, ou seja, realmente há um perfil centralizador do fluxo de passageiros aéreos no país. Se somadas as variáveis de centro do fluxo gravitacional (PIB e POP) fica ainda mais evidente essa relação de centralização do setor aéreo do país. Não só as cidades com maior população ou produção são concentradoras dos voos aéreos como são entre elas que a maioria do fluxo de passageiros se direciona, mas esta relação só pode ser realmente identificada pelas variáveis defasadas que mostram que as cidades centralizadoras de fluxo aéreo “roubam” passageiros das suas cidades vizinhas, como verificado pelo sinal negativo das variáveis defasadas espacialmente ou por rede.

Tabela 7. Estimacões sem a consideracão origem destino.

Variáveis	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.255***	1.012***				
l_PIBj	0.251***	0.987***				
l_POPI			0.335***	1.392*	0.295***	1.386*
l_POPj			0.346***	1.520***	0.308***	1.449***
l_PIBpci					0.203***	0.800***
l_PIBpcj					0.194***	0.741***
l_mij	0.0496	0.109	0.0347	0.156	0.0420	0.103
l_mji	0.0293	0.0790	0.000310	0.0823	0.0115	0.0411
<i>dumfluxo</i>	1.039***	0.131	1.008***	-0.357	1.017***	-0.268
l_DIST	-0.471***	-0.496**	-0.520***	-0.628***	-0.498***	-0.618***
l_WredTij	-0.0798**	-0.0635	-0.0861**	-0.0688	-0.0707*	0.00307
l_WespTij	0.0966***	-0.138	0.116***	-0.0667	0.0985***	-0.188
Constante	2.566***	-20.02***	1.529*	-28.87***	1.525*	-30.46***
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.348	0.834	0.342	0.831	0.351	0.835
AIC	-0.0132	-1.378	-0.00418	-1.362	-0.0147	-1.382
BIC	0.0140	-1.344	0.0230	-1.327	0.0196	-1.340

Fonte: Elaboracão pr3pria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. IV representa as estimacões feitas por variáveis instrumentas e FEVD as estimacões por Decomposicão Vetorial de Efeitos Fixos.

Tabela 8. Estimacões completas com *dummy* de centralizacão de fluxo.

Variáveis	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.256***	0.921***				
l_PIBj	0.226***	0.908***				
l_POPI			0.330***	1.315*	0.312***	1.336*
l_POPj			0.299***	1.328*	0.275***	1.356*
l_PIBpci					0.215***	0.693**
l_PIBpcj					0.159**	0.668**
l_mij	0.0538	0.0834	0.0362	0.100	0.0421	0.0785
l_mji	0.0331	0.111	0.0151	0.129	0.0171	0.0717
<i>dumfluxo</i>	1.035***	0.108	1.014***	-0.296	1.008***	-0.332
l_DIST	-0.469***	-0.394**	-0.515***	-0.516**	-0.496***	-0.499**
l_WoEspTij	0.117***	-0.0922	0.136***	-0.0216	0.124***	-0.121
l_WdEspTij	-0.0193	-0.358*	-0.00478	-0.342	-0.0329	-0.456
l_WoRedTij	-0.0992**	-0.0980	-0.106**	-0.137	-0.105**	-0.0764
l_WdRedTij	0.0353	0.126	0.0307	0.123	0.0554	0.199
Constante	2.716***	-15.18***	1.864**	-22.75***	1.610*	-25.48***
R ²	0.347	0.835	0.343	0.833	0.350	0.836
AIC	-0.00978	-1.381	-0.00308	-1.372	-0.0104	-1.386
BIC	0.0245	-1.340	0.0312	-1.330	0.0311	-1.337

Fonte: Elaboracão pr3pria

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Resultados completos em Anexo. IV representa as estimacões feitas por variáveis instrumentas e FEVD as estimacões por Decomposicão Vetorial de Efeitos Fixos.

O principal problema dos trabalhos anteriores que podem ser apontados com estes resultados é que a demanda por passageiros não é determinada apenas pela vontade do passageiro, mas pelo interesse da empresa e pelos ganhos de escala. Desta forma, usando o exemplo de São José do Rio Preto (SP) - Rio de Janeiro, é provável que o custo do transporte aéreo direto entre estes locais seja mais caro que o custo de transporte de uma ponte aérea São José do Rio Preto (SP) – São Paulo - Rio de Janeiro . Se já existe então um fluxo comum entre Rio de Janeiro e São Paulo e entre São Paulo e São José do Rio Preto, é muito mais vantajoso para as empresas – e menos custoso aos passageiros – fazerem a rota São José do Rio Preto-São Paulo-Rio de Janeiro. Não considerar os ganhos relativos ao transporte para os passageiros e para as empresas aéreas, analisando a questão da demanda unicamente pelas escolhas do consumidor, parece limitar a análise.

O resultado positivo para o coeficiente da variável $W_D^{ESP}Tij$ em vários modelos diferentes das variáveis das demais variáveis defasadas, pode revelar algo adicional aos resultados. Seu sinal foi positivo e significativo ao contrário dos demais coeficientes das defasagens que permaneceram com o sinal negativo e não foram considerados significativos em alguns modelos. Este resultado é capaz de revelar que o efeito rede social pode incrementar o fluxo de passageiros para o destino, i.e., a existência de um fluxo de transporte entre duas cidades é mais relevante para os destinos, ou principais destinos. Estes resultados convergem para a questão da terra acolhedora ser mais atraente que a terra de origem, o que acaba levando a incremento ainda maior de passageiros para estas regiões.

Em relação ao modelo que melhor trouxe ganhos explicativos quanto à dependência espacial e a relação gravitacional de fluxo de passageiros, o modelo completo estimado por Variáveis Instrumentais (VI), apenas com o PIB dos municípios (Tabela 3, modelo completo com PIBi e PIBj) como centro do fluxo de atratividade e sem controle para efeitos fixos, foi o mais consistente com os modelos teóricos e em função das variáveis do centro de gravidade e as variáveis defasadas espacialmente. Primeiro pelo fato de que todos os modelos com o PIB tiveram ao menos um dos coeficientes das variáveis espacialmente defasadas significativo, segundo pelo fato dos betas das variáveis PIBi e PIBj terem se mantido com poucas variações e muito significativos em todas as estimações testadas. Diferentemente do que ocorreu com os betas das variáveis população e PIBipc PIBjpc (Tabela 5) que perderam significância dos seus coeficientes a medida em que se incorporavam novas variáveis ao modelo ou tiveram brusca mudança nos valores de seus coeficientes, mesmo quando as variáveis incorporadas tinham seus betas estatisticamente não significativos em 10%. O modelo apresentado abaixo mostra

os resultados do modelo da tabela 3 para o modelo completo (apenas com os coeficientes das variáveis significativos pelo menos em 10%).

$$l_{Tij} = 0.375 * l_{PIBi} + 0.316 * l_{PIBj} - 0.224 * l_{DIST} - 0.199 * l_{WdEspTij} + 0.196 * l_{WdRedTij} + \epsilon_{ij}$$

Como anteriormente destacado, os betas das variáveis PIB para origem e destino foram bastante representativos nos resultados, sendo eles os centros mais relevantes de gravidade (Tabela 3). Estas variáveis envolvem um aspecto relevante das cidades: seu tamanho e sua produção. Assim, o PIB é muito mais representativo como centro gravitacional em um modelo de fluxo de pessoas que a variável população, sendo necessário muitas vezes a inclusão da variável PIBpc para que os resultados estimados com a população sejam mais consistentes.

Neste modelo, os coeficientes das variáveis defasadas espacialmente ou por rede, mostraram dependência espacial e de rede no fluxo de passageiros, i.e., tanto vizinhos espaciais quanto sociais são influentes na demanda por transporte aéreo. Por um lado, um perfil já esperado em alguns resultados da literatura de concentração do fluxo de transporte entre cidades próximas representada pela variável $l_{WdEspTij}$. Por outro lado, o efeito de aumento do fluxo de passageiros das cidades que tenham proximidade social, i.e., quanto mais migrantes entre as cidades, maiores os fluxos de passageiros entre as mesmas, o que já era esperado pelo modelo exposto na metodologia.

Quanto ao resultado para variável distância, seu beta negativo mostra que, mesmo para o fluxo de passageiros aéreos, o espaço que os separa é um empecilho para o crescimento do fluxo entre os mesmos. As principais conclusões para isto podem ser associadas aos resultados das variáveis de rede, pois quanto maior a distância entre as cidades, menor é o interesse de migrar dos indivíduos, e também maior é o custo desta locomoção.

Desta forma, podem-se entender como relevantes o PIB para o crescimento do fluxo de transporte de passageiros, bem como a alta relação social entre dois municípios. A distância entre as cidades ou a vizinhança com cidades com fluxos de passageiros maiores é um empecilho ao crescimento local do fluxo de passageiros.

Os resultados aqui, no entanto, se limitam a um número pequeno de cidades. Além disso, foi verificado um forte papel das principais capitais na demanda de transporte, o que pode ter influenciado os resultados encontrados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou analisar os principais determinantes da demanda por transporte aéreo no Brasil por meio de um modelo gravitacional ampliado, procurando evitar uma série de vieses na sua estimação. As principais contribuições deste trabalho são a de analisar o setor aéreo por meio de um modelo gravitacional com controles espaciais e de rede em um painel de dados, permitindo o controle para efeitos não observados, o que não havia sido feito pela literatura econômica no Brasil, até onde se tem conhecimento.

Os resultados mostraram pouca dependência espacial e de rede, visto que tantos os coeficientes das defasagens espaciais e das defasagens de rede foram pouco significativos estaticamente nos modelos estimados. No entanto, não se deve descartar a existência de dependência espacial e a de rede. Além disso, os resultados das variáveis foram estáveis entre os modelos, sendo que em todos os modelos, ao menos uma das variáveis defasadas foi significativa.

Mesmo considerando a baixa dependência espacial nos modelos, houve estabilidade dos resultados quase sempre com sinal negativo para os coeficientes das defasagens, revelando um perfil de concentração do setor de transporte aéreo. Isso já havia sido anunciado na literatura e que deve ser analisado conjuntamente com o crescimento do fluxo global de transporte aéreo.

Apesar dos resultados terem sido diferentes do esperado, não foge do que já foi mostrado na literatura quanto à tendência de concentração em rotas metropolitanas de transporte (SANTOS, 2004). Dessa forma, identifica-se uma clara dependência das rotas de transporte aéreo do Brasil aos principais centros metropolitanos, Rio de Janeiro e São Paulo, que concentram grande parte do fluxo de passageiros no país, caracterizando um perfil centralizador da oferta de transporte.

Sobre estes resultados, mesmo sendo esperado um crescimento do fluxo de transporte no Brasil nos próximos anos, como houve em recente período, é pouco provável que este crescimento seja amplamente percebido em todos os aeroportos. Regiões metropolitanas permaneceram como grande centro das rotas sendo que provavelmente os aeroportos destas regiões foram os que mais aumentaram os fluxos de transporte, principalmente pelas rotas de transporte internacional limitarem-se quase que exclusivamente a estes aeroportos. Assim, é provável que os maiores incrementos na oferta de transporte sejam mais distribuídos nos grandes e médios centros urbanos, que terão uma escala de crescimento no fluxo de

passageiros maiores que nos demais municípios do país. Dessa forma, sugere-se uma política pública com o intuito de espraiamento, refletindo a ideia de desenvolvimento regional com sustentabilidade para todas as regiões do país servidas pela malha de transportes aérea.

Em relação ao modelo gravitacional, sua especificação revelou-se adequada nas estimações, mostrando que tanto o tamanho dos municípios quanto a distância que os separa são variáveis relevantes para explicar o fluxo de passageiros entre os mesmos. O que mostra que a “massa” do município, o PIB ou a população, são os principais determinantes para o incremento de passageiros em rotas aéreas, bem como a distância se mostra uma restrição relevante para este incremento. Além disso, as variáveis que abarcam a correlação espacial no modelo, ainda que menos significativas, são em vários pontos relevantes para explicar o fluxo de passageiros.

Quanto às limitações deste trabalho, a existência de correlação entre variáveis relevantes ao modelo tem a capacidade de prejudicar em vários momentos os resultados globais. Outro fator relevante é o enorme fluxo das principais cidades do país, que servem de conexão entre vários municípios. Como não é possível separar rotas origem/destino e considerar a questão das conexões aéreas, estas também podem ter prejudicado os resultados ao superestimar os fluxos das principais cidades.

Para trabalhos futuros sugere-se a estimação do fluxo de passageiros global que inclua tanto os fluxos rodoviários quanto os aéreos, se possível cruzando com as principais rotas de fluxos comerciais que também podem ser relevantes e/ou correlacionadas com o fluxo de passageiros. Além disso, a questão do custo de transporte, seja dos passageiros ou das empresas de transporte, também deve ser incluída nos modelos, pois somente a distância pode não ser suficiente para abranger a restrição do fluxo entre municípios.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. C. de. Desenvolvimento de uma metodologia de distribuição de viagens com aplicação da lógica *fuzzy*. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1999. Publicação TU.DM-08A/99.
- AITKEN, N. The effect of the ECC and EFTA on European trade: a temporal cross-section analysis. **The American Economic Review**, v. 63, p. 881-892, 1973.
- ALMEIDA, E. S. Econometria Espacial Aplicada. **Curso de Mestrado em Economia Aplicada**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011. Mimeografado.
- ALVES *et al.* Demanda por ticket aéreo na economia brasileira: uma análise de co-integração. **Journal of Transport Literature**. América do Norte, fev. 2011.
- ANDERSON, J. E.; VAN WINCOOP, E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle, **American Economic Review**, v. 93, n. 1, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Revisão da Planilha Tarifária de que trata o Título IV da Resolução nº 18, de 23/5/2002**. Brasília, 2006. (Nota Técnica, n. 34).
- AZEVEDO, A. F. Z. O Efeito do Mercosul sobre o Comércio: uma análise com o Modelo Gravitacional. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 34, n. 2, p. 307-339, 2004.
- BAIER L. S.; BERGSTRAND H. J. Do Free Trade Agreements increase Member's International Trade? **Journal of International Economics**, v. 71, p. 72-95, 2007.
- BETTINI, H. F. A. J. Um Retrato da Aviação Regional no Brasil. Núcleo de Estudos de Competição e Regulação do Transporte Aéreo. São José dos Campos: Nectar, 2007. Documento n. 018/2006.
- BOOZ ALLEN HAMILTON. The economic impact of an open aviation area between the EU and the US. Directorate General Energy and Transport/European Commission, 2007.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT)**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/PNLT/CD_RE/Index.htm>. Acesso em: mar. 2011.
- BUTTON, K.; TAYLOR, S. Y. International air transportation and economic development. **Journal of air transport management**, v. 6, p. 209-222, 2000.
- CASTRO, N. Custos de transporte e a estrutura espacial do comércio interestadual brasileiro. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 29, n. 3, 1999.
- CLARK, T.; PUGH, D. S. Foreign country priorities in the internationalization process: a measure and an exploratory test on British firms. **International Business Review**, v. 10, n. 3, p. 285-303, 2001.
- CLOUGHERTY, J.; DRESNER, M.; OUM, T. An empirical analysis of Canadian international air policy: effects of dual carrier designation and partial liberalization. **Transport policy**, v. 8, n. 3, p. 219-230, 2001.

COMBES, P.-P.; LAFOURCADE, M.; MAYER, T. The Trade-Creating Effects of Business and Social Networks: Evidence from France. **Journal Of International Economics**, v. 66, n. 1, p. 1-29, 2005.

CONDÉ, M. Estudo e Previsão da Demanda Aeroportuária para a Cidade do Rio de Janeiro. **Journal of Transport Literature**, vol.5, No.1, 2011.

COSTA, J. O.; SANTOS, L. S.; YAMASHITA, Y. Vocação Turística das Cidades Brasileiras: Análise de Modelos de Previsão de Demanda do Transporte Aéreo. In: SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO (SITRAER), 7. Anais... Rio de Janeiro: SITRAER, p. 209-219, 2008.

CUNHA, A. D. Fatores de Indu o de Demanda por Transporte Aéreo Público no Brasil: Os efeitos do PIB, Adensamentos Populacionais e Perfil do Usuário. Brasília: UnB, 2009.

CURRY, L. A. Spatial Analysis of Gravity Flows. **Regional Studies**, v. 6, n. 2, p. 137-147, 1972.

DE LA MATA, T.; LESAGE, J. P.; LLANO, C. Social networks and trade of services: modeling interregional tourism flows with spatial and network autocorrelation effects. In: World Conference of Spatial Econometrics, 3., 2009, Barcelona Papers. Barcelona: AQR-IREA, 2009.

DEMANT, M. A. R. Infraestrutura Aeroportuária e o Desenvolvimento do Tr fego A reo Regional no Brasil. **RELIT**, v. 5, n. 1, p. 124-160, 2011.

DOOVE, S. *et al.* Price effects of regulation: international air passenger transport, telecommunications and electricity supply. Melbourne: Productivity Commission, 2001. (Australia. Productivity Commission).

DRESNER, M.; TRETHERWAY, M. Modelling and testing the effect of market structure on price: the case of international air transport. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 26, p. 171-84, 1992.

FRANKEL, J. Regional trading blocs in the world economic system. Washington, D.C.: Institute for International Economics, 1997.

FRANKEL, J.; STEIN, E.; WEI, S. Trade blocs and currency blocs. In: DE LA DEHEZA, G. *et al* (Ed.). The monetary future of Europe. London: Centre for Economic Policy Research, p. 161, 1993.

FRANKEL, J.; STEIN, E.; WEI, S. Trading blocs and the Americas: the natural, the unnatural and the supernatural. **Journal of Development Economics**, v. 47, n. 1, p. 61-95, 1995.

GELOSO GROSSO, M. Liberalising air transport services in APEC. Working Paper. Groupe d'Economie Mondiale, 2008.

GONÇALVES, M. B.; BEZ, E. T.; NOVAES, A. G. Modelos econom tricos aplicados   previsão de demanda por transporte interestadual de passageiros de ônibus no Brasil. **Transportes**, v. XV, n. 1, p. 24-33, jun. 2007.

GONENC, R.; NICOLETTI, G. Regulation, Market Structure and Performance in Air Passenger Transportation. **OECD Publishing**, 2000. (OECD Economics Department Working Paper, n. 254).

GRIFFITH, D. A.; KELVYN G. J. Explorations into the Relationship Between Spatial Structure and Spatial Interaction. **Environment and Planning A**, v. 12, p. 187-201, 1980.

GRIFFITH, D. A. Spatial Structure and Spatial Interaction: 25 Years Later. **The Review of Regional Studies**, v. 37, n. 1, p. 28-38, 2007.

GROSCHKE, T. *et al.* Gravity Models for Airline Passenger Volume Estimation. **Journal of Air Transport Management**, v. 13, n. 4, p.175-183, 2007.

HERMETO, T. Como as companhias aéreas decidem o tamanho das aeronaves no mercado brasileiro? Estudo das determinantes e projeções para a próxima década. **Journal of Transport Literature**, América do Norte, fev. 2012.

HOLLOWAY, S. Straight and Level: Practical Airline Economics. 2. ed. **Ashgate Publishing Group**, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil. 2010. (Comunicados do Ipea, 54; Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro). Disponível em <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100531_comunicadodoipea_54.pdf>. Acesso em mar 2011.

KAHN, A. Airline deregulation. In: HENDERSON, D. R. The concise encyclopedia of economics. Indianapolis: Liberty Fund., 2002.

KANAFANI, A. K. Transportation Demand Analysis. Berkeley, USA: University of California; McGraw-Hill Book Company, 1983.

LEE, G.; MORRISON, A. M.; O'LEARY, J. T. The economic value portfolio matrix: A target market selection tool for destination marketing organization. **Tourism Management**, v. 27, n. 4, p. 576-588, 2006.

LESAGE, J. P.; PACE, R. K. Spatial Econometric Modeling of Origin-Destination Flows. **Journal of Regional Science**, v. 48, n. 5, p. 941-967, 2008.

LINNEMANN, H. An econometric study of international trade flows. Amsterdam: North-Holland, 1966.

MAILLEBIAU, E.; HANSEM, M. Demand and consumer welfare impacts of international airline liberalization: the case of the North Atlantic. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 29, p. 115-136, 1995.

MANUELA JR, W. Airline liberalization effects on fare: The case of the Philippines. **Journal of Business Research**, v. 60, p. 161-167, 2007.

MATSUMOTO, H. International Air Network Structures and Air Traffic Density of World Cities. **Transportation Research**, Part E: Logistics and Transportation Review, v. 43, n. 3, p. 269-282, 2007.

MATSUMOTO, H. International Urban Systems and Air Passenger and Cargo Flows: Some Calculations. **Journal of Air Transport Management**, v. 10, p. 241-249, 2004.

McCALLUM, J. M. National Borders Matter: Canada-US: Regional Trade Patterns. **American Economic Review**, v. 85, n. 3, p. 615-623, jun. 1995.

MCKINSEY & GROUP COMPANY. Estudo do Setor de Transporte Aéreo no Brasil: Relatório Final, Visão e Objetivos para o Setor. Rio de Janeiro, 2010.

MICCO, A.; SEREBRISKY, T. Competition Regimes and Air Transport Costs: The Effects of Open Skies Agreements. **Journal of International Economics**, v. 20, p. 25-51, 2006.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Economia Brasileira em Perspectiva. Brasília: Edição Especial. Disponível em: < <http://www.fazenda.gov.br/portugues/docs/perspectiva-economia-brasileira/edicoes/Economia-Brasileira-Em-Perpectiva-Especial-10.pdf>> Acesso em 23 nov. 2011.

MONTORO FILHO, A. Aviação no Brasil: Estudo Econométrico da Demanda de Transporte Aéreo para Passageiros. **Revista Brasileira de Economia**, v. 25, n. 2, p. 39-74, 1971.

MORLEY, C. A dynamic international demand model. **Annals of Tourism Research**, v. 25, n. 1, p. 70-84, 1998.

OBSTFELD, M.; ROGOFF, K. The six major puzzles in international macroeconomics: is there a common cause? National Bureau of Economic Research, 2000. (Working Paper Series, n. 7777).

OLIVEIRA, A.V.M. Estudo dos Determinantes dos Preços das Companhias Aéreas no Mercado Doméstico. São José dos Campos: NECTAR, 2008.

PACIFIC ASIA TRAVEL ASSOCIATION (PATA). Tracking Asian outbound travel trends. **Travel Industry Monitor**, v. 63, p. 4-6, 1995.

PASSOS, L. G .N. *Liberalização dos serviços da aviação civil internacional no Brasil*. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PEARCE, D. G. Geografia do turismo: fluxos e regiões no mercado de viagens. São Paulo: Aleph, 2003.

PETROCCHI, M. Gestão de pólos turísticos. São Paulo: Futura, 2001.

PIANE, G.; KUME, H. Fluxos Bilaterais de Comércio e Blocos Regionais: Uma Aplicação do Modelo Gravitacional. Rio de Janeiro: Ipea, 2000. (Texto para Discussão, n. 749).

PIERMARTINI, R.; ROUSOVÁ, L. Liberalization of Air Transport Services and Passenger Traffic. WTO, 2008. (Staff Working Paper ERSD-2008-06).

PLÜMPER, T.; TROEGER, V. Efficient estimation of time-invariant and rarely changing variables in finite sample panel analyses with unit fixed effects. **Political Analysis**, v. 15, n. 2, p. 124-139, 2007.

PLÜMPER T.; TROEGER V. Fixed-Effects Vector Decomposition: Properties, Reliability, and Instruments. **Political Analysis**, v. 19, n. 2, p. 147-164, 2011.

- POLAK, J. Is APEC a natural regional trading bloc? A critique of the gravity model of international trade. **The World Economy**, v. 19, p. 533-543, 1996.
- POYHONEN, P. A tentative model for the volume of trade between countries. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 90, p. 93-99, 1963.
- QUANDT, R.; BAUMOL, W. The demand for abstract transport models: theory and measurement. **Journal of Regional Science**, v. 6, p. 13-26, 1966.
- RAUCH, J. Business and social networks in international trade. **Journal of Economic Literature**, v. 39, p. 1177-1203, 2001.
- REITVELD, P.; SCHIPPER, Y.; NUKAMP, P. Estimating welfare effects of European airline liberalization. In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORTATION. Amsterdam: Department of Spatial and Environmental Economics, Free University, 2002. (Research Paper, n. 1354).
- ROCHA, C. G. Ensaios sobre a Demanda do Transporte Aéreo Regional. **RELIT**, v. 4, n. 1, p. 114-133, 2011.
- SAMPAIO, B.; MELO, A.S. Determinantes da Eficiência das Companhias Aéreas Brasileiras. **ANPET**, 2005.
- SANTOS SILVA, J. M. C.; TENREYRO, S. The log of gravity. **The Review of Economics and Statistics**, v. 88, n. 4, 2006.
- SANTOS, A. F. Demanda por Transporte Aéreo e seus Desdobramentos. **RELIT**, v. 2, n. 2, p. 94-113, 2008.
- SANTOS, G. E. O. Modelo gravitacional do turismo: proposta teórica e estudo empírico dos fluxos turísticos no Brasil. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- SEN, A.; SMITH, T. Gravity models of spatial interaction behaviour. Berlim: Springer, 1995.
- SHENKAR, O. Cultural distance revisited: Toward a more rigorous conceptualization and measurement of cultural differences. **Journal of International Business Studies**, v. 32, n. 3, p. 519-536, 2001.
- SIEN *et al.* Tourists intention to visit a country: The impact of cultural distance. **Tourism Management**, v.28, n.6, p. 1497-1506, 2007.
- TINBERGEN, J. Shaping the world economy: suggestions for an international economy policy. New York: Twentieth Century Fund, 1962.
- WAGNER, D.; HEAD, K.; RIES, J. Immigration and the Trade of Provinces. **Scottish Journal of Political Economy**, v. 49, n. 5, p. 507-25, 2002.
- WITT, S.; WITT, C. Forecasting tourism demand. A review of empirical research. **International Journal of Forecasting**, v. 11, n. 3, p. 447-475, 1995.
- WOOLDRIDGE, J. M. Introdução à Econometria: uma abordagem moderna. *São Paulo: Thomson-Pioneira*, 2005.

WORLD'S leading outbound markets. 2005. (International travel series; Travel and tourism: International). Disponível em <http://reports.mintel.com/sinatra/reports/index/letter=23&list=reports_index/display/id=144741&anchor=a144741>. Acesso em: mar. 2011.

WORLD TRAVEL & TOURISM COUNCIL (WTTC). The 2006 Travel and Tourism Economic Research. World Travel and Tourism Council; Accenture, 2006. Disponível em <http://www.wttc.org/site_media/uploads/downloads/chksar2003cn.pdf>. Acesso em: mar. 2011.

ANEXOS.

ANEXO 1. Modelo Gravitacional Simples

A. Com a variável l_DIST

VARIÁVEIS	MQO	FEVD	MQO	FEVD	MQO	FEVD
l_PIBi	0.383*** (0.0223)	1.172*** (0.1846)				
l_PIBj	0.381*** (0.0222)	1.172*** (0.1843)				
l_DIST	-0.229*** (0.0485)	-0.605*** (0.1987)	-0.303*** (0.0487)	-0.970*** (0.2435)	-0.288*** (0.0487)	-0.834*** (0.2372)
l_POPi			0.499*** (0.0276)	1.808*** (0.3681)	0.479*** (0.0290)	1.589*** (0.3651)
l_POPj			0.499*** (0.0276)	1.803*** (0.3682)	0.480*** (0.0290)	1.586*** (0.3652)
l_PIBipc					0.171*** (0.0657)	0.916*** (0.2359)
l_PIBjpc					0.158** (0.0654)	0.910*** (0.2361)
Constante	-0.809 (0.5958)	-26.28*** (2.6835)	-2.237*** (0.6347)	-38.23*** (3.9356)	-2.507*** (0.6368)	-36.69*** (3.8765)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.229	0.832	0.245	0.827	0.252	0.833
Hetero	8.31e-06		0		0	
AIC	0.147	-1.374	0.126	-1.346	0.120	-1.379
BIC	0.156	-1.358	0.135	-1.330	0.137	-1.355
autocorrel.	4.78e-08		7.81e-09		2.86e-08	
BrePag	0		0		0	
Hausman		0		0		0

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Com a variável da distância em log ao quadrado

VARIÁVEIS	MQO	FEVD	MQO	FEVD	MQO	FEVD
l_PIBi	0.383*** (0.0223)	1.172*** (0.1846)				
l_PIBj	0.381*** (0.0222)	1.172*** (0.1843)				
l_DIST2	-0.101*** (0.0218)	-0.270*** (0.0891)	-0.133*** (0.0218)	-0.431*** (0.1091)	-0.127*** (0.0218)	-0.372*** (0.1062)
l_POPi			0.498*** (0.0276)	1.808*** (0.3681)	0.478*** (0.0290)	1.589*** (0.3651)
l_POPj			0.498*** (0.0276)	1.803*** (0.3682)	0.479*** (0.0290)	1.586*** (0.3652)
l_PIBipc					0.172*** (0.0658)	0.916*** (0.2359)
l_PIBjpc					0.160** (0.0654)	0.910*** (0.2361)
Constante	-0.887 (0.5963)	-26.49*** (2.6871)	-2.329*** (0.6364)	-38.58*** (3.9517)	-2.597*** (0.6384)	-36.98*** (3.8930)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.229	0.832	0.245	0.827	0.251	0.833
Hetero	1.33e-05		0		8.58e-11	
AIC	0.148	-1.374	0.127	-1.346	0.121	-1.379
BIC	0.157	-1.358	0.136	-1.330	0.137	-1.355
autocorrel.	4.78e-08		7.81e-09		2.86e-08	
BrePag	0		0		0	
Hausman		0		0		0

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij}^2 + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 2. Modelo Gravitacional Ampliado

A. Com a variável l_DIST

VARIÁVEIS	MQO	FEVD	MQO	FEVD	MQO	FEVD
l_PIBi	0.314*** (0.0258)	1.084*** (0.1889)				
l_PIBj	0.312*** (0.0256)	1.081*** (0.1891)				
lm _{ij}	0.0586 (0.0412)	0.0761 (0.1503)	0.0168 (0.0429)	0.102 (0.1538)	0.0282 (0.0441)	0.0687 (0.1517)
lm _{ji}	0.0659 (0.0412)	0.112 (0.1638)	0.0219 (0.0429)	0.159 (0.1677)	0.0324 (0.0441)	0.0762 (0.1658)
l_DIST	-0.189*** (0.0486)	-0.551*** (0.2017)	-0.283*** (0.0504)	-0.851*** (0.2510)	-0.256*** (0.0507)	-0.775*** (0.2404)
l_POPi			0.466*** (0.0365)	1.614*** (0.3760)	0.424*** (0.0388)	1.489*** (0.3728)
l_POPj			0.465*** (0.0364)	1.588*** (0.3794)	0.425*** (0.0389)	1.482*** (0.3759)
l_PIBipc					0.191*** (0.0675)	0.868*** (0.2377)
l_PIBjpc					0.180*** (0.0672)	0.862*** (0.2377)
Constante	0.527 (0.6394)	-24.72*** (2.7755)	-1.589** (0.7756)	-34.45*** (4.1237)	-1.528** (0.7722)	-34.67*** (4.0636)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.244	0.833	0.246	0.829	0.254	0.834
Hetero	0		0		0	
AIC	0.130	-1.375	0.127	-1.351	0.119	-1.378
BIC	0.147	-1.351	0.144	-1.327	0.143	-1.347
autocorrel.	4.63e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0		0		0

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + lm_{ij} + lm_{ji} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Com a variável da distância em log ao quadrado

VARIÁVEIS	MQO	FEVD	MQO	FEVD	MQO	FEVD
l_PIBi	0.314*** (0.0258)	1.084*** (0.1889)				
l_PIBj	0.312*** (0.0257)	1.081*** (0.1891)				
lmij	0.0585 (0.0412)	0.0761 (0.1503)	0.0169 (0.0430)	0.102 (0.1538)	0.0283 (0.0442)	0.0687 (0.1517)
lmji	0.0658 (0.0412)	0.112 (0.1638)	0.0219 (0.0429)	0.159 (0.1677)	0.0325 (0.0441)	0.0762 (0.1658)
l_DIST2	-0.0829*** (0.0218)	-0.245*** (0.0905)	-0.124*** (0.0226)	-0.377*** (0.1125)	-0.113*** (0.0227)	-0.345*** (0.1077)
l_POPI			0.465*** (0.0366)	1.614*** (0.3760)	0.423*** (0.0389)	1.489*** (0.3728)
l_POPj			0.464*** (0.0365)	1.588*** (0.3794)	0.424*** (0.0389)	1.482*** (0.3759)
l_PIBipc					0.192*** (0.0675)	0.868*** (0.2377)
l_PIBjpc					0.181*** (0.0672)	0.862*** (0.2377)
Constante	0.461 (0.6410)	-24.91*** (2.7805)	-1.673** (0.7802)	-34.76*** (4.1423)	-1.603** (0.7767)	-34.94*** (4.0825)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.244	0.833	0.246	0.829	0.254	0.834
Hetero	0		0		0	
AIC	0.131	-1.375	0.128	-1.351	0.120	-1.378
BIC	0.147	-1.351	0.145	-1.327	0.144	-1.347
autocorrel.	4.63e-08		7.48e-09		2.77e-08	
BrePag	0		0		0	
Hausman		0		0		0

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_0 X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij}^2 + lm_{ij} + lm_{ji} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 3. Modelo Gravitacional com defasagem espacial

A. Com a variável l_DIST

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.342*** (0.0355)	0.942*** (0.2583)				
l_PIBj	0.358*** (0.0349)	0.937*** (0.2657)				
lmij	0.0489 (0.0426)	0.0787 (0.1627)	0.0173 (0.0448)	0.0970 (0.2472)	0.0184 (0.0456)	0.0734 (0.2399)
lmji	0.0498 (0.0421)	0.102 (0.1774)	0.00471 (0.0444)	0.130 (0.2696)	0.0108 (0.0453)	0.0677 (0.2637)
l_DIST	-0.196*** (0.0489)	-0.370** (0.1794)	-0.290*** (0.0511)	-0.600*** (0.2251)	-0.266*** (0.0510)	-0.567** (0.2241)
IWoEspTij	-0.0106 (0.0176)	-0.206** (0.0968)	0.00226 (0.0166)	-0.163 (0.1891)	-0.0118 (0.0174)	-0.226 (0.1869)
IWdEspTij	-0.0348* (0.0181)	-0.237** (0.1026)	-0.0262 (0.0173)	-0.204 (0.1980)	-0.0399** (0.0180)	-0.274 (0.2000)
l_POPi			0.477*** (0.0464)	1.291** (0.6242)	0.457*** (0.0466)	1.316** (0.6120)
l_POPj			0.505*** (0.0464)	1.293* (0.6724)	0.483*** (0.0467)	1.330** (0.6642)
l_PIBipc					0.228*** (0.0717)	0.750** (0.2914)
l_PIBjpc					0.228*** (0.0708)	0.736** (0.2898)
Constante	-0.0303 (0.7192)	-15.66*** (4.9984)	-1.935** (0.8490)	-22.05*** (6.4060)	-2.250*** (0.8551)	-24.60*** (7.2030)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.243	0.834	0.245	0.831	0.254	0.834
AIC	0.134	-1.378	0.132	-1.363	0.123	-1.380
BIC	0.158	-1.347	0.155	-1.332	0.154	-1.342
autocorrel.	7.94e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0.0886		0.00691		0.0244

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Com a variável da distância em log ao quadrado

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.341*** (0.0354)	0.942*** (0.2582)				
l_PIBj	0.358*** (0.0349)	0.937*** (0.2656)				
lmij	0.0490 (0.0426)	0.0787 (0.1627)	0.0179 (0.0448)	0.0970 (0.2472)	0.0189 (0.0456)	0.0734 (0.2399)
lmji	0.0498 (0.0421)	0.102 (0.1774)	0.00499 (0.0444)	0.130 (0.2696)	0.0112 (0.0453)	0.0677 (0.2637)
l_DIST2	-0.0856*** (0.0219)	-0.160** (0.0802)	-0.127*** (0.0229)	-0.262*** (0.1004)	-0.117*** (0.0229)	-0.247** (0.0999)
IWoEspTij	-0.0104 (0.0176)	-0.206** (0.0968)	0.00279 (0.0166)	-0.163 (0.1891)	-0.0114 (0.0174)	-0.226 (0.1869)
IWdEspTij	-0.0346* (0.0181)	-0.237** (0.1025)	-0.0257 (0.0173)	-0.204 (0.1980)	-0.0395** (0.0180)	-0.274 (0.2000)
l_POPI			0.475*** (0.0464)	1.291** (0.6241)	0.455*** (0.0466)	1.316** (0.6118)
l_POPj			0.503*** (0.0464)	1.293* (0.6723)	0.481*** (0.0467)	1.330** (0.6640)
l_PIBipc					0.228*** (0.0718)	0.750** (0.2913)
l_PIBjpc					0.229*** (0.0708)	0.736** (0.2897)
Constante	-0.0915 (0.7212)	-15.80*** (5.0164)	-2.005** (0.8536)	-22.28*** (6.4379)	-2.315*** (0.8594)	-24.82*** (7.2333)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.243	0.834	0.245	0.831	0.253	0.834
AIC	0.135	-1.378	0.133	-1.363	0.124	-1.380
BIC	0.158	-1.347	0.156	-1.332	0.155	-1.342
autocorrel.	7.94e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0.0877		0.00670		0.0235

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij}^2 + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 4. Modelo Gravitacional com Defasagem de Rede

A. Com a variável l_DIST

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.289*** (0.0343)	1.063*** (0.2458)				
l_PIBj	0.293*** (0.0341)	1.062*** (0.2509)				
lmij	0.0670 (0.0419)	0.0792 (0.1665)	0.0291 (0.0442)	0.103 (0.2954)	0.0381 (0.0449)	0.0735 (0.2877)
lmji	0.0715* (0.0417)	0.107 (0.1811)	0.0282 (0.0441)	0.148 (0.3226)	0.0378 (0.0448)	0.0708 (0.3154)
l_DIST	-0.190*** (0.0487)	-0.366* (0.1903)	-0.279*** (0.0505)	-0.640*** (0.2439)	-0.256*** (0.0507)	-0.577** (0.2359)
IWoRedTij	0.0190 (0.0182)	-0.235** (0.1095)	0.0212 (0.0176)	-0.216 (0.2653)	0.0211 (0.0181)	-0.258 (0.2598)
IWdRedTij	0.0135 (0.0183)	-0.244** (0.1112)	0.0134 (0.0177)	-0.223 (0.2718)	0.0128 (0.0182)	-0.273 (0.2682)
l_POPI			0.430*** (0.0457)	1.509** (0.7339)	0.395*** (0.0457)	1.476** (0.7164)
l_POPj			0.440*** (0.0457)	1.499* (0.7855)	0.405*** (0.0457)	1.485* (0.7691)
l_PIBipc					0.162** (0.0709)	0.865*** (0.2646)
l_PIBjpc					0.160** (0.0705)	0.858*** (0.2641)
Constante	0.813 (0.6759)	-19.08*** (4.1854)	-1.236 (0.8108)	-27.14*** (6.3763)	-1.190 (0.8102)	-28.99*** (6.7242)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.245	0.833	0.249	0.829	0.255	0.834
AIC	0.132	-1.373	0.127	-1.350	0.121	-1.375
BIC	0.155	-1.342	0.150	-1.319	0.152	-1.338
autocorrel.	6.12e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0.00124		0.00545		0.0495

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Com a variável da distância em log ao quadrado

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.288*** (0.0343)	1.063*** (0.2458)				
l_PIBj	0.293*** (0.0341)	1.062*** (0.2509)				
lmij	0.0670 (0.0419)	0.0792 (0.1665)	0.0293 (0.0442)	0.103 (0.2954)	0.0384 (0.0449)	0.0735 (0.2877)
lmji	0.0714* (0.0417)	0.107 (0.1812)	0.0284 (0.0441)	0.148 (0.3227)	0.0379 (0.0448)	0.0708 (0.3155)
l_DIST2	-0.0833*** (0.0218)	-0.157* (0.0852)	-0.123*** (0.0226)	-0.278** (0.1090)	-0.113*** (0.0227)	-0.251** (0.1054)
lWoRedTij	0.0192 (0.0182)	-0.235** (0.1096)	0.0216 (0.0176)	-0.216 (0.2653)	0.0215 (0.0181)	-0.258 (0.2599)
lWdRedTij	0.0136 (0.0183)	-0.245** (0.1113)	0.0138 (0.0177)	-0.224 (0.2718)	0.0131 (0.0182)	-0.272 (0.2682)
l_POPi			0.428*** (0.0457)	1.509** (0.7339)	0.393*** (0.0456)	1.476** (0.7163)
l_POPj			0.438*** (0.0457)	1.499* (0.7854)	0.404*** (0.0457)	1.485* (0.7690)
l_PIBipc					0.163** (0.0709)	0.865*** (0.2646)
l_PIBjpc					0.160** (0.0705)	0.858*** (0.2641)
Constante	0.751 (0.6772)	-19.23*** (4.1966)	-1.313 (0.8149)	-27.39*** (6.4058)	-1.260 (0.8141)	-29.22*** (6.7517)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.245	0.833	0.249	0.829	0.255	0.834
AIC	0.132	-1.373	0.127	-1.350	0.122	-1.375
BIC	0.156	-1.342	0.151	-1.319	0.153	-1.338
autocorrel.	6.12e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0.00122		0.00537		0.0489

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij}^2 + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 5. Modelo Gravitacional com Defasagens Espaciais e de Rede

A. Com a variável l_DIST

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.375*** (0.0394)	0.921*** (0.2840)				
l_PIBj	0.316*** (0.0375)	0.908*** (0.2713)				
lmij	0.0448 (0.0426)	0.0834 (0.1628)	0.00646 (0.0449)	0.100 (0.2472)	0.0162 (0.0456)	0.0785 (0.2500)
lmji	0.0459 (0.0420)	0.111 (0.1775)	0.0106 (0.0443)	0.129 (0.2710)	0.00787 (0.0452)	0.0717 (0.2733)
l_DIST	-0.224*** (0.0494)	-0.363** (0.1790)	-0.314*** (0.0516)	-0.592*** (0.2274)	-0.295*** (0.0515)	-0.585*** (0.2250)
IWoRedTij	0.00902 (0.0462)	-0.0917 (0.2132)	-0.00241 (0.0463)	-0.185 (0.4753)	-0.00105 (0.0453)	-0.127 (0.4923)
IWdRedTij	0.196*** (0.0495)	0.136 (0.2302)	0.190*** (0.0493)	0.0729 (0.5131)	0.213*** (0.0488)	0.144 (0.5330)
IWoEspTij	-0.0149 (0.0419)	-0.0989 (0.1575)	0.00982 (0.0418)	0.0204 (0.2784)	-0.00451 (0.0412)	-0.0764 (0.2896)
IWdEspTij	-0.199*** (0.0469)	-0.369** (0.1867)	-0.183*** (0.0466)	-0.295 (0.3269)	-0.213*** (0.0463)	-0.405 (0.3476)
l_POPi			0.515*** (0.0510)	1.315* (0.7031)	0.492*** (0.0499)	1.336* (0.7237)
l_POPj			0.452*** (0.0489)	1.328* (0.7052)	0.431*** (0.0481)	1.356* (0.7187)
l_PIBipc					0.257*** (0.0736)	0.693** (0.3030)
l_PIBjpc					0.159** (0.0725)	0.668** (0.2907)
Constante	-0.282 (0.7216)	-15.17*** (4.9723)	-2.154** (0.8512)	-22.63*** (6.4633)	-2.450*** (0.8574)	-25.36*** (7.2255)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.247	0.835	0.250	0.833	0.258	0.836
AIC	0.132	-1.383	0.128	-1.373	0.120	-1.387
BIC	0.162	-1.345	0.158	-1.335	0.158	-1.342
autocorrel.	5.87e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		5.93e-06		0.00634		0.0113

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_o X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Com a variável da distância em log ao quadrado

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
l_PIBi	0.374*** (0.0394)	0.921*** (0.2839)				
l_PIBj	0.316*** (0.0375)	0.908*** (0.2712)				
lmij	0.0449 (0.0426)	0.0834 (0.1628)	0.00690 (0.0449)	0.100 (0.2472)	0.0166 (0.0456)	0.0785 (0.2500)
lmji	0.0459 (0.0420)	0.111 (0.1775)	0.0109 (0.0443)	0.129 (0.2711)	0.00808 (0.0452)	0.0717 (0.2734)
l_DIST2	-0.0986*** (0.0222)	-0.157* (0.0801)	-0.139*** (0.0231)	-0.258** (0.1014)	-0.130*** (0.0231)	-0.255** (0.1003)
lWoRedTij	0.00903 (0.0462)	-0.0922 (0.2133)	-0.00228 (0.0463)	-0.186 (0.4754)	-0.000915 (0.0454)	-0.127 (0.4924)
lWdRedTij	0.196*** (0.0495)	0.136 (0.2302)	0.190*** (0.0494)	0.0732 (0.5132)	0.214*** (0.0488)	0.144 (0.5330)
lWoEspTij	-0.0146 (0.0419)	-0.0984 (0.1576)	0.0103 (0.0419)	0.0210 (0.2784)	-0.00412 (0.0412)	-0.0757 (0.2897)
lWdEspTij	-0.199*** (0.0469)	-0.369** (0.1868)	-0.183*** (0.0466)	-0.296 (0.3269)	-0.213*** (0.0464)	-0.405 (0.3476)
l_POPI			0.513*** (0.0510)	1.315* (0.7031)	0.491*** (0.0499)	1.336* (0.7236)
l_POPIj			0.450*** (0.0489)	1.328* (0.7050)	0.430*** (0.0481)	1.356* (0.7185)
l_PIBipc					0.258*** (0.0736)	0.693** (0.3030)
l_PIBjpc					0.159** (0.0725)	0.668** (0.2906)
Constante	-0.353 (0.7239)	-15.31*** (4.9905)	-2.237*** (0.8562)	-22.86*** (6.4948)	-2.529*** (0.8621)	-25.59*** (7.2557)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.247	0.835	0.250	0.833	0.257	0.836
AIC	0.132	-1.383	0.128	-1.373	0.121	-1.387
BIC	0.163	-1.345	0.159	-1.335	0.159	-1.342
autocorrel.	5.87e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		5.68e-06		0.00616		0.0109

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_o X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij}^2 + m_{ij} + m_{ji} + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

**ANEXO 6. Modelo Gravitacional com Defasagens Espaciais e de Rede e com dummy
para rotas entre grandes centros**

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
lpibi	0.256*** (0.0375)	0.921*** (0.2908)				
lpibj	0.226*** (0.0354)	0.908*** (0.2777)				
lmij	0.0538 (0.0397)	0.0834 (0.1628)	0.0362 (0.0421)	0.100 (0.2471)	0.0421 (0.0427)	0.0785 (0.2500)
lmji	0.0331 (0.0392)	0.111 (0.1774)	0.0151 (0.0415)	0.129 (0.2710)	0.0171 (0.0423)	0.0717 (0.2731)
dumfluxo	1.035*** (0.0734)	0.108 (0.3521)	1.014*** (0.0749)	-0.296 (0.4324)	1.008*** (0.0746)	-0.332 (0.4433)
ldist	-0.469*** (0.0492)	-0.394** (0.1838)	-0.515*** (0.0506)	-0.516** (0.2207)	-0.496*** (0.0505)	-0.499** (0.2180)
IWrotij	-0.0992** (0.0437)	-0.0980 (0.2118)	-0.106** (0.0441)	-0.137 (0.4690)	-0.105** (0.0432)	-0.0764 (0.4855)
IWrtdij	0.0353 (0.0476)	0.126 (0.2378)	0.0307 (0.0478)	0.123 (0.5211)	0.0554 (0.0473)	0.199 (0.5421)
IWdotij	0.117*** (0.0401)	-0.0922 (0.1683)	0.136*** (0.0403)	-0.0216 (0.2798)	0.124*** (0.0397)	-0.121 (0.2934)
IWddtij	-0.0193 (0.0455)	-0.358* (0.2052)	-0.00478 (0.0456)	-0.342 (0.3416)	-0.0329 (0.0454)	-0.456 (0.3663)
lpopi			0.330*** (0.0494)	1.315* (0.7018)	0.312*** (0.0484)	1.336* (0.7235)
lpopj			0.299*** (0.0470)	1.328* (0.7042)	0.275*** (0.0463)	1.356* (0.7187)
lpibipc					0.215*** (0.0689)	0.693** (0.3125)
lpibjpc					0.159** (0.0679)	0.668** (0.2999)
Constante	2.716*** (0.7024)	-15.18*** (5.2616)	1.864** (0.8470)	-22.75*** (6.4499)	1.610* (0.8529)	-25.48*** (7.3346)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.347	0.835	0.343	0.833	0.350	0.836
AIC	-0.00978	-1.381	-0.00308	-1.372	-0.0104	-1.386
Bic	0.0245	-1.340	0.0312	-1.330	0.0311	-1.337
Autocorrel.	5.87e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		0.00152		0.0123		0.0132

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_o X_{ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + dumfluxo + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 7. Modelos estimados sem especificação de origem destino.

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
lpi <i>b</i> _i	0.255*** (0.0322)	1.012*** (0.2776)				
lpi <i>b</i> _j	0.251*** (0.0259)	0.987*** (0.1749)				
lm <i>ij</i>	0.0496 (0.0395)	0.109 (0.1578)	0.0347 (0.0418)	0.156 (0.1877)	0.0420 (0.0426)	0.103 (0.1936)
lm <i>ji</i>	0.0293 (0.0384)	0.0790 (0.1711)	0.000310 (0.0402)	0.0823 (0.2194)	0.0115 (0.0413)	0.0411 (0.2161)
dumfluxo	1.039*** (0.0701)	0.131 (0.3049)	1.008*** (0.0713)	-0.357 (0.3930)	1.017*** (0.0709)	-0.268 (0.3792)
ldist	-0.471*** (0.0491)	-0.496** (0.1997)	-0.520*** (0.0505)	-0.628*** (0.2398)	-0.498*** (0.0504)	-0.618*** (0.2341)
lWrt <i>ij</i>	-0.0798** (0.0380)	-0.0635 (0.2157)	-0.0861** (0.0383)	-0.0688 (0.3919)	-0.0707* (0.0380)	0.00307 (0.3973)
lWdt <i>ij</i>	0.0966*** (0.0361)	-0.138 (0.1623)	0.116*** (0.0363)	-0.0667 (0.2122)	0.0985*** (0.0361)	-0.188 (0.2108)
lpopi			0.335*** (0.0433)	1.392* (0.7812)	0.295*** (0.0432)	1.386* (0.7895)
lpopj			0.346*** (0.0369)	1.520*** (0.3153)	0.308*** (0.0384)	1.449*** (0.3161)
lpi <i>b</i> _i _{pc}					0.203*** (0.0663)	0.800*** (0.2886)
lpi <i>b</i> _j _{pc}					0.194*** (0.0637)	0.741*** (0.2692)
Constante	2.566*** (0.6443)	-20.02*** (3.7770)	1.529* (0.7870)	-28.87*** (6.9798)	1.525* (0.7830)	-30.46*** (7.3051)
N	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.348	0.834	0.342	0.831	0.351	0.835
AIC	-0.0132	-1.378	-0.00418	-1.362	-0.0147	-1.382
BIC	0.0140	-1.344	0.0230	-1.327	0.0196	-1.340
autocorrel.	5.24e-08		7.48e-09		2.77e-08	
Hausman		4.57e-06		2.10e-08		1.33e-06

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_O X_{Ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + m_{ji} + dumcap + W^{Esp} T_{ij} + W^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

ANEXO 8. Modelos estimados com m_{ij} e m_{ji} separadamente.

A. Modelos com log de M_{ij} , estimado por efeitos fixos

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
lpibi	0.258*** (0.0376)	0.926*** (0.2967)				
lpibj	0.230*** (0.0342)	0.924*** (0.2645)				
lmij	0.0819*** (0.0246)	0.170** (0.0785)	0.0470* (0.0281)	0.202** (0.0787)	0.0558** (0.0279)	0.135 (0.0832)
dumfluxo	1.032*** (0.0734)	0.150 (0.3525)	1.011*** (0.0749)	-0.225 (0.4364)	1.002*** (0.0746)	-0.320 (0.4442)
ldist	-0.471*** (0.0492)	-0.394** (0.1836)	-0.516*** (0.0504)	-0.512** (0.2215)	-0.498*** (0.0503)	-0.503** (0.2163)
IWrotij	-0.107** (0.0443)	-0.131 (0.2149)	-0.119*** (0.0453)	-0.172 (0.4214)	-0.104** (0.0438)	-0.0675 (0.4369)
IWrtdij	0.0540 (0.0481)	0.103 (0.2420)	0.0475 (0.0489)	0.0357 (0.4722)	0.0653 (0.0478)	0.176 (0.4946)
IWdotij	0.128*** (0.0406)	-0.0853 (0.1688)	0.148*** (0.0411)	-0.0242 (0.2577)	0.127*** (0.0401)	-0.134 (0.2670)
IWddtij	-0.0391 (0.0458)	-0.355* (0.2088)	-0.0220 (0.0465)	-0.307 (0.3287)	-0.0441 (0.0456)	-0.447 (0.3572)
lpopi			0.338*** (0.0497)	1.288** (0.6550)	0.312*** (0.0485)	1.321* (0.6828)
lpopj			0.301*** (0.0434)	1.394** (0.5690)	0.282*** (0.0426)	1.393** (0.5763)
lpibipc					0.218*** (0.0681)	0.699** (0.3204)
lpibjpc					0.152** (0.0671)	0.671** (0.2974)
Constante	2.644*** (0.6960)	-14.88*** (5.2351)	1.771** (0.8289)	-22.14*** (6.5171)	1.527* (0.8340)	-25.50*** (7.3684)
Observações	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.346	0.835	0.342	0.833	0.349	0.836
AIC	-0.00912	-1.382	-0.00314	-1.373	-0.0106	-1.387
Bic	0.0216	-1.344	0.0276	-1.335	0.0273	-1.342
Autocorrel.	5.90e-08		7.51e-09		2.78e-08	
Número de codrot						
Hausman		0.00391		0.00269		0.0271

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_0 X_{0t} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ij} + dumcap + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$

B. Modelos com log de M_{ji} , estimado por efeitos fixos

VARIÁVEIS	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD	IVREG	FEVD
lpi <i>b</i> i	0.265*** (0.0358)	0.929*** (0.2856)				
lpi <i>b</i> j	0.231*** (0.0354)	0.906*** (0.2798)				
lm <i>j</i> i	0.0770*** (0.0242)	0.188** (0.0855)	0.0420 (0.0277)	0.223** (0.0871)	0.0503* (0.0277)	0.145 (0.0910)
dumfluxo	1.033*** (0.0734)	0.138 (0.3538)	1.013*** (0.0748)	-0.237 (0.4356)	1.001*** (0.0746)	-0.330 (0.4417)
ldist	-0.474*** (0.0491)	-0.388** (0.1852)	-0.520*** (0.0502)	-0.501** (0.2244)	-0.501*** (0.0502)	-0.497** (0.2186)
lWrot <i>j</i>	-0.0781* (0.0441)	-0.123 (0.2168)	-0.0854* (0.0450)	-0.211 (0.4276)	-0.0900** (0.0436)	-0.0984 (0.4440)
lWr <i>d</i> t <i>j</i>	0.0244 (0.0483)	0.0950 (0.2409)	0.0112 (0.0490)	0.0812 (0.4660)	0.0528 (0.0480)	0.217 (0.4857)
lWdot <i>j</i>	0.0929** (0.0401)	-0.0868 (0.1719)	0.113*** (0.0409)	0.00211 (0.2695)	0.107*** (0.0396)	-0.114 (0.2846)
lWddt <i>j</i>	-0.00640 (0.0461)	-0.353* (0.2069)	0.0134 (0.0465)	-0.339 (0.3152)	-0.0279 (0.0460)	-0.477 (0.3368)
lpopi			0.339*** (0.0450)	1.358** (0.6010)	0.328*** (0.0442)	1.370** (0.6183)
lpopj			0.309*** (0.0471)	1.294** (0.6281)	0.276*** (0.0462)	1.330** (0.6458)
lpi <i>b</i> i <i>p</i> c					0.202*** (0.0685)	0.693** (0.3093)
lpi <i>b</i> j <i>p</i> c					0.170** (0.0670)	0.672** (0.3023)
Constante	2.578*** (0.6900)	-14.76*** (5.2657)	1.707** (0.8197)	-21.88*** (6.4832)	1.436* (0.8285)	-25.38*** (7.3378)
Observações	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
R ²	0.347	0.835	0.343	0.833	0.349	0.836
AIC	-0.00996	-1.382	-0.00446	-1.373	-0.0110	-1.387
Bic	0.0208	-1.344	0.0263	-1.335	0.0269	-1.342
Autocorrel.	5.86e-08		7.48e-09		2.76e-08	
Número de codrot						
Hausman		0.00316		0.00202		0.0197

Nota: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, Desvio padrão entre parênteses, representação do modelo:

$$(T_{ijt} = \alpha_t + \tau_t + \beta_o X_{ot} + \beta_D X_{Dt} + \vartheta d_{ij} + m_{ji} + dumfluxo + W_d^{Esp} T_{ij} + W_o^{Esp} T_{ij} + W_d^{Red} T_{ij} + W_o^{Red} T_{ij} + \delta h_i + \varepsilon_{ijt})$$