

FABRÍCIO OLIVEIRA CRUZ

**EFEITOS DA INFRAESTRUTURA NOS FLUXOS COMERCIAIS DA
AMÉRICA DO SUL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Economia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

FABRÍCIO OLIVEIRA CRUZ

**EFEITOS DA INFRAESTRUTURA NOS FLUXOS COMERCIAIS DA
AMÉRICA DO SUL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Economia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 05 de Junho de 2009.

Prof. Dr. Carlos Antônio Moreira Leite

Prof. Dr. Marco Aurélio Marques
Ferreira

Profa. Dra. Elaine Aparecida Fernandes
(Coorientadora)

Prof. Dr. Evaldo Henrique da Silva

Prof. Dr. Orlando Monteiro da Silva
(Orientador)

À minha tia Maria por sempre
acreditar e apoiar incondicionalmente.
Saudades!

“A cada dia que vivo mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos, nas forças que não usamos, na prudência egoísta que nada arrisca, e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade.”

Carlos Drummond de Andrade

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sabedoria e pelo dom da vida.

Aos meus pais pelas palavras de carinho e compreensão, por entender minhas ausências e por viverem comigo esse sonho e por se doarem em nome dessa família.

Aos meus irmãos Eider e Adriano, pelos muitos momentos de diversão, pelo amor sincero e pelo ombro amigo. À minha avó Lourdes por ser essa pessoa maravilhosa que desde cedo nos amou e mimou como uma vovó amorosa deve ser. Suas lições de vida são eternas!

À minha tia Perpétua pela ajuda desde o início e pelos valorosos conselhos. À todos os meus tios e primos que sempre torceram pelo meu sucesso. A todos vocês o meu muito obrigado!

Aos meus amigos de caminhada, Christian, Gisele, Larissa, José Luis, Gillian, Nayana, Françoise, Cristina, Jamil, Marcelo, Luckas, Leonardo, Vitor, João, Tatiana, Gustavo, nunca me esquecerei das experiências que passamos juntos. Aos amigos de República, Bruno, Maycon, Henrique e Luckas, pelas dificuldades compartilhadas e pelas cervejas no Pavão para extravasar o stress.

Em especial a minha namorada Lílian por me amar incondicionalmente e por entender os momentos de ausência. Você é a minha vida!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 – Considerações Iniciais.....	1
1.2 – Problema e sua Importância.....	4
1.3 – Hipótese	6
1.4 – Objetivos	6
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 – O Comércio Internacional.....	7
2.1.1 – Modelo Ricardiano.....	8
2.1.2 – Modelo de Heckscher-Ohlin	10
2.1.3 – Modelo de Competição Monopolística sob Retornos Crescentes.....	11
2.2 – Infraestrutura e o Crescimento Econômico.....	13
3 – METODOLOGIA	19
3.1 – Equação Gravitacional	19
3.2 – Microfundamentos da Equação Gravitacional	21
3.3 – O Modelo Proposto	24
3.4 – Dados em Painel.....	25
3.5 – Análise Fatorial	29
3.6 – Variáveis e Fontes dos Dados	35
4 – RESULTADOS.....	39
4.1 – Estatística Descritiva.....	39
4.2 – Índice de InfraEstrutura.....	43

4.3 – Estimação do Modelo Gravitacional.....	49
5 – CONCLUSÕES	55
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais estudos sobre Infra-Estrutura e Crescimento Econômico	17
Tabela 2 – Variáveis selecionadas para o estudo, seu relacionamento esperado com o fluxo de comércio, e a respectiva justificativa	36
Tabela 3 – Estatística Descritiva das variáveis utilizadas no estudo dos 10 países selecionadas da América do Sul, 2000 – 2006	40
Tabela 4 – Estatística descritiva do fluxo comercial dos 10 países selecionados da América do Sul, no período 2000/2006 (Milhões US\$).....	42
Tabela 5 – Raízes características e porcentagem da variância explicada em cada fator após a rotação ortogonal e a exclusão das variáveis ferrovias, carga aérea e rodovias	45
Tabela 6 – Cargas fatoriais após rotação ortogonal, comunalidades e testes de MSA e Alpha de Cronbach	46
Tabela 7 – 1º Escore Fatorial (F_1) dos 10 países sul-americanos de 2000 a 2006.....	47
Tabela 8 – 2º Escore Fatorial (F_2) dos 10 países sul-americanos de 2000 a 2006.....	47
Tabela 9 – Índice de Infra-Estrutura obtido a partir dos escores fatoriais ponderados	48
Tabela 10 – Estimação do modelo gravitacional pelo método de efeitos aleatórios	49
Tabela 11 – Estimação do modelo gravitacional pelo método de efeitos aleatórios com variáveis <i>Dummy</i> e o Grau de Abertura.....	51
Tabela 12 – Resultados obtidos nas estimações do modelo gravitacional.....	53

RESUMO

CRUZ, Fabrício Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2009, **Efeitos da infraestrutura nos fluxos comerciais da América do Sul**. Orientador: Orlando Monteiro da Silva. Co-orientadores: Marcelo José Braga e Elaine Aparecida Fernandes.

A rápida mudança na estrutura produtiva e tecnológica dos países, associada ao processo de globalização nas últimas décadas, afetaram a estrutura do comércio internacional. O comércio internacional é um forte determinante do desenvolvimento econômico afetando o crescimento econômico, redução da pobreza e das desigualdades. As mudanças socioeconômicas vivenciadas pelos países da América do Sul nos anos 1990 tornaram o comércio entre eles, mais dinâmico e a busca pela redução das barreiras ao comércio tornou-se obrigação. Uma das barreiras não tarifárias ao comércio é a infraestrutura e por isso esse estudo visa a analisar a importância da infraestrutura para o fluxo comercial entre os países da América do Sul de 2000 a 2006. As principais teorias de economia internacional explicam por que os países comercializam, contudo não determinam qual a intensidade desse comércio. A equação gravitacional é utilizada para medir a intensidade e os determinantes do comércio internacional entre um par de países. Tendo em vista que o estoque de infraestrutura é composto por um conjunto de diferentes variáveis, faz-se necessário a construção de um índice que agregue de forma eficiente o conjunto dessas variáveis. Optou-se, portanto, pela utilização da análise fatorial para a construção do referido índice. Os resultados obtidos estão em sua maioria de acordo com o esperado e estatisticamente significativos. Demonstram também que o comércio entre dois países da América do Sul está mais relacionado com o tamanho da economia do parceiro comercial (país j) do que com o PIB real do próprio país (país i) e negativamente relacionado a distância entre os países. O índice de infraestrutura calculado mostrou-se condizente com o esperado, sendo que uma variação de 10% no índice de infraestrutura provoca um aumento de

aproximadamente 8% no fluxo comercial. O fato de países possuírem mesma fronteira, serem membros do Pacto Andino, o grau de abertura de suas economias também tem efeito positivo sobre o fluxo comercial. Sendo assim, esse estudo torna-se um indicativo para os formuladores de política pública do poder que a infraestrutura tem sobre o comércio e quais os países e setores que estão mais defasados.

ABSTRACT

CRUZ, Fabrício Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2009, **Effects of the infrastructure in the trade flows of South America**. Adviser: Orlando Monteiro da Silva. Co-Advisers: Marcelo José Braga and Elaine Aparecida Fagundes.

The fast change in the productive and technologic countries' structure associated with the globalization process in the last decades affected the structure of international trade. The international trade has a strong impact in the economic development and it affects the economic growth, the poverty and inequalities reduction. The socioeconomic changes faced by South Latin American countries in the 90's turned the trade among them more dynamic and the search for the decreasing of trade barriers became an obligation. One of the non-tariff barriers in the trade is the infrastructure and for this reason this study aimed at analyzing its importance to the trade flows among the South Latin American countries from 2000 to 2006. The main economic international theories explain the reasons why the countries commercialize but they do not define its intensity. The Gravity Equation is used to measure the intensity and the international trade variables among two countries. It was necessary to create an index that could join the different variables that are part of the infrastructure stock efficiently. Thus, the factor analysis was used to create such index. The majority of results was in accordance with the expected ones and it was statistically significant. They showed that the trade between the two South Latin American countries is more related to the economy size of its commercial partner (country j) than to its real GDP (country i) and it is negatively related to the distance between them. The infrastructure index measured was close to the expected, considering that a 10% variation in this index causes an increasing of 8% in the trade flows. The fact that the countries have the same borders, being "Andine Pact" members and the degree of its economies opening also have a positive effect on the trade flows. As a final result, this study became an indicative for the

government policy public makers about the importance of infrastructure in the international trade and which countries and sectors are not in the adequate international trade pattern.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A rápida mudança na estrutura produtiva e tecnológica dos países, associada ao processo de globalização nas últimas décadas, afetaram a estrutura do comércio internacional em termos de volume comercializado, de variedade de produtos e de regiões envolvidas. A busca por uma Balança Comercial positiva, contudo, continua sendo um dos principais objetivos dos governos, como forma de reduzir a vulnerabilidade externa e permitir o crescimento da economia de forma sustentável. Quanto maior for o saldo comercial de um país, menos dependente de capitais de curto prazo ele ficará para equilibrar o seu Balanço de Pagamentos e quanto menor a necessidade de atrair capitais, menor será a necessidade de manter juros elevados. Ao mesmo tempo, menor o impacto de uma saída repentina desses capitais sobre a taxa de câmbio e a inflação.

O comércio internacional pode gerar ganhos para os países, visto que o aumento de suas exportações provoca um efeito multiplicador na economia, aumentando a renda e a disponibilidade de produtos, e as importações podem propiciar ao mercado consumidor a possibilidade de escolha e ganhos de qualidade.

Nos últimos anos, ocorreu um grande incremento do chamado comércio Sul-Sul, realizado principalmente entre países em desenvolvimento. Essa tem sido uma tendência adotada pelos países do Hemisfério Sul visando a melhores contratos de

negociação e maiores oportunidades de lucro. Segundo dados da Conferência das Nações Unidas para Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2008), o comércio entre esses países cresceu em torno de 15% entre os anos de 2005 e 2006.

Na América do Sul, segundo dados da Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL 2007), o comércio entre os países membros da Associação Latino Americana de Desenvolvimento e Integração (Aladi)¹ tem crescido continuamente. As exportações entre os países do bloco representaram cerca de 40% de todas as exportações registradas por esses países. De 1980 a 2006, a Bolívia, por exemplo, aumentou suas exportações inter-regionais em aproximadamente 83,75%; a Argentina registrou aumento de 75,85%; e o Brasil, de 43%. No mesmo período, países como a Venezuela e o Peru registraram aumentos no nível de importações inter-regionais de mais de 160%.

Aliado a isso, o lançamento, em maio de 2008, da União das Nações Sul-Americanas (Unasul), que visa, a princípio, à criação de um mercado comum e à cooperação em operações estratégicas e de desenvolvimento, demonstra a intenção dos países da região em aumentar a integração e o comércio. Esse acordo traz uma séria preocupação com relação ao desenvolvimento da infraestrutura.

Considerada de caráter público, a infraestrutura é um componente do desenvolvimento econômico que não é obtido pelas transações que se produzem no mercado. Segundo o Banco Mundial (1994), como a infraestrutura é a parte do capital global das economias regionais e nacionais que, normalmente, não é administrada pelo mercado, e sim politicamente a sua importância é reforçada, pois representa um instrumento direto da política pública de ataque às disparidades regionais de desenvolvimento.

A infraestrutura, para Benitez (1998), é a parte do capital global que combina os caracteres “capital” e “público”, para o fornecimento de redes de transporte, de abastecimento de energia, sistemas de comunicações, redes de água e esgoto, instituições de ensino, órgão de saúde, instalações de segurança, entre outros. A cooperação na infraestrutura da Unasul visaria a investimentos conjuntos entre os países e outros órgãos de desenvolvimento no sentido de amenizar as dificuldades de comunicação e de acesso aos mercados regionais. A preocupação da Unasul com a

¹ São países membros da Aladi os 10 países sul-americanos abordados nesse estudo (Brasil, Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela), além do México e Cuba.

infraestrutura não é uma decisão isolada. O tema tem sido assunto constante nos últimos anos e chama a atenção devido a fatores como melhor alocação de recursos públicos, desigualdades de investimento, subdesenvolvimento e baixos níveis infraestruturais, entre outros. A importância da infraestrutura para o desenvolvimento econômico é citada em vários estudos, como Hirschman (1958), Barro (1990) e Easterly e Rebelo (1993), entre outros. Contudo, o mais importante seria a necessidade crescente de investimento público nesse setor visando a melhorias nas comunicações e nos transportes. Ainda, segundo Perry et. al. (2006) as políticas de acesso à infraestrutura possuem efeito direto sobre o crescimento, a desigualdade e a pobreza.

Estudos como o de North (1977) relacionam o efeito do comércio internacional sobre o crescimento de uma região e segundo esse autor, esse crescimento está vinculado à expansão de sua base de exportação. Segundo Benitez (1998), alcança-se o estágio final de desenvolvimento regional quando a região se especializa em atividades terciárias e produz para exportação. Para atingir tal estágio, os recursos energéticos têm importância decisiva e aos custos de transporte atribui-se um papel fundamental. Com os custos de distribuição e de produção elevados devido à ineficiência de infraestrutura, o aumento das exportações fica limitado pelo alto preço do produto final e sem a expansão das exportações, o desenvolvimento econômico será pífio.

Cabe considerar também que o comércio internacional também é um forte determinante do desenvolvimento econômico, oriundo principalmente da redução das desigualdades e da pobreza e do crescimento econômico. Estudos como os de Frankel e Romer (1999), Wilson et. al. (2003), apontam o relacionamento direto do comércio internacional com o crescimento econômico. Azevedo (2004) afirma que o comércio internacional dentro de blocos comerciais reduz as disparidades socioeconômicas entre os membros. Além disso, dada a importância do tema, outros estudos como os de Piani e Kume (2000) avaliaram a evolução dos fluxos bilaterais de comércio internacional e os efeitos de acordos preferenciais. Kristjánssdóttir (2005) examinou os determinantes das exportações da Islândia. Jordán e Parré (2006) analisaram as exportações da América Latina visando a identificar a presença de concorrência monopolística no comércio. Mata e Freitas (2008) analisaram os principais determinantes das exportações agrícolas brasileiras. Contudo, esses

estudos não analisaram a infraestrutura como variável determinante do comércio internacional, sendo assim, esse estudo vem preencher essa lacuna.

Como pode ser observado, tanto a infraestrutura quanto o comércio internacional, têm impacto sobre o desenvolvimento econômico de uma nação e são há muito objeto de estudos e de políticas públicas. No entanto, a junção desses dois condicionantes nunca foi analisada e devido a isso esse estudo analisa como a infraestrutura influencia o comércio internacional entre os países da América do Sul. Os resultados podem indicar aos formuladores de políticas públicas qual o real efeito da infraestrutura e como direcionar o investimento público de forma eficaz.

1.2 – Problema e sua Importância

Durante as últimas décadas, os países sul-americanos têm passado por profundas modificações econômico-sociais. A recuperação econômica vivenciada pela maioria desses países nos anos de 1990 e início do século XXI tem impulsionado os mesmos a níveis de investimento econômico crescente e possibilidades consideráveis de desenvolvimento. Mudanças substanciais também vêm ocorrendo no comércio internacional desses países, como as reduções de barreiras tradicionais de comércio². Algumas medidas como as formações de blocos de comércio e as quedas de tarifas têm sido executadas visando à integração dos mercados. Segundo Moreira et. al. (2008) mercados mais integrados facilitam o livre fluxo de bens e fatores através de fronteiras, permitindo que os países se beneficiem de uma melhor alocação de seus recursos. Mercados integrados também promovem a competição, incentivam a inovação e a produtividade e ampliam as opções de escolha de produtos e insumos tanto para consumidores como para produtores.

Com a formação de blocos de cooperação econômica e a redução das tarifas, os países sul americanos conseguiram ganhos de comércio consideráveis, tais como uma maior oferta de bens, um mercado importador maior e uma redução no custo dos produtos finais. Contudo, barreiras não tradicionais de comércio, como barreiras naturais e infraestruturais, ainda são problemas a serem equacionados nessa região.

² Por barreiras tradicionais de comércio entendem-se os entraves tarifários ao comércio.

Segundo Moreira et. al. (2008), muitos dessas barreiras se materializam dentro das fronteiras dos países e atuam como formidáveis barreiras informais ao comércio. A redução dessas barreiras facilitaria a integração comercial visto que reduziria o tempo de comércio e o custo de transporte e, por conseguinte, o de transação.

Durante muitos anos, a política comercial na região tem sido centrada na redução das barreiras tradicionais de comércio, contudo, o enfoque central dos formuladores de política pública passou a ser os problemas de infraestrutura. Identificar e quantificar seus impactos sobre o desenvolvimento econômico é um dos grandes objetivos dos países sul americanos.

Neste sentido, dado que o objeto de estudo deste trabalho serão dez países da América do Sul – Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela – durante o período de 2000 a 2006³, surge o questionamento sobre qual seria a contribuição da infraestrutura para o comércio entre os países da América do Sul.

Diante desse quadro, um estudo sobre os fatores que afetam o comércio entre os países da América do Sul permitiria aos formuladores de política econômica o aperfeiçoamento e o direcionamento de políticas que visem a um melhor aproveitamento dos recursos públicos, cada vez mais escassos. No caso da infraestrutura brasileira, por exemplo, há sérias dificuldades na manutenção das estradas pavimentadas e os portos e aeroportos com capacidade operacional e técnica para atender à crescente demanda. Deste modo, estudos que relacionem a disponibilidade de infraestrutura com o comércio internacional podem evidenciar para as autoridades sua importância e direcionar o investimento público para áreas de maior impacto.

A crescente preocupação dos países em desenvolvimento com o investimento eficiente em infraestrutura, incentiva a busca por respostas qualificadas e agregativas.

³ O período de 2000 a 2006 foi delimitado para essa análise pela disponibilidade de dados desses países.

1.3 – Hipótese

Os investimentos em infraestrutura são um importante determinante do crescimento do fluxo comercial entre os países da América do Sul.

1.4 – Objetivos

O objetivo geral desse estudo é analisar se a infraestrutura dos países sul-americanos selecionados consiste num fator fundamental para o nível do fluxo comercial no período 2000 a 2006.

Especificamente, pretende-se:

- Identificar variáveis que representam o estoque de infraestrutura em cada um dos países selecionados.
- Obter indicadores de infraestrutura nos países considerados;
- Determinar o relacionamento existente entre a disponibilidade de infraestrutura e o comércio, para os países selecionados.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – O Comércio Internacional

Atualmente é fato consolidado que os países não produzem tudo aquilo que sua população demanda e por isso necessitam importar bens e serviços de outros países. Entender a dinâmica do comércio internacional e descobrir os fatores que influenciam nas atividades comerciais são assuntos há muito discutidos e várias respostas foram apontadas para entender essa dinâmica. As teorias de comércio, contudo, têm em comum o fato de que o comércio permite a utilização mais eficiente dos recursos produtivos possibilitando uma melhoria da qualidade de vida.

As relações comerciais entre as nações aprofundaram-se com o fim do Feudalismo⁴ por volta do século XVI. A ascensão da burguesia europeia foi o marco inicial de um período de buscas incessantes de riquezas e acumulações, que mais tarde seria conhecido período Mercantilista. Segundo Brue (2005), o Mercantilismo pregava principalmente que quanto mais riquezas, ouro e prata, principalmente, um país possuísse mais rico e poderoso este seria. Essa idéia ficou bem evidente com a descoberta das Américas no final do século XV, tendo sido o ouro e as pedras preciosas aqui descobertas fundamentais para a ascensão econômica direta de nações como Espanha e Portugal e indiretamente de nações como Inglaterra e Holanda. A

⁴ Feudalismo foi o sistema econômico vivenciado principalmente na Europa entre os séculos V e XVI em que, os cidadãos viviam aglomerados em pequenas vilas organizados socialmente sob a tutela de um senhor das terras e governante local produzindo basicamente o necessário para a subsistência.

acumulação de riqueza seria obtida também com ganhos de comércio, ou seja, um país deveria exportar mais do que importar, pois assim os lucros obtidos com as exportações seriam uma transferência direta de riqueza de uma nação para as outras.

Smith (1983), em seu livro *A Riqueza das Nações: Investigação sobre sua natureza e suas causas*, publicado em 1776, foi o principal crítico do sistema mercantilista. Segundo Smith, era óbvio que o sistema era inviável, pois se a riqueza fosse obtida com o aumento das exportações e quase nulidade das importações, se todos os países praticassem a mesma política, as economias se fechariam até o ponto em que as importações só ocorreriam para o essencial e não fosse produzido internamente, aquilo que, em dado momento, tornaria as exportações nulas.

Em sua teoria das vantagens absolutas, Smith (1983) alegava que os países deveriam comercializar aquelas mercadorias em que tivessem vantagem produtiva (absoluta), ou seja, cujo custo de produção fosse menor. No caso estudado por Smith (1983), o único insumo produtivo que poderia diferenciar a produção era o trabalho e, portanto, as nações deveriam especializar sua produção naquilo em que sua mão-de-obra fosse mais produtiva. Essa especialização traria ganhos significativos ao comércio mundial e às economias envolvidas.

O trabalho de Smith (1983) é tido como o primordial da teoria econômica e comercial e, por isso, basicamente, todas as teorias de comércio posteriores se fundamentam no pensamento “Smithiano” e serão analisadas a seguir.

2.1.1 – Modelo Ricardiano

Ricardo (1982), em seu estudo “Princípios de Economia Política e Tributação” colocou em evidência o modelo de comércio proposto por Adam Smith. Seu principal questionamento sobre as vantagens absolutas residia no fato de questionar o que ocorreria com o comércio se uma nação não possuísse custos menores de produção em nenhum tipo de bem produzido.

A solução para esse dilema estava centrada na análise do custo de oportunidade⁵ e dos preços relativos. O modelo das vantagens comparativas argumentava que mesmo nações incapazes de obter vantagens absolutas em quaisquer bens podiam comercializar com outros países observando o preço relativo de cada bem. Uma nação especializaria sua produção no bem cujo preço relativo fosse menor, enquanto a outra nação direcionaria seus recursos produtivos para outro bem. O modelo Ricardiano prevê que os países irão se especializar em poucos produtos ao invés de produzir um grande número de bens e não considerava diretamente as características naturais de um país, como a disponibilidade relativa de mão-de-obra e de capital.

Segundo Jayme Jr (2001) o modelo Ricardiano considerou dois países e duas mercadorias, reduzindo todos os fatores de produção a um único, qual seja, o trabalho. Além do mais, pressupunha que a produção de cada mercadoria seria realizada a partir de coeficientes técnicos fixos. Dadas estas condições, a tecnologia explicaria o padrão de comércio internacional. Assumindo a hipótese de ausência de custos de transportes, o modelo estabelecia como condição de existência de comércio internacional a presença de diferenças entre os custos de oportunidade de produzir as duas mercadorias nos dois países. Mesmo se um país apresentar vantagem absoluta na produção das duas mercadorias, a especialização produtiva, seguida de comércio, seria preferível a uma situação de produção autárquica. Satisfeitas as condições de comércio, quando cada país se especializa na produção da mercadoria na qual apresenta menor custo de oportunidade e adere ao comércio internacional, o bem-estar das duas economias, assim como da economia mundial, aumenta.

Segundo Krugman e Obstfeld (2007), há duas maneiras de mostrar que o comércio beneficia um país. Primeiro, pode-se imaginar o comércio como um método indireto de produção. Em vez de produzir um bem para si mesmo, o país pode produzir outro bem e comercializá-lo pelo bem desejado. O modelo das vantagens comparativas mostra que, quando um bem é importado, deve ser verdade que essa produção indireta requeira menos trabalho que a produção direta. Segundo,

⁵ Em sua análise, David Ricardo comparou o custo de oportunidade da produção de vinho em Portugal e de tecido na Inglaterra, ou seja, o custo de oportunidade de tecido em termos de vinho seria a quantidade de vinho que poderia ser produzido com os recursos utilizados para produzir uma dada quantidade de tecidos.

pode-se mostrar que o comércio aumenta as possibilidades de consumo de um país, o que implica ganhos de bem estar.

Ricardo (1982) foi um dos primeiros economistas a considerar as vantagens da abertura comercial. O sucesso de sua teoria estava altamente fundamentado na total liberdade comercial, sem a existência de barreiras e tarifas comerciais que alterassem os preços relativos e reduzissem as vantagens comparativas. Sua teoria é amplamente utilizada para explicar o comércio interindústria, dado que o comércio nesse setor ocorre em função da especialização da produção.

2.1.2 – Modelo de Heckscher-Ohlin

O modelo de Heckscher-Ohlin (H-O) foi proposto no início do século XX e muito utilizado no período pós-guerra. Ao analisar o sistema produtivo, os autores perceberam que a principal limitação dos modelos até ali existentes estava no fato de analisar apenas um fator produtivo, o trabalho. Era evidente que as evoluções produtivas ocorridas no início daquele século eram influenciadas por vários outros motivos, tais como a abundância de capital e a evolução tecnológica, entre outros, que incidiram no custo direto da produção e distorceram as vantagens comparativas ricardianas. Sendo assim, o modelo H-O considerou que o comércio entre os países era influenciado pela diferença entre os recursos disponíveis em cada um deles.

A análise do modelo H-O parte da lógica de que um país se especializaria na exportação de bens nos quais utiliza seus fatores produtivos mais abundantes, de modo intensivo. Segundo Krugman e Obstfeld (2007), como a teoria enfatiza a inter-relação entre as proporções em que fatores de produção diferentes estão disponíveis em diferentes países e as proporções em que eles são utilizados na produção de diferentes bens, ela é também chamada de teoria das proporções dos fatores.

Segundo Jones e Neary (1984), enquanto o modelo Ricardiano trata isoladamente a diferenças no uso do trabalho entre os países como a base para o comércio, o modelo H-O concentra sua explicação nas diferenças na dotação relativa dos fatores e sobre as diferenças na intensidade de uso dos fatores. Aliado a isso, o modelo H-O considera dois fatores produtivos, capital e trabalho, considerando que o

custo dos bens não é influenciado somente pelo trabalho; considera que as tecnologias de produção são idênticas nos dois países; e que as preferências dos consumidores são iguais em ambos os parceiros comerciais. Segundo Jayme Jr. (2001), há ainda mais dois pressupostos a considerar: primeiro, que as funções de produção apresentam produtividade positiva dos fatores, porém decrescentes e retornos constantes de escala; e, segundo, que exclui a possibilidade de reversão na intensidade do uso dos fatores.

Sob essas pressuposições, quatro teoremas foram derivados e explicaram durante muitos anos a idéia central das teorias modernas do comércio internacional. Segundo Jones e Neary (1984) esses quatro teoremas são: Teorema da equalização do preço dos fatores de produção: de forma geral, esse teorema afirma que, sob certas condições, o livre comércio de bens finais induz à completa equalização dos preços internacionais dos fatores de produção. Em sua forma local, o teorema afirma que, permanecendo constante os preços dos bens, uma pequena mudança na dotação dos fatores não afeta os preços dos fatores. Teorema de Stolper-Samuelson: um aumento do preço relativo de um bem aumenta o retorno real do fator usado intensivamente na produção desse bem e reduz o retorno real do outro fator. Teorema de Rybczynski: se os preços dos produtos são ditos constantes, um aumento na dotação de um fator provoca um aumento mais que proporcional na produção do bem que usa fator intensivamente e um declínio absoluto na produção dos outros bens. Teorema de Heckscher-Ohlin: um país tem uma produção viesada e, portanto, tende a exportar o bem cujo fator usa intensivamente e com o qual ele é relativamente mais bem dotado.

2.1.3 – Modelo de Competição Monopolística sob Retornos Crescentes

Os estudos mais recentes acerca do comércio internacional ressaltam os ganhos de comércio oriundos da possibilidade de obtenção de lucros extras no mercado internacional, conferidos pelas economias de escala. Essas economias de escala têm ocorrido, principalmente, em decorrência do crescimento das inovações, da produtividade e da eficiência do trabalho e do capital. Geralmente, mercados onde

há a presença de economias de escala são mercados de competição monopolística, pois são dominados por grandes empresas que conseguem superar as de médio e pequeno porte na redução dos custos de produção.

Marshall, citado em Helpman (1984), discutiu os efeitos dos termos de troca, avaliando que com retornos crescentes de escala um país pode aumentar seus níveis comerciais expandindo a demanda para suas importações. Esse modelo possibilita ainda analisar os efeitos positivos das economias de escala obtidos a partir do comércio e analisar o dilema existente na teoria econômica entre ganhos de escala ou variedade produtiva com que as nações se defrontam.

A lógica do modelo está centrada na idéia de maximização do lucro das empresas. Uma empresa que apresenta retornos crescentes de escala em sua produção consegue produzir com custos menores que seus concorrentes. Ao dominar o mercado interno, a empresa busca a maximização de seu lucro com a expansão de seu mercado consumidor via exportações. Os ganhos de escala obtidos por essa empresa atraem outras empresas do mundo que passam a concorrer por esse mercado. Essa é a principal justificativa para o comércio entre as nações.

Segundo Krugman e Obstfeld (2007), as teorias de comércio de produtos industrializados tentam explicar três aspectos relacionados com o comércio mundial que parecem paradoxais do ponto de vista das teorias clássicas de Ricardo e Heckscher-Ohlin: a existência de um comércio intenso e em rápida expansão entre nações com a mesma dotação de fatores, o grande volume de troca de produtos muito similares e o mínimo de conflito social que se seguiu à vasta liberalização do comércio no período do pós-guerra.

Um dos grandes avanços dessa teoria foram a abordagem e a explicação da nova realidade mundial. Estes avanços explicam também alguns aspectos dos padrões de comércio observados nas últimas décadas, como o grande volume do comércio intraindústria e a crescente participação das empresas multinacionais no comércio mundial, particularmente nos setores de alta tecnologia.

O comércio intraindústria tem como característica a utilização dos mesmos fatores de produção em ambos os países e não é explicado pela teoria das vantagens comparativas. A ocorrência do comércio intraindústria, portanto, dependerá da capacidade de os países produzirem bens diferenciados, com características de concorrência monopolística e, adicionalmente, ganhos provenientes de economias de

escala e da demanda dos consumidores do outro país, conforme analisado por Krugman (1980). O modelo supõe que os países possuem os mesmos custos de produção e que não há custos de comércio. Considerando isso, a atividade produtiva das firmas será basicamente idêntica o que estimularia o comércio intraindústria.

Segundo Helpman e Krugman (1985), é com um modelo de competição imperfeita com retornos crescentes de escala que a equação gravitacional⁶ encontrou um fundamento teórico sólido. Com o comércio intraindústria foi possível concluir que a equação gravitacional tem maior poder explicativo quanto maior for a importância de setores caracterizados por economias de escala internas à empresa e quanto maior for o grau de diferenciação dos produtos.

É consenso que o comércio entre os países é influenciado tanto pelo comércio interindústria quanto pelo comércio intraindústria, considerando, portanto, que grande parte das teorias de comércio possuem uma parcela de verdade sobre as razões do comércio.

2.2 – Infraestrutura e o Crescimento Econômico

Os determinantes do crescimento econômico há muito são alvos de estudos e discussão no meio acadêmico. A busca por explicações concretas de como ocorre esse crescimento e do tamanho de sua intensidade leva os pesquisadores a várias respostas distintas. Respostas como a intervenção estatal, o incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D), o investimento e a poupança, os custos de produção e distribuição, entre outros, estão fortemente relacionadas ao crescimento econômico e podem ser citadas como exemplos.

Os modelos de crescimento utilizados em grande parte da literatura sobre crescimento econômico partem dos modelos de Solow (1956) ou de modelos de Keynes-Ramsey, sendo a principal diferença entre ambos a questão da dependência da propensão a poupar em relação ao restante do conjunto de variáveis contidas no modelo. Segundo Fleury (2009), nos modelos de Solow, a propensão a poupar é independente das demais variáveis, enquanto nos modelos de Keynes-Ramsey a

⁶ A equação gravitacional é apresentada e discutida posteriormente no item 3.1

decisão sobre a taxa de poupança depende da maximização do bem estar decorrente da trajetória dinâmica do consumo. A relevância dessa decisão traduz-se no volume de capital público e privado que será acumulado ao longo do tempo e, por isso, o modelo de Solow (1956), para analisar os efeitos da infraestrutura (capital público), é mais adequado.

Segundo Jones (2000), o modelo de crescimento neoclássico, ou modelo de Solow, em sua versão simplificada, considera o mundo formado por países que produzem e consomem um único bem homogêneo, com tecnologia exógena, existência de concorrência perfeita, e agentes econômicos maximizadores da utilidade. Dado isso, é possível expressar uma função de produção Cobb-Douglas para demonstrar como ocorre o crescimento econômico.

$$Y = F(K, L) = K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1)$$

em que Y é o produto; K é o capital; e L é o trabalho

Como o interesse do presente estudo é avaliar os impactos do crescimento econômico em termos *per capita*, faz-se necessária a transformação da função de produção em função da quantidade de trabalhadores.

$$\frac{Y}{L} = \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha \left(\frac{L}{L}\right)^{1-\alpha} \quad (2)$$

Simplificando,

$$y = k^\alpha \quad (3)$$

Segundo Jones (2000), a segunda equação fundamental do modelo de Solow é uma equação que descreve como o capital se acumula. Ela é dada por:

$$\dot{K} = sy - \gamma K \quad (4)$$

em que \dot{K} é a variação no estoque de capital; $sF(K, L)$ é o montante de investimento bruto; e γK é a depreciação que ocorre no processo produtivo.

Por fim, considera-se uma taxa constante (n) de crescimento populacional dada por:

$$\frac{\dot{L}}{L} = n \quad (5)$$

Obtendo os logaritmos e derivando a expressão do capital *per capita* $k = \frac{K}{L}$,

tem-se:

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \quad (6)$$

Substituindo a equação (4) na equação (6) e considerando a taxa de crescimento populacional (n), obtém-se a equação de acumulação de capital por trabalhador:

$$\dot{k} = sy - (n + \gamma)k \quad (7)$$

Como destaca Fleury (2009), a incorporação do setor de infraestrutura ao modelo básico é feita em três estágios. No primeiro estágio, divide-se a produção agregada em dois setores, ainda sem incorporar o setor de infraestrutura. Com isso, pode-se afirmar que o volume de recursos alocados a cada setor é aquele que iguala a produtividade marginal do trabalho e do capital entre os setores. O segundo estágio consiste em considerar a existência do governo e admitir que o governo consome, tributa e investe, alterando o nível de produto da sociedade. Conforme demonstrado a seguir:

$$Y_t = F(K_t, L_t) \quad (8)$$

$$Y_{1,t} = F(K_{PR,1,t}, K_{PU,1,t}, L_{1,t}) \quad (9)$$

$$Y_{2,t} = F(K_{PR,2,t}, K_{PU,2,t}, L_{2,t}) \quad (10)$$

em que:

$Y_{1,2,t}$ representa a produção de cada um dos dois setores no tempo t ;

$K_{PR,1,2,t}$ representa a quantidade de capital privado disponível no tempo t ;

$K_{PU,1,2,t}$ representa a quantidade de capital público disponível no tempo t ;

Considerando o governo um agente do modelo, a equação de acumulação de capital por trabalhador também sofre mudanças, visto que os níveis de poupança são agora determinados pelo setor público e pelo setor privado, conforme demonstra a equação (11).

$$\dot{k} = (s_{PR} + s_{PU})y - (n + \gamma)k \quad (11)$$

em que: s_{PR} é a poupança do setor privado; e s_{PU} é a poupança do setor público.

Visto isso, observa-se que quanto maior for a taxa de consumo público desta sociedade menor será a taxa de crescimento do produto interno *per capita*, e menor será a taxa de crescimento do capital *per capita*.

O terceiro estágio envolve um efeito heterogêneo entre os setores, ou seja, o governo repassa a receita dos tributos de forma assimétrica na sociedade. Essa assimetria provocará o favorecimento de um setor em detrimento de outro, provocando os seguintes efeitos (FLEURY, 2009):

- O resultado líquido do setor desfavorecido será a redução relativa da produtividade marginal do capital, como se o governo consumisse parte da produção no modelo base;
- O resultado do setor favorecido será o aumento relativo da produtividade marginal do capital; e
- A combinação dos dois resultados indica que haverá, em equilíbrio, uma migração de capital, portanto de produção, do setor desfavorecido para o setor favorecido, até que as produtividades marginais voltem a se igualar.

Por fim, Fleury (2009) conclui que no caso do setor de infraestrutura, a hipótese adotada é de que este capital público (infraestrutura) apresenta rendimentos crescentes de escala, ou seja, enquanto a produtividade marginal do capital privado é decrescente, a produtividade marginal do capital público é crescente. Nesse caso, a elevação do capital público produz um crescimento do setor favorecido maior do que o decréscimo do setor desfavorecido, resultando em uma elevação do produto interno bruto agregado.

A literatura existente é praticamente consensual no que se refere aos efeitos da infraestrutura sobre o nível de renda e a produtividade. O impacto do setor de infraestrutura seria importante pelo fato de prover recursos essenciais para um amplo conjunto de setores ao longo de várias cadeias produtivas. Entretanto, conforme demonstrado na Tabela 1, os resultados são divergentes quando se trata do tamanho do impacto sobre o crescimento econômico.

Aschauer (1989a e 1989b) iniciou uma linha de pesquisa que estuda o impacto do investimento público no crescimento econômico. Usando uma função de produção agregada cujos argumentos são trabalho, capital privado e capital público, ele estimou, para dados da economia norte-americana, uma elasticidade da renda com relação ao capital público de 0,39 e uma elasticidade da produtividade total dos fatores com relação ao capital público de 0,49.

Sanchez-Robles (1998) e Calderón e Servén (2004) confirmam a importância da disponibilidade de infraestrutura na motivação do crescimento econômico. E seus

estudos indicam que esse resultado não se mantém para os países desenvolvidos. Somente no caso dos países em desenvolvimento a disponibilidade de infraestrutura parece ter efeitos positivos sobre o crescimento econômico.

Tabela 1 – Principais estudos sobre Infra-Estrutura e Crescimento Econômico

Países	Elasticidade	Autor	Conceito de infra-estrutura
EUA	0,39	Aschauer (1989)	Capital público não-militar
EUA	0,34	Munnell (1992)	Capital público não-militar
EUA	0,08	Ferreira (1994)	Capital público não-militar
França	0,08	Prudhomme (1993)	Capital público
Taiwan	0,24	Uchimura e Gao (1993)	Transportes e saneamento
Coréia	0,19	Uchimura e Gao (1993)	Transportes e saneamento
Israel	0,31-0,44	Bregman e Marom (1993)	Transportes e saneamento
México	0,05	Shah (1992)	Energia, comunicações, transportes
OECD	0,07	Canning e Fay (1993)	Transportes
Países em desenvolvimento	0,007	Canning e Fay (1993)	Transportes
Países em desenvolvimento	0,16	Eastely e Rebelo (1993)	Transportes e comunicações
Brasil	0,34-1,12	Ferreira (1996)	Telecomunicação, energia, transportes (estatais federais)
Brasil	0,55-0,61	Malliagos (1996)	Telecomunicação, energia e transportes

Fonte: World Bank (1994), Ferreira (1994 e 1996) Malliagos (1997) citados de Rigolon e Piccinini (1997).

Holtz-Eakin e Schwartz (1994) utilizam um modelo de dados em painel para testar os impactos do crescimento do estoque de capital público (infraestrutura) sobre o crescimento do PIB de 48 estados dos Estados Unidos. Os autores demonstram que, para essa amostra, a infraestrutura tem relação positiva com o crescimento do PIB e por fim ressaltam a inferioridade de seus resultados com o estudo de Aschauer (1989).

Para o Brasil, estudos como o de Mendes e Teixeira (2006) também descrevem a relação positiva entre investimento em infraestrutura e a produtividade total dos fatores, analisando estes efeitos no setor agrícola brasileiro. Segundo esses autores, os investimentos em infraestrutura no Brasil são deficitários e por isso qualquer investimento possui um efeito maior e com períodos de defasagem menores que em outros países.

Sob uma outra ótica, Domingos et. al. (2008) relacionam a importância da infraestrutura para o desenvolvimento regional. Ao analisarem os impactos do Programa de Aceleração ao Crescimento (PAC) em Minas Gerais, eles observam que o efeito positivo do investimento direcionado à infraestrutura e sua eficiência como condutor da redução ou aumento das desigualdades inter-regional.

Os resultados das estimativas encontradas na literatura mostram que a disponibilidade de infraestrutura, além de ter efeitos positivos sobre o nível de produto, apresenta efeitos positivos também sobre o crescimento econômico de longo prazo. Entretanto, em relação a este último ponto, a literatura ainda requer mais evidências empíricas.

3 – METODOLOGIA

3.1 – Equação Gravitacional

As teorias de comércio explicam porque os países comercializam bens e serviços, contudo não explicam com que intensidade isso ocorre e nem porque com o passar do tempo eles aumentam e diminuem seus mercados. A equação gravitacional é utilizada com esse fundamento: medir a intensidade e os determinantes do comércio internacional entre um par de países. Segundo Head (2008), a equação gravitacional é a fórmula mais popular para análises estatísticas de fluxos bilaterais entre entidades geográficas diferentes.

O modelo gravitacional foi baseado originalmente na Lei da Gravitação Universal, proposta por Isaac Newton em 1687. Segundo Newton, a força atrativa de dois corpos i e j é dada pela equação:

$$F = g \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2} \quad (12)$$

em que:

F_{ij} é a força de atração;

M_i e M_j são as massas dos corpos i e j em estudo;

D_{ij} é a distância entre os dois corpos i e j ; e

g é uma constante gravitacional dependente das unidades de medida da massa e da força.

O que a equação de Newton expressa é que a atração entre dois corpos depende do tamanho de suas massas inversamente em relação à distância entre elas. Ao entender essa relação vários pesquisadores compreenderam que essa lei também se aplicava a outros campos de estudo que tentavam explicar o que determinava as relações entre dois elementos distintos. Esse método foi utilizado para outras áreas a partir de 1860, quando H. Carey o aplicou para as Ciências Sociais.

Para as Ciências Econômicas o modelo gravitacional foi utilizado primeiramente por Tinbergen (1962) para esclarecer os fatores que explicavam os fluxos de comércio entre dois países seguindo a lei de Newton, ou seja, como seria a atração comercial de dois países inversamente à distância entre os mesmos. Em seu estudo, Tinbergen (1962) adotou as seguintes variáveis: total das exportações e importações do país i para o país j (X_{ij}); PIB do país i (Y_i) e do país j (Y_j) e obstáculos ao comércio (A) (tarifas, quotas, custos do transporte), que julgou serem responsáveis pelo tamanho dos fluxos comerciais. A equação (13) expressa a equação utilizada por Tinbergen (1962):

$$X_{ij} = \alpha Y_i^{\beta_1} Y_j^{\beta_2} A^{\beta_3} \mu_{ij} \quad (13)$$

Linnermann (1966) incluiu as variáveis tamanho da população e distância entre os centros comerciais dos países em seu estudo; Frankel (1997) incluiu o tamanho do país e uma *dummy* se o país falava o mesmo idioma ou não; e Montenegro e Soto (1996) incluíram uma variável *dummy* para o caso de o país ser uma ilha, ou seja, não possuir nenhum país vizinho.

O principal consenso entre esses estudos, segundo Paz (2003), é que apesar de o modelo gravitacional ser usualmente apresentado na forma multiplicadora, ele é estimado pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e sob a forma log-linear. Na literatura do modelo gravitacional para o comércio internacional, é comum estimar a equação gravitacional conforme demonstra a equação (14):

$$\log(X_{ij}) = \beta_1 + \beta_2 \log Y_i + \beta_3 \log Y_j + \beta_4 \log N_i + \beta_5 \log N_j + \beta_6 \log D_{ij} + \log \mu_{ij} \quad (14)$$

em que:

X_{ij} = valor das exportações do país i para o país j ;

Y_i e Y_j = renda do país i e do país j , respectivamente;

N_i e N_j = população do país i e do país j respectivamente;

D_{ij} = distância entre o país i e o país j ; e

μ_{ij} = termo do erro

Uma característica importante do modelo log-log, que a tornou popular em trabalhos aplicados, é que o coeficiente de inclinação β_2 mede a elasticidade de Y em relação a X , ou seja, a variação percentual em Y para uma dada variação percentual em X . Assim, se Y representa a renda do país i e X o valor das exportações, β_2 mede a elasticidade-renda das exportações.

A grande vantagem desse modelo é permitir a inclusão de outras variáveis além das mencionadas inicialmente pela teoria, permitindo identificar resultados distintos para explicar uma mesma questão. Cabe ressaltar também que o modelo permite ainda a inclusão de variáveis *dummy*, que são uma importante ferramenta qualitativa econométrica.

3.2 – Microfundamentos da Equação Gravitacional

A equação gravitacional é hoje uma consagrada técnica para avaliar as relações comerciais e sua eficácia empírica é totalmente comprovada. Entretanto há uma diversidade de explicações teóricas que cercam o sucesso desse método. Autores como Anderson (1979), Helpman (1984), Evenett e Keller (2002), entre outros, apresentaram explicações microeconômicas diferentes para o sucesso da equação gravitacional, nenhuma, contudo, equivocada.

Vários autores, como Deardorff (1998), afirmam que o modelo gravitacional, que no início passava pelo problema da falta de teoria para explicar os ótimos resultados obtidos, hoje dispõe de vários estudos que justificam teoricamente seu uso. Como mencionado anteriormente, Linnermann (1966) foi um dos primeiros a trabalhar a equação gravitacional e o primeiro a trabalhar os fundamentos microeconômicos da equação gravitacional. Em seu estudo o autor considerou um modelo de equilíbrio parcial sob a forma de quatro sistemas de equações que

representavam a oferta de exportações e a demanda de importações de um número X de países. A grande contribuição desse estudo foi iniciar a busca por uma explicação microeconômica para a equação gravitacional. No entanto, uma das grandes limitações foi a ausência de variáveis como os preços.

Anderson (1979) inicia sua análise criticando o estudo de Linnermann (1966) por não explicar a forma funcional multiplicativa da equação. Bergstrand (1985), analisando o fluxo comercial de 15 países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) tenta explicar a forma multiplicativa da equação a partir de um modelo de equilíbrio geral usando a elasticidade de substituição constante (CES). Segundo o autor, o equilíbrio no comércio é obtido quando há um equilíbrio entre a demanda mundial e a oferta mundial dada.

A partir disso Bergstrand (1985) aplica uma aproximação de equilíbrio parcial para explicar a equação gravitacional. Para tanto, ele considera seis suposições: existência de uma pequena economia aberta; função de utilidade da produção entre os países é idêntica; perfeita substituição de bens na produção e consumo internacionalmente; arbitragem perfeita no mercado de *commodities*; tarifas zero; e inexistência de custos de transporte. Por fim, o autor estima um modelo em que é possível incluir preços e taxas de câmbio. A variável tarifa é substituída por uma variável *dummy* e os custos de transporte são considerados uma nova variável denominada distância entre os países. Sua conclusão é de que preço e taxa de câmbio têm significado estatístico e são passíveis de análise pela equação gravitacional.

Posteriormente, Bergstrand (1989) retornaria sua análise considerando a dotação de fatores e preferências não homotéticas num modelo com duas indústrias, dois fatores produtivos (capital e trabalho) e N países usando dessa vez a elasticidade de transformação constante (CET). Nesse estudo foram utilizadas também uma variável *dummy* de adjacência e uma *dummy* para arranjos comerciais e/ou formação de blocos comerciais. Como resultado, o autor afirma que 80% do comércio é explicado pelas variáveis abordadas.

Deardorff (1998) analisa o fluxo comercial sob duas óticas, a primeira considerando o comércio livre, ou seja, a inexistência de barreiras, tarifas ou qualquer outro tipo de impedimento, e a segunda considerando o comércio com barreiras. O principal objetivo do estudo foi demonstrar que a equação gravitacional se sustenta sob as hipóteses adotadas aliado principalmente ao modelo de Heckscher-

Ohlin (H-O). Deardorff (1998) assume que os consumidores possuem preferências idênticas e homotéticas, assume que a renda é igual à despesa, e, sendo assim, todos os países gastarão a mesma parcela de sua renda com determinado bem. Com isso ele encontra uma equação de forma idêntica à equação gravitacional, sem, no entanto, a variável distância. A partir disso, a autor aborda o comércio com barreiras, pois assim seria possível analisar a distância como sendo influente no fluxo de comércio.

Para analisar o comércio com barreiras, Deardorff (1998) supõe que todo bem é produzido por um país diferente e que as preferências dos indivíduos são idênticas a uma função do tipo Cobb-Douglas, ou seja, os consumidores gastam uma parcela de seus rendimentos em produtos nacionais. Por fim, considerando que as barreiras do comércio são medidas sem custos de transporte (FOB) o autor consegue demonstrar que em um modelo H-O é possível fundamentar a equação gravitacional.

Evenett e Keller (2002) analisaram o fluxo comercial de 58 países, no ano de 1985, a partir da equação gravitacional embasados em três modelos distintos: um modelo de retornos crescentes com especialização perfeita da produção; um modelo com comércio de um país com retornos constantes e outro país com retornos crescentes; e um modelo de retornos constantes com especialização imperfeita da produção.

Sob a hipótese de especialização perfeita da produção, os países produzem uma gama de bens com retornos crescentes de escala e tecnologia constantes, considera-se que não há custos de transporte e que as importações do país estão relacionadas ao seu PIB, ou seja, quanto maior seu PIB, maior será sua participação no comércio mundial. Com a especialização imperfeita da produção, assumem-se o comércio entre dois países (i e j) e dois fatores (capital e trabalho), os bens são homogêneos e o trabalho intensivo na produção, e o país i é capital abundante, havendo ainda um setor (z) que produz um bem homogêneo sob retornos constantes de escala e um segundo setor (x) que produz um bem distinto sob retornos crescentes de escala. Por último, analisa-se um modelo com especialização imperfeita da produção e adotando os mesmos pressupostos do modelo acima, no entanto, considerando agora que os setores (z e x) produzem bens homogêneos e sob retornos constantes de escala.

Analisando esses três modelos empiricamente, os autores concluíram que o primeiro modelo não se aplica aos dados, sendo, portanto, rejeitado, ou seja, não se

aplica ao modelo gravitacional. O segundo modelo, com diferenças na dotação dos fatores se aplica a um modelo gravitacional, contudo, os autores reiteram que ele se ajusta melhor ao comércio Norte-Sul, pois, de acordo com seus resultados o tamanho relativo do setor do bem trabalho intensivo possui relação negativa com a dotação de capital. Por fim, a análise do modelo com especialização imperfeita da produção com ambos os bens e setores produzindo sob retornos constantes de escala é aceitável para descrever um modelo gravitacional, desde que aplicado ao comércio Norte-Norte, dada a similaridade de suas funções de produção.

Como apresentado inicialmente existem várias explicações de fundamentação microeconômica para a equação gravitacional, mas sem nenhum consenso. A próxima etapa do estudo consiste em estimar uma regressão, com base no modelo gravitacional, a fim de verificar a explicação das variáveis selecionadas sobre o fluxo comercial⁷.

3.3 – O Modelo Proposto

Para o caso desse estudo, propõe-se como base o modelo descrito em (14) acrescido de uma variável indicadora do estoque de infraestrutura. Sendo assim, o modelo expresso na forma duplo *logarítmica* pode ser apresentado como:

$$\log(FLUXO_{ijt}) = \beta_1 + \beta_2 \log PIB_{it} + \beta_3 \log PIB_{jt} + \beta_4 \log POP_{it} + \beta_5 \log POP_{jt} + \beta_6 \log DIST_{ij} + \beta_7 INF_{ijt} + \log \mu_{ij} \quad (15)$$

em que:

$FLUXO_{ijt}$ = valor das exportações totais entre o país i e o país j , medido em US\$ FOB, no ano t ;

PIB_{it} e PIB_{jt} = PIB real do país i e do país j , no ano t , medidos em milhões de dólares;

POP_{it} e POP_{jt} = população do país i e do país j , no ano t ;

$DIST_{ij}$ = distância entre as capitais do país i e do país j , medida em quilômetros;

⁷ Nesse estudo será considerado como fluxo comercial o total das exportações dos países.

INF_{ijt} = índice de infraestrutura do país i e do país j , no ano t ; e

μ_{ij} = termo do erro.

O índice de infraestrutura é obtido a partir de 11 variáveis infraestruturais facilitadoras do comércio e agrupadas pela técnica multivariada de análise fatorial.

O modelo proposto será estimado pelo método econométrico de dados em painel, que se refere à combinação de dados sobre diferentes unidades econômicas coletados em diferentes períodos de tempo.

3.4 – Dados em Painel

O método de análise denominado Dados em Painel apresenta diversas vantagens, tais como, estrutura mais adequada para a covariância dos erros e uma lacuna não preenchida entre os dados de série temporal ou corte seccional. Baltagi (2001) cita ainda outras vantagens, tais como: o controle sobre a heterogeneidade individual; dados em painel apresentam maior variabilidade de dados, menor colinearidade entre as variáveis, maior número de graus de liberdade e conseqüentemente maior eficiência na estimação; e são melhores para identificar dinâmicas de ajustamento, efeitos médios, dentre outros.

Uma regressão de Dados em Painel agrupa dados de série temporal e de seção cruzada. Considerando um modelo que tenha N seções cruzadas, T observações de série temporal e $(K-1)$ variáveis explicativas, o modelo pode ser escrito como mostra a equação (16):

$$y_{it} = \beta_{1it} + \sum_{K=2}^K \beta_{kit} x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

em que:

β_{it} representa o intercepto diferenciado para cada unidade de seção cruzada i no período t ;

β_{kit} representa as diferentes inclinações também para cada unidade de seção cruzada i analisada em cada período t ;

χ_{kit} é um vetor $1 \times K$ de variáveis exógenas que podem sofrer variações no tempo t e não nas seções cruzadas i , ou sofrer variações nas seções e não no tempo, ou ainda sofrer alterações em ambos, não contendo o termo constante; e

ε_{it} é o termo de erro.

Segundo Kmenta (1986), assume-se que fatores não observáveis incluídos nos termos de erro possam afetar algumas ou todas as seções cruzadas ao mesmo tempo, originando assim correlação entre os erros de duas ou mais equações. Por esse motivo, a estimação de dados em painel por Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) torna-se melhor do que por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) usualmente utilizado para séries temporais e *corte seccional*.

A análise efetuada com dados em painel pode ser formulada de duas maneiras: pelo modelo de efeitos fixos ou pelo modelo de efeitos aleatórios. A diferença central entre os dois está no uso das variáveis *dummy*. Se *dummies* são consideradas uma parte do intercepto, a análise será executada por efeitos fixos. No caso dos efeitos aleatórios, as *dummies* atuam como um termo de erro. Outra importante diferença reside na inclusão de variáveis constantes ao longo do tempo. Como é demonstrado no modelo de efeitos aleatórios, a estimação dos coeficientes é obtida com uma ponderação da média temporal e, por isso, aceita variáveis explicativas que sejam constantes ao longo do tempo. Isso é possível porque o modelo de efeitos aleatórios assume que o efeito não observado é não-correlacionado com todas as variáveis explicativas, sejam elas fixas ou não ao longo do tempo ou não (WOOLDRIDGE, 2002).

Devido a esses fatores, nesse estudo é aplicado o modelo de efeitos aleatórios, visto que se faz necessária a análise de variáveis constantes no tempo, como a distância entre o país i e o j e a análise do efeito de variáveis *dummy* na variável dependente. A escolha do método de efeitos aleatórios coincide com o resultado de outros estudos semelhantes. Segundo Flach (2006), a técnica de Dados em Painel para um modelo gravitacional apresenta variáveis tradicionais como distância e PIB e, portanto, deve efetuar-se preferencialmente a estimação por efeitos aleatórios, a fim de captar os efeitos de tais fatores gravitacionais, que não variam ao longo do tempo por unidade *cross-section*.

A estimação feita por efeitos aleatórios foi proposta inicialmente por Balestra e Nerville (1966) e segundo esses autores não haveria necessidade de expressar

variáveis *dummy* no estudo. A pesquisa poderia simplesmente expressar a falta do conhecimento por meio do termo de erro μ_i e devido a isso o método também é conhecido por componentes do erro. Na prática, o que os efeitos aleatórios fazem é considerar que cada β_{it} é uma variável aleatória representativa de uma população maior, que pode ser descrita como em (17):

$$\beta_{it} = \beta_i + \mu_i \quad (17)$$

em que β_{it} representa o intercepto populacional; β_i representa a população; e μ_i é o termo de erro aleatório com média zero e variância constante.

Segundo Gujarati (2006), o que isso representa essencialmente é que se tem uma amostra de quatro empresas, por exemplo, está-se considerando que nossa amostra foi tirada de um universo de empresas muito maior, e que ela tem um valor médio comum para o intercepto igual a β_i e que as diferenças individuais no intercepto de cada empresa se refletem no termo de erro.

Há ainda que se considerar que a perturbação aleatória da regressão existe para representar variáveis omitidas, mas que são importantes para explicar a variável dependente. No modelo de efeitos aleatórios considera-se um termo à parte para expressar o efeito não observado (variáveis omitidas). Sendo assim, o modelo é calculado como;

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + v_{it} \quad (18)$$

em que;

y_{it} é a variável dependente;

β_0 é o intercepto da regressão;

β_k é o coeficiente angular;

x_{itk} é a variável independente; e

v_{it} é o termo de erro de composição.

Conforme Wooldridge (2002), o termo para expressar o efeito não observado da regressão está incluso no termo de erro. Sendo assim:

$$v_{it} = a_i + u_{it} \quad (19)$$

em que a_i é o efeito não observado da regressão e u_{it} é o termo de erro aleatório.

Ainda segundo Wooldridge (2002), um problema observado nesse caso é que

como a_{it} é o erro de composição em cada período de tempo e os v_{it} são serialmente correlacionados ao longo do tempo. Para resolver esse problema é necessário empregar o método dos Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), ponderando o modelo (18) por uma constante λ , obtida de acordo com a equação (20):

$$\lambda = 1 - \left[\frac{\sigma_u^2}{(\sigma_u^2 + T\sigma_a^2)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

em que σ_a^2 é a variância do efeito não observado da regressão; σ_u^2 é a variância do termo de erro u_{it} ; e T é o tamanho da série temporal.

Com essa transformação, o modelo pode ser calculado conforme a equação (21).

$$y_{it} - \lambda \bar{y}_i = \beta_0(1 - \lambda) + \beta_1(x_{it1} - \lambda \bar{x}_{i1}) + \dots + \beta_k(x_{itk} - \lambda \bar{x}_{ik}) + (v_{it} - \lambda \bar{v}_i) \quad (21)$$

Cabe considerar que se $\lambda = 0$, é conveniente adotar um modelo a partir de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) agrupado, e se $\lambda = 1$, é melhor estimar um modelo de efeitos fixos.

É feito ainda um teste estatístico para o modelo de efeitos aleatórios. O teste foi proposto por Breusch e Pagan (1980) e denominado teste multiplicador de Lagrange (LM). Segundo os autores esse teste é utilizado para testar a hipótese nula de que a variância das seções cruzadas é zero. Ao rejeitar a hipótese, assume-se que o modelo estimado por efeitos aleatórios e MQG não é o mais adequado. Segundo Gomes (2007) a estatística LM é obtida pela equação (22), que apresenta a distribuição Qui-quadrado com x graus de liberdade:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[\frac{T^2 \bar{e}'\bar{e}}{e'e} - 1 \right]^2 \sim \chi^2(x), \quad (22)$$

em que T é o número de anos; n é o número de seções cruzadas; e é o vetor de resíduos do modelo de MQG; e \bar{e} é o vetor $n \times 1$ da média dos resíduos de um grupo específico do modelo de efeitos aleatórios.

Por fim, há ainda que se testar a existência de heterocedasticidade⁸ e a presença de autocorrelação. A autocorrelação é um dos problemas identificados na análise econométrica. Segundo Gujarati (2006), ela pode ser definida como correlação entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo ou no espaço. Em suma, os termos de erro de um período podem estar correlacionados com os termos de erros de períodos posteriores. Quando a autocorrelação é detectada na amostra em estudo, o estimador por MQO, embora linear, não tendencioso e assintoticamente distribuído, deixa de ter variância mínima e de ser o melhor estimador linear não viesado.

O teste utilizado foi o teste LM de Wooldridge que consiste em regredir a série de resíduos obtidos pela equação de regressão de interesse pelos regressores dessa mesma equação mais os resíduos defasados p vezes. Em seguida é feito um teste de significância dos termos defasados usando a estatística $nR^2 \sim \chi_p^2$. O teste tem como vantagem testar processos estocásticos $AR(p)$ e como desvantagem o fato de ter seu poder estatístico intimamente relacionado à escolha do tamanho da defasagem p . A hipótese nula H_0 é a de que todos os coeficientes dos termos defasados são iguais a zero, ou seja, não há autocorrelação de ordem alguma (WOOLDRIDGE, 2002).

Drukker (2003) comprovou o teste de Wooldridge mostrando que ele tem bom fator de correção e propriedades poderosas para amostras de tamanho razoável.

3.5 – Análise Fatorial

Tendo em vista que o estoque de infraestrutura é composto por um conjunto de diferentes variáveis, faz-se necessária a construção de um índice que agregue de forma eficiente o conjunto dessas variáveis. Optou-se, portanto, para a utilização da

⁸ O problema da heterocedasticidade não ocorre no modelo de efeitos aleatórios, pois o método MQG usa informações contidas na variabilidade desigual da variável dependente, dando igual peso ou importância para todas as observações, tornando assim as variâncias constantes. Testes de heterocedasticidade para efeitos aleatórios têm sido tema de estudos atuais, quando executados a partir de outro método, sem, no entanto, uma descoberta significativa. Para mais detalhes ver Rao et. al. (1981).

a_{ij} representam as cargas fatoriais (*factor loadings*) e refletem a importância do fator j na explicação da variável i ; e ε_i é o termo de erro que capta a variação específica de X_i não explicada pela combinação linear das cargas fatoriais com os fatores comuns.

Portanto, procura-se determinar os coeficientes a_{ij} que relacionam as variáveis observadas com os fatores comuns. Os referidos coeficientes são denominados de cargas fatoriais e desempenham a mesma função dos coeficientes de correlação, ou seja, eles mostram o nível de associação entre as variáveis originais e os fatores comuns (FERREIRA JUNIOR et. al., 2004; SILVA et. al., 2003). Em síntese, a análise fatorial tem por objetivo representar cada fator como a combinação linear de diversas variáveis, sendo que as variáveis mais explicadas, que possuem maiores valores para os *factor loadings*, podem ser englobadas num mesmo fator. Daí a redução do número inicial de variáveis originais em um número reduzido de fatores, sem muita perda de informação.

O quadrado das cargas fatoriais (a_{ij}^2) representa a contribuição relativa de cada fator para a variância total de uma variável. A soma dessas cargas fatoriais ao quadrado ($\sum_{i=1}^m a_{ij}^2$) para cada variável oferece a estimativa da comunalidade, que, por sua vez, indica a proporção da variância total de cada variável que é explicada pelo conjunto de fatores comuns.

Para testar a adequabilidade do modelo de análise fatorial, se geralmente utilizam a estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), o teste de esfericidade de *Bartlett* (TEB) e o teste *Measure of sampling adequacy* (MSA). O teste de KMO é um indicador que compara a magnitude do coeficiente de correlação observado com a magnitude do coeficiente de correlação parcial. Segundo Mingoti (2005), esse indicador é definido por:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2} \quad (24)$$

em que R_{ij} é a correlação amostral entre as variáveis X_i e X_j e Q_{ij} é a correlação parcial entre X_i e X_j .

Dado que os valores deste teste variam de 0 a 1, pequenos valores de KMO ($KMO < 0,50$) indicam a não adequabilidade da análise.

O teste MSA é bastante similar ao KMO, mas utilizado para avaliar os indicadores individualmente. De acordo com Barroso e Artes (2003), o objetivo é verificar se a variável pode ser explicada pelas demais (o que é esperado num modelo fatorial) e é assim obtido:

$$MSA_i = \frac{\sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{j=1}^p a_{ij}^2} \quad (25)$$

em que r_{ij} é a correlação amostral entre as variáveis X_i e X_j e a_{ij} é a correlação parcial entre X_i e X_j .

Valores baixos de MSA ($MSA < 0,50$) indicam que, em princípio, o indicador pode ser retirado da análise sem maiores prejuízos. Sua medida e interpretação são similares ao KMO.

Por sua vez, o TEB serve para testar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. Segundo Mingoti (2005), o ajuste de um modelo de análise fatorial aos dados pressupõe que as variáveis resposta sejam correlacionadas entre si. Dessa forma, quando as variáveis são provenientes de uma distribuição normal p-variada, é possível fazer o teste de hipótese para verificar se a matriz de correlação populacional é próxima ou não da matriz identidade. Se a hipótese for rejeitada a análise pode ser realizada (SALES, 1995). O teste é assim definido:

$$TEB = - \left[n - \frac{1}{6}(2p + 11) \right] \left[\sum_{j=i}^p \ln(\lambda_i) \right] \quad (26)$$

em que n é o tamanho da amostra; p é a população; $\ln(\cdot)$ denota a função logaritmo neperiano; e λ_i $i = 1, 2, \dots, p$ são os autovalores da matriz de correlação amostral $R_{p \times p}$.

Testada a adequabilidade do modelo e obtidas as cargas fatoriais, a próxima etapa consiste na análise e interpretação dos fatores. Segundo Fachel (1976), para facilitar a interpretação dos fatores é prática comum fazer uma rotação ou uma transformação dos mesmos. Vários métodos de rotação e transformação são

propostos, podendo-se utilizar os métodos de rotação ortogonal, em que, os eixos são rotacionados de forma a preservar a independência entre os fatores, sem modificar os ângulos entre estes (quatrimax, varimax e equimax) ou os métodos de rotação oblíqua, que procuram encontrar uma melhor posição para os fatores, permitindo a modificação dos ângulos e fazendo com que os fatores sejam correlacionados (oblimin, quatrimin, promax, etc.). Neste trabalho, propõe-se uma rotação ortogonal pelo método Varimax, que procura minimizar o número de variáveis fortemente relacionadas com cada fator, permitindo assim, obter fatores de fácil interpretação.

Segundo Ferreira Jr et. al. (2004) e Silva et. al. (2003), não há critério definitivo para a determinação do número de fatores necessários para representar o conjunto de dados originais, sendo isso uma tarefa dos pesquisadores que baseiam sua decisão na análise do significado descritivo dos fatores. Hoffman (1992) destaca que, por um lado, um maior número de fatores permite que eles expliquem maior proporção da variância total das variáveis originais, por outro lado, um número menor de fatores facilita e simplifica a análise posterior. Neste estudo, consideraram-se os fatores cuja raiz característica foi maior que a unidade ($\lambda_i > 1$), isto é, aqueles que corresponderam a uma proporção da variância superior àquela atribuída a uma variável isolada.

Para testar a confiabilidade e a consistência interna de cada fator será utilizado o Alpha de Cronbach. Segundo Nader et. al. (2005) o Alpha de Cronbach é um coeficiente de consistência entre diversas variáveis e pode ser entendido como uma função entre o número de variáveis e a intercorrelação média entre as mesmas. O valor de Alpha de Cronbach nas tabelas de sumário do modelo mede esta consistência entre o fator juntamente com as variáveis originais do modelo. Matematicamente, o valor de Alpha de Cronbach é dado por:

$$\alpha = \frac{N \times \bar{c}}{v + (N - 1) \times \bar{c}} \quad (27)$$

em que:

N é o número de variáveis, \bar{c} é a correlação média inter-variáveis, e \bar{v} é a variância média.

O valor de alpha de Cronbach varia entre 0 e 1 e para Hair et. al. (1998) valores entre 0,70 e 1,00 são aceitáveis.

em que:

F_{ij} = índice de infraestrutura normalizado;

F_{\min} = menor escore fatorial observado na amostra; e

F_{\max} = maior escore fatorial observado na amostra.

Após essa normalização, constata-se que todos os escores fatoriais associados aos países analisados estão contidos no intervalo entre zero⁹ e um.

3.6 – Variáveis e Fontes dos Dados

Embasado na diversidade teórica do modelo gravitacional foram escolhidas para esse estudo variáveis econômicas, geográficas e estruturais – PIB real, população, distância – que afetam o comércio entre os países da América do Sul. A variável indicadora do estoque de infraestrutura é construída a partir de 11 diferentes variáveis que representam medidas facilitadoras do comércio entre os países da região;

- Quantidade de usuários de internet (por 100 pessoas);
- Quantidade de usuários de telefone fixo e móvel (por 100 pessoas);
- Consumo de energia elétrica (Kwh *per capita*);
- Densidade da malha rodoviária pavimentada (metragem de rodovias pavimentadas dividido pela metragem total de rodovias medido em quilômetros);
- Densidade da malha ferroviária (quilometragem da malha total dividido pela área total do país);
- Densidade portuária (quantidade de portos dividida pelo tamanho do litoral costeiro medido em quilômetros);
- Densidade aeroportuária (quantidade de aeroportos pavimentados dividido pelo total de aeroportos);

⁹ O menor valor do intervalo foi ajustado para 0,001 uma vez que o modelo estimado encontra-se em formato log-linear.

- Tráfego aéreo internacional de passageiros (em função da população total do país);
- Tráfego aéreo internacional de carga (medido em toneladas);
- Tráfego ferroviário internacional de carga (medido em toneladas); e
- Tráfego marítimo internacional de carga (medido em toneladas).

Além das variáveis descritas acima, foram utilizadas variáveis *dummies* para captar a influência das condições de os países falarem uma mesma língua, apresentarem fronteira comum, participarem de algum acordo regional de comércio, ou ainda não possuírem fronteira com o oceano.

A Tabela 2 apresenta uma descrição das variáveis selecionadas, assim como o relacionamento esperado a partir da teoria econômica e de estudos empíricos.

Tabela 2 – Variáveis selecionadas para o estudo, seu relacionamento esperado com o fluxo de comércio, e a respectiva justificativa

Variável	Relacionamento Esperado	Justificativa
PIB ¹⁰	Positivo	Países com maior poder econômico (medido pelo PIB) tendem a comercializar mais, visto que possuem um mercado consumidor capitalizado e uma maior diversidade de produtos exportáveis.
População	Positivo	Maior mercado produtor/consumidor possibilita uma maior oferta de bens produzidos e uma maior demanda por produtos diferenciados.
Distância ¹¹	Negativo	A existência de rendimentos crescentes e custos de transporte atuam como um incentivo para a concentração da produção próxima a um grande mercado, de forma a que se possam realizar economias de escala e minimizar custos de transporte (KRUGMAN, 1980). Assim, países mais próximos geograficamente tendem a comercializar mais entre si.

¹⁰ Todos os valores monetários foram deflacionados, utilizando-se como base o IPC dos Estados Unidos, tendo como referência o ano 2000.

¹¹ A variável distância é representada pela distância em quilômetros entre as capitais dos países.

Infra-estrutura	Positivo	Uma melhor infra-estrutura permite um melhor escoamento da produção, facilidade nas comunicações, redução dos custos de transporte e conseqüentemente um maior nível comercial.
Grau de Abertura	Positivo	Países que não impõem obstáculos ao comércio facilitam a entrada e a saída de produtos de seu território.
<i>Dummy</i> Adjacência	Positivo	Países que possuem fronteira comum apresentam maior facilidade comercial dada a proximidade geográfica.
<i>Dummy</i> Língua	Positivo	Espera-se que países que falem a mesma língua, tenham maior facilidade de comunicação e conseqüentemente, maior volume de comércio.
<i>Dummy</i> Acesso ao Oceano	Positivo	Países que possuem acesso ao oceano obtêm mais uma via de escoamento de sua produção, sendo, portanto um facilitador de comércio.
<i>Dummy</i> Acordo Regional de Comércio	Positivo	Espera-se que países que possuem acordos bilaterais ou multilaterais de comércio firmados apresentem um fluxo comercial maior, dado o impulso fornecido pela eliminação das barreiras tarifárias e não tarifárias no comércio entre os países.

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os dados utilizados são anuais, para o período compreendido entre os anos de 2000 e 2006, e foram obtidos em diferentes fontes. Os valores das variáveis, PIB, população, quantidade de usuários de internet, quantidade de usuários de telefone fixo e móvel e consumo de energia elétrica foram obtidos no Banco Mundial (2008). A quilometragem de rodovias pavimentadas, número de portos, de aeroportos e extensão da malha ferroviária foram obtidos a partir da publicação da Agência Central de Inteligência dos Estados Unidos (CIA, 2008) intitulada The World FactBook As informações pertinentes ao tráfego aéreo de carga e passageiro, tráfego marítimo e ferroviário internacional entre os países analisados foram obtidas diretamente dos ministérios de transporte dos respectivos países.

A variável distância, representada pela distância física em quilômetros entre as capitais dos países selecionados – Brasil, Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela – foi disponibilizada pelo Centre d'Études Prospectives et d'Informations Internationales (CEPII, 2008). Por fim, o fluxo comercial dos países foi obtido do portal das Nações Unidas, na publicação COMTRADE (2008).

4 – RESULTADOS

4.1 – Estatística Descritiva

Antes de apresentar os resultados obtidos para os índices calculados para a infraestrutura e as equações estimadas, faz-se uma discussão relativa às variáveis consideradas no estudo.

Uma descrição das principais estatísticas descritivas é apresentada na Tabela 3.

Considerando os valores das variáveis para todo o período, o PIB real dos países analisados apresentou um valor médio de US\$ 122 bilhões, valor relativamente alto dado que os países analisados são considerados “em desenvolvimento”. No entanto, cabe ressaltar que uma das restrições da análise da média diz respeito ao problema da influência de valores extremos. Observando o valor máximo (US\$ 912 bilhões, do Brasil) e o mínimo (US\$ 4 bilhões, do Paraguai) nota-se que são realmente dados discrepantes com uma amplitude de mais de US\$ 900 bilhões. Em função disso, recomenda-se a análise do valor mediano, que separa os dados em duas partes deixando à sua esquerda o mesmo número de elementos que à sua direita. No caso do PIB real, a mediana encontrada foi de US\$ 66 bilhões. Próximo desse valor está o PIB do Peru (US\$ 57 bilhões). Acima estão os PIBs do Brasil, Argentina (US\$ 161 bilhões), Venezuela (US\$ 117 bilhões), Colômbia (US\$ 83 bilhões) e Chile (US\$ 75 bilhões) e abaixo os dos demais países. Essas

informações mostram uma grande assimetria do PIB entre os países da América do Sul.

Tabela 3 – Estatística Descritiva das variáveis¹² utilizadas no estudo dos 10 países selecionadas da América do Sul, 2000 – 2006

Variáveis	Unidade	Média	Mediana	Desvio	Mín.	Máx.	Coefficiente de Variação
PIB real	Bilhões US\$	122,25	66,67	48,12	4,31	912,25	39,36
População	Milhões de pessoas	36,20	20,80	1,50	3,30	188,60	4,18
Internet	Cada 100 usuários	10,00	9,00	2,00	1,00	28,00	18,62
Telefone	Cada 100 usuários	44,00	37,00	6,00	12,00	105,00	13,39
Energia	Kwh per capita	1.541,00	1.380,00	84,00	388,00	3.215,00	5,43
Rodovias	% rodovias pavimentadas	24,19	18,50	13,14	5,50	90,00	54,34
Ferrovias	% de ferrovias em relação à área do país	0,54	0,34	0,13	0,07	1,71	23,60
Portos	% de portos em relação à costa do país	0,34	0,24	0,40	0,00	1,36	10,95
Aeroportos	% de aeroportos pavimentados	15,17	15,22	1,52	1,13	32,49	9,99
Passageiros	% passageiros aéreos em relação ao total da população	10,80	8,08	0,68	3,20	25,72	6,34
Carga Aérea	Mil Toneladas	267,50	132,20	167,10	6,58	1.693,10	62,47
Carga Ferroviária	Mil Toneladas	39.284,10	2.186,40	12.749,60	70,50	389.109,00	32,45
Carga Marítima	Mil Toneladas	90.419,70	14.816,40	45.890,40	251,40	692.833,40	50,75

Fonte: Resultados da Pesquisa

Notas: Número de observações (N) = 70

A variável população apresenta média de 36 milhões de pessoas, mediana de 20 milhões e desvio padrão de 1,5 milhões. A maior população se encontra no Brasil (188,6 milhões) e a menor no Uruguai (3,3 milhões). Esses resultados indicam que os dados apresentam uma dispersão absoluta média e uma heterogeneidade entre os dados aceitável, dado seu coeficiente de variação de 4,18%.

¹² A variável distância não foi incluída na estatística descritiva por ser constante ao longo do tempo.

A maioria das variáveis representativas da infraestrutura apresentou alto coeficiente de variação entre os dados, ou seja, há uma grande variação dos dados em relação à média, que ocorre devido à pouca similaridade entre os indicadores na América do Sul, influenciados por decisões políticas distintas.

O valor médio da variável internet indica que de cada 100 pessoas, em média, 10 pessoas têm acesso à internet nos países selecionados. O país que apresenta o maior índice de acesso é o Chile e o menor é o Equador. O país que apresenta maior número de usuários de telefone fixo e móvel é a Argentina, onde 105 de cada 100 pessoas têm acesso a esse serviço, cabendo considerar aqui que uma mesma pessoa pode ter mais de um telefone fixo e ou telefone móvel. Em contrapartida, no Peru, apenas 12 de cada 100 pessoas são usuários de telefone fixo e móvel, valor bem abaixo da média dos países analisados de 44 usuários por cada 100 pessoas.

O consumo de energia elétrica (*kwh per capita*), que apresenta baixo coeficiente de variação (5,43%), indica que essa variável apresenta menor dispersão. O consumo médio nos países é de 1.541 *kwh per capita*. O país que consome mais energia por habitante é a Venezuela (3.215 *kwh*) e o que consome menos é a Bolívia (388 *kwh*). No Brasil, o consumo médio é de 1.930 *kwh* por habitante.

O Uruguai apresenta os melhores indicadores para as variáveis Rodovias, Ferrovias e Portos, apresentando índice de 90% do total das rodovias pavimentadas, 1,71% de malha ferroviária (km de ferrovias / km² de área total do país), e 1,36% de portos (em relação a quilometragem total do litoral do país). Na Venezuela, 32,49% dos aeroportos são asfaltados, sendo, portanto, o país com melhor possibilidade relativa de escoamento da produção por via aérea. Em média 24,19% das rodovias sul-americanas são pavimentadas e a malha ferroviária ocupa em média 0,5% do território total.

O volume de carga transportado nos países selecionados é também muito heterogêneo e apresenta grande diferença entre o valor médio e o valor mediano. O tráfego de carga marítimo é o mais utilizado, apresentando maior volume total de produtos comercializados no período (6,3 bilhões de toneladas). O Brasil é o país que possui maior fluxo comercial e também o que apresenta maior volume de tráfego aéreo, ferroviário e marítimo. Bolívia, Equador e Paraguai apresentam respectivamente, menores volumes de tráfego aéreo, ferroviário e marítimo. O tráfego aéreo de passageiro em relação ao tamanho total da população é mais intenso

no Chile, onde 25,72% da população, em média, utiliza a via aérea como meio de locomoção internacional. Em contrapartida, na Argentina há menor intensidade no uso desse meio de transporte, visto que, em média, 3,22% da população trafegam de avião.

A Tabela 4 mostra algumas estatísticas descritivas do fluxo comercial (Exportações em US\$ FOB) entre os países selecionados. Como era esperado e de acordo com a teoria, países maiores tendem a comercializar mais com países maiores e todos tendem a comercializar mais com países mais próximos. Todos os países apresentaram desvio padrão maior que a média, tendo assim uma grande dispersão absoluta e elevada heterogeneidade. Apesar das diferenças nos fluxos, o comércio internacional é amplamente difundido entre os países analisados, com todos os dez países analisados comercializando entre si.

Tabela 4 – Estatística descritiva do fluxo comercial dos 10 países selecionados da América do Sul, no período 2000/2006 (Milhões US\$)

	Média	Mediana	Desvio	Mínimo	Máximo	Maior parceiro
Brasil	1.622,3	768,9	2.231,0	133,4	11.750,0	Argentina
Argentina	1.405,4	505,1	2.011,1	62,6	8.053,6	Brasil
Bolívia	140,8	60,9	240,4	0,743	1.448,3	Brasil
Chile	397,4	286,4	455,2	24,3	2.881,8	Brasil
Colômbia	401,6	143,2	566,3	1,151	2.420,6	Venezuela
Equador	162,9	64,7	238,0	0,292	1.092,1	Peru
Paraguai	101,0	40,5	133,9	0,536	505,1	Brasil
Peru	195,8	132,9	258,5	0,382	1.426,5	Chile
Uruguai	110,7	33,4	164,2	1,461	618,2	Brasil
Venezuela	283,0	151,1	339,7	1,102	1.497,6	Colômbia

Fonte: Resultados da pesquisa, com base nos dados do COMTRADE (2008).

O país que apresenta a maior média de comércio entre os analisados é o Brasil, que negociou, em média, no período, US\$ 1.622,3 milhões com os demais países da amostra. O maior parceiro comercial do Brasil no período foi a Argentina, tendo negociado um total de US\$ 47,5 bilhões entre 2000 e 2006. A Bolívia é o país que menos comercializou com o Brasil no período, com um total de US\$ 3,11

milhões. Uma consideração importante sobre o Brasil é que o país é o maior parceiro comercial de mais cinco países (Argentina, Bolívia, Chile, Paraguai e Uruguai).

O Paraguai é o país que apresentou, em média, menor volume comercial (US\$101 milhões), sendo que seu principal parceiro (Brasil) comprou aproximadamente 33% de tudo o que foi exportado. O maior parceiro comercial da Bolívia também é o Brasil, representando cerca de 50% de todo o comércio realizado por aquele país. Isso ocorre principalmente devido à compra do gás natural boliviano, principal produto primário exportado.

A assinatura de acordos bilaterais de comércio pode ser destacada ao se analisar o comércio entre alguns desses países. O comércio entre os países membros do Mercado Comum do Sul (Mercosul)¹³ é altamente concentrado, sendo que, para a Argentina e o Paraguai, os demais países membros do bloco são os maiores parceiros comerciais. O Pacto Andino¹⁴ também demonstra força, visto que países como Colômbia, Equador e Venezuela comercializam mais com países membros desse bloco. Cabe ainda destacar o forte comércio entre Venezuela e Colômbia, influenciado tanto pela fronteira em comum, como pela presença de ambos no Pacto Andino.

4.2 – Índice de InfraEstrutura

Para a execução da análise fatorial, houve a necessidade de se “empilhar” os dados, da mesma forma que efetuaram Souza e Lima (2003). Assim procedendo, obteve-se uma matriz de dimensão 70 x 11, em que:

¹³ Mercosul é um acordo multilateral de ajuda comercial firmado entre Brasil, Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai. Cabe ressaltar que em 2007 a Venezuela ingressou no bloco, mas por esse estudo analisar o fluxo comercial de 2000 a 2006 ela foi considerada como não membro do Mercosul

¹⁴ Também conhecido como Comunidade Andina de Nações, é outro acordo multilateral de comércio firmado entre Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela (esta deixou o grupo em 2007).

$$\begin{aligned}
&M_1 \\
&M_2 \\
&M_3 \\
M &= M_4 \\
&M_5 \\
&M_6 \\
&M_7
\end{aligned}
\tag{31}$$

M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 e M_7 , representando, cada um, uma matriz (10 x 11), referente aos anos de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Tal procedimento permite aumentar o número de 10 observações (países analisados) para 70 observações.

Utilizando-se as variáveis anteriormente descritas, foi possível obter os fatores e cargas fatoriais, conforme descrito no item 3.5. A Tabela 1A mostra a extração dos fatores para as onze variáveis selecionadas. Como pode ser observado, o teste de esfericidade de Bartlett (TEB=571,05) mostrou-se significativo ao nível de 1%, rejeitando-se a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade. Logo, torna-se factível a realização da análise fatorial, pois as variáveis estão correlacionadas em grupos específicos, possibilitando a geração de quatro fatores com razoável poder de explicação em relação à proporção da variância total das variáveis originais. O teste de Kaiser-Meyer-Olkin, que compara a magnitude do coeficiente de correlação observado com a magnitude do coeficiente de correlação parcial, com valores entre 0 e 1, apresentou valor de 0,5244, indicando que a base de dados é passível de ser analisada pelas técnicas de análise fatorial.

O procedimento seguinte consistiu na obtenção das cargas fatoriais rotacionadas. O procedimento foi executado e os resultados são mostrados na Tabela 2A, apresentando comunalidades de valor considerável. No entanto, ao executar o teste MSA para as variáveis constatou-se que algumas variáveis apresentavam valor de teste abaixo do valor de aceitação. Optou-se, portanto, em excluir a variável com valor de MSA mais baixo (ferrovias), cujo valor MSA foi igual a 0,3896.

Utilizando novamente os procedimentos descritos no item 3.5, excluindo do algoritmo a variável indicativa de ferrovias, foram obtidas novas raízes características e cargas fatoriais¹⁵. Com os novos resultados, o número de fatores

¹⁵ Ver Tabelas 3A e 4A.

com a raiz característica maior que 1 continua sendo de quatro fatores, no entanto, o teste de Bartlett reduziu-se para 477,93, sendo ainda aceito para análise, e o teste de KMO aumentou para 0,6003, corroborando a aceitação das técnicas de análise fatorial. No processo de obtenção das cargas fatoriais, novamente foram encontrados valores do teste de MSA abaixo do valor de aceitação e, por isso, fez-se necessária a exclusão de outra variável, cujo teste fosse o mais baixo e não aceitável. A variável que apresentou essas características dessa vez foi a variável carga aérea (MSA = 0,4050).

Após a exclusão das variáveis ferrovias e carga aérea, um novo processo de cálculo das cargas fatoriais foi executado, e dessa vez, foram encontradas três cargas fatoriais cuja raiz característica é maior do que uma unidade¹⁶. Ocorreram alterações no teste de KMO e Bartlett com valores que foram, respectivamente, de 0,6420 e 422,71, sendo por isso aceitáveis. Por fim, analisando o teste MSA constatou-se que a variável rodovias também apresentava MSA fora da área de aceitação, no valor de 0,4338, tendo sido necessária sua exclusão.

Conforme pode ser observado na Tabela 5, com a exclusão das variáveis descritas acima, o número de fatores foi reduzido a dois. As raízes características desses fatores selecionados tiveram variação em seu valor e as variâncias agora explicam 70,21% das nove variáveis selecionadas. Também houve alterações nos valores dos testes TEB (394,41) e KMO (0,6765), sem, contudo, alterar a conclusão inicial de que a base de dados é passível de ser analisada pela análise fatorial.

Tabela 5 – Raízes características e porcentagem da variância explicada em cada fator após a rotação ortogonal e a exclusão das variáveis ferrovias, carga aérea e rodovias

Fator	Raiz	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)	Alpha
1	3,3765	0,4221	0,4221	0,850
2	2,2402	0,2800	0,7021	0,923

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: TEB = 394,41, KMO = 0,6765

Para testar a confiabilidade dos fatores executou-se o teste Alpha de Cronbach. Para o fator 1, o teste apresentou poder de confiança moderado com alpha de 0,850, e para o fator 2, alpha de 0,923, sendo portanto, poder de confiança adequado de que os fatores expressam o conjunto de variáveis desejável.

¹⁶ Ver Tabelas 5A e 6A.

Os valores encontrados para as comunalidades, que mostram a proporção da variância total de cada variável original explicada pelos fatores comuns, indicam que a maioria dos indicadores tem a sua variabilidade representada pelos dois fatores obtidos, sendo o indicador Portos (0,4719) o único a apresentar baixo valor para esta característica. Os valores encontrados pelo teste MSA apresentam, em sua maioria, valores desejáveis sendo que as variáveis, carga ferroviária e carga marítima apresentaram valores de MSA considerados regulares, o que para esse estudo, são valores estatisticamente aceitáveis.

Tabela 6 – Cargas fatoriais após rotação ortogonal, comunalidades e testes de MSA e Alpha de Cronbach

Indicadores	Fator 1	Fator 2	Comunalidades	MSA	Alpha Cronbach
Internet	0,8343	0,1833	0.7298	0,7733	0,841
Telefone	0,7360	0,2789	0.6195	0,7058	0,832
Energia	0,8105	0,2465	0.7177	0,7547	0.860
Portos	0,5797	-0,3687	0.4719	0,7305	0,685
Aeroportos	0,7384	-0,0983	0.5549	0,6462	0,812
Passageiros	0,7700	-0,3512	0.7161	0,8242	0,840
Carga ferroviária	0,0263	0,9353	0.8754	0,6199	0,952
Carga marítima	0,0832	0,9615	0.9313	0,6236	0,952

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os valores do teste de Alpha de Cronbach evidenciam resultados significativos, pois seus valores variam entre 0 e 1, observando-se que apresentam valores superiores ou muito próximos a 0,7, o que demonstra uma consistência interna regular.

A partir dos dados das Tabelas 5 e 6, observa-se que o fator 1, que apresenta a maior parcela de variância explicada (42,21%), possui maior correlação com as variáveis internet, telefone, energia, portos, aeroportos e passageiros. Sendo assim nomeado de “Fator infraestrutura, transporte e comunicação”. O fator 2, que possui a segunda maior parcela de variância entre os dois fatores obtidos (28%), está fortemente associado aos indicadores carga ferroviária e carga marítima, que representam variáveis relacionadas à infraestrutura de transporte de carga na América do Sul, sendo com isso chamado de “Fator Carga”

Determinadas as cargas fatoriais e identificados os fatores obtidos, podem-se, então, conforme expressão (28) do item 3.5, estimar os escores fatoriais para cada um dos países, nos anos de 2000 a 2006, conforme demonstrado nas Tabelas 7 e 8.

De acordo com os escores fatoriais, observa-se que os países possuem moderado nível de infraestrutura. Como ressalta Hoffman (1992) essa análise é possível porque os escores fatoriais são valores padronizados, cuja média assume o valor zero ($\mu = 0$) e, portanto, quanto maior for o valor do escore fatorial em relação à média, maior é o nível de infraestrutura de cada estado.

Tabela 7 – 1º Escore Fatorial (F_1) dos 10 países sul-americanos de 2000 a 2006.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	-0,5690	-0,4812	-0,3073	-0,1498	0,0684	0,3671	0,6689
Argentina	-0,4440	-0,3358	-0,3401	-0,1728	0,1377	0,4620	0,8180
Bolívia	-1,5689	-1,5643	-1,5234	-1,4249	-1,3626	-1,2498	-1,2261
Chile	0,8454	1,0871	1,2567	1,5115	1,7826	1,9536	2,0392
Colômbia	-0,9485	-0,8877	-0,7941	-0,6885	-0,4996	-0,1555	0,1862
Equador	-0,8078	-0,6271	-0,5032	-0,4759	-0,2077	0,1132	0,5711
Paraguai	-1,3005	-1,3065	-1,2359	-1,1745	-1,1604	-1,1498	-0,8512
Peru	-0,6668	-0,4827	-0,4099	-0,3302	-0,1916	0,0891	0,4310
Uruguai	0,9703	1,1860	1,0909	1,1966	1,2225	1,5970	2,2134
Venezuela	0,4495	0,5806	0,5852	0,7182	0,7594	1,1029	1,5142

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 8 – 2º Escore Fatorial (F_2) dos 10 países sul-americanos de 2000 a 2006.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	1,5278	2,3249	2,4940	2,7467	3,0636	3,2662	3,4975
Argentina	0,2559	0,3275	0,2940	0,3528	0,4868	0,6593	0,8173
Bolívia	-0,3866	-0,3372	-0,2839	-0,2967	-0,2632	-0,2267	-0,1805
Chile	-0,1972	-0,0513	0,0370	0,0634	0,1661	0,1606	0,1649
Colômbia	-0,4647	-0,4508	-0,3944	-0,3607	-0,3013	-0,1893	-0,0831
Equador	-0,5291	-0,5396	-0,5072	-0,4642	-0,4299	-0,3147	-0,2391
Paraguai	-0,3512	-0,2925	-0,2021	-0,2479	-0,2399	-0,2140	-0,1147
Peru	-0,7039	-0,6470	-0,6241	-0,5503	-0,5375	-0,4934	-0,3817
Uruguai	-0,9408	-1,1041	-1,0584	-0,9981	-0,9866	-0,8740	-0,7050
Venezuela	-0,5497	-0,5062	-0,5314	-0,5055	-0,4265	-0,2985	-0,1299

Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando o escore fatorial 1, percebe-se que apenas o Uruguai, Chile e Venezuela apresentam escores positivos para todos os anos analisados, e que Paraguai e Bolívia apresentam escores negativos para todos os anos analisados. Nota-se que o Brasil apresentou os maiores escores para o fator 2 em todos os anos, e que seu desempenho no fator 1, que no início do período era negativo, cresceu acentuadamente. O Chile apresentou o mesmo desempenho no fator 2 que o Brasil

no fator 1. A Argentina está positivamente relacionada em todos os anos ao fator 2. Os demais países possuem relação negativa com o fator 2 em todos os anos, indicando que o transporte de carga ferroviário e marítimo precisa ser estimulado naqueles países.

De posse dos escores fatoriais, calculou-se, então, o índice de Infraestrutura ponderado, conforme expressão (30) do item 3.5, que é apresentado na Tabela 9¹⁷. O pressuposto da ortogonalidade dos escores fatoriais foi constatado analisando a matriz de variância e covariância¹⁸. Sendo a mesma uma matriz identidade, os escores fatoriais são ortogonais e factíveis de cálculo.

Tabela 9 – Índice de Infra-Estrutura obtido a partir dos escores fatoriais ponderados

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	0,4249	0,6465	0,6878	0,7587	0,8521	0,9183	1,0000
Argentina	0,0919	0,0790	0,0732	0,0563	0,0900	0,1791	0,2837
Bolívia	0,4206	0,4159	0,4009	0,3728	0,3526	0,3176	0,3084
Chile	0,1979	0,2634	0,3138	0,3899	0,4726	0,5232	0,5487
Colômbia	0,2539	0,2358	0,2034	0,1708	0,1130	0,0122	0,0001
Equador	0,2269	0,1857	0,1521	0,1373	0,0815	0,0389	0,1237
Paraguai	0,3405	0,3381	0,3123	0,2968	0,2922	0,2877	0,1951
Peru	0,2281	0,1797	0,1617	0,1304	0,1092	0,0886	0,1108
Uruguai	0,3419	0,4219	0,3920	0,4034	0,4072	0,4816	0,6312
Venezuela	0,1508	0,1687	0,1747	0,2009	0,1987	0,2796	0,3920

Fonte: Resultados da pesquisa

Os resultados indicam uma grande discrepância entre o Brasil e os demais países sul-americanos. Citando, por exemplo, o ano de 2006, nota-se que o Brasil possui um índice de infraestrutura igual à unidade seguido de longe pelo Uruguai, segundo melhor índice, com 0,6312. Ou seja, o Brasil possui um nível infraestrutural quase 50% maior que os demais países sul americanos. Esse é um resultado esperado, visto que o Brasil é o país que apresenta os melhores indicadores socioeconômicos relativos. Ao mesmo tempo é um resultado surpreendente, visto que o Brasil é o maior país em área e, portanto, com maior dificuldade em atender à condições de infraestrutura em todo o território.

¹⁷ Na Tabela 9A em anexo, encontram-se os índices de infraestrutura não normalizados conforme expressão (29)

¹⁸ Ver Tabela 8A

A Colômbia apresentou o menor índice de infraestrutura, com 0,001 no ano de 2006. Observando os escores fatoriais, preditos nas Tabelas 7 e 8, nota-se que a Colômbia apresentou valores negativos para quase todos os anos, a única exceção é para o escore fatorial 1 no ano de 2006. Esse resultado é inesperado. Acreditava-se que países com piores indicadores soioeconômicos, como Bolívia e Equador, por exemplo, teriam os menores índices de infraestrutura. Contudo, analisando os dados brutos utilizados nesse estudo, percebe-se que a Colômbia possui indicadores de infraestrutura moderados e, portanto, a única explicação para esse fraco desempenho está no ajustamento dos dados ao processo de análise fatorial.

4.3 – Estimação do Modelo Gravitacional

A partir da equação (15), o modelo gravitacional foi estimado utilizando o modelo de Dados em Painel, pelo método de efeitos aleatórios. A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos. Nota-se que os resultados obtidos foram de acordo com o esperado, visto que todas as variáveis apresentaram os sinais desejados e também alto valor para o coeficiente de determinação (0,6713) e para o de determinação ajustado (0,6014). Outro resultado esperado foi obtido ao executar o teste de Breusch-Pagan que rejeitou a hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios não é a melhor escolha para essa equação. Contudo, a variável PIB_j e o índice de infraestrutura não foram estatisticamente significativos ao nível de 10%. Ao analisar a matriz de correlação simples¹⁹ foi detectada a presença de colinearidade entre as variáveis PIB_i e POP_i e entre PIB_j e POP_j, o que não é surpresa, visto que há uma relação positiva direta entre essas variáveis. Foi detectada também a presença de autocorrelação pelo teste de Wooldridge, que rejeitou a hipótese de que todos os coeficientes dos termos defasados são iguais a zero.

Tabela 10 – Estimação do modelo gravitacional pelo método de efeitos aleatórios

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
CONS***	- 12,3379	2,9629	-18,1453	-6,5306

¹⁹ Ver tabela 10A em anexo

<i>logPIBi***</i>	0,3954	0,1242	0,1519	0,6389
<i>logPIBj***</i>	0,8023	0,1246	0,5581	1,0466
<i>logPOPi***</i>	0,6554	0,1830	0,2967	1,0142
<i>logPOPj</i>	0,0786	0,1829	-0,2799	0,4373
<i>logDISTij***</i>	-1,4406	0,1930	-1,8189	-1,0622
<i>INF</i>	0,4659	0,2954	-0,1131	1,0449

Notas: ⁽¹⁾ CONS refere-se a constante ou β_1

⁽²⁾ $R^2 = 0,6713$; R^2 ajustado = 0,6014;

⁽³⁾ Teste de Wooldridge (01, 89)= 38,172; Breusch Pagan=762,98

⁽⁴⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para tentar resolver os problemas acima mencionados foram estimadas outras equações corrigidas por um modelo Autorregressivo de Primeira Ordem – AR(1) e foram feitas também simulações com outras variáveis, tais como PIB *per capita*, área territorial dos países, ausência das variáveis população, e por fim, simulações com variáveis *Dummy* e grau de abertura comercial dos países²⁰.

Para todas as equações estimadas, as variáveis PIB_i e PIB_j apresentaram resultado de acordo com o esperado e foram estatisticamente significativas, o mesmo ocorrendo com a variável distância. A variável área territorial, utilizada para substituir a variável população, considerada *proxy* de tamanho do país, apresentou coeficiente com resultado diferente do esperado (-0,0558) e não estatisticamente significativo. Devido a isso a simulação com a variável área territorial foi descartada.

Uma nova tentativa foi feita substituindo as variáveis PIB_i, PIB_j, POP_i e POP_j pelas variáveis PIB *per capita* do país *i* e PIB *per capita* do país *j*. Os resultados obtidos para essa simulação também não foram satisfatórios visto que ela apresentou o menor coeficiente de determinação entre todas as simulações ($R^2=0,1915$), e a variável PIB_j *per capita* não foi estatisticamente significativa. A simulação do fluxo comercial em função do PIB_i, PIB_j, distância e do índice de infraestrutura, sem considerar as variáveis população do país *i* e do país *j*, apresentou um coeficiente para o índice de infraestrutura que não foi estatisticamente significativo.

A inclusão das variáveis *Dummy* e do Grau de Abertura do país possibilitou uma regressão com coeficiente de determinação (0,7689), superior e com todas as variáveis apresentando o valor esperado. Contudo, as variáveis, língua (que capta o

²⁰ Ver tabela 12 ou tabelas 11A, 12A, 13A e 14A em anexo.

efeito de os países falarem a mesma língua), oceano (que capta o efeito de os países possuírem acesso direto ao oceano) e Mercosul (que capta o efeito de os países serem membros desse bloco comercial) não foram estatisticamente significativas, sendo, portanto, excluídas do estudo.

Por fim, conforme demonstra a Tabela 11, após a exclusão das variáveis citadas acima, o modelo apresentou um ajustamento global com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,7618, ou seja, 76,18% do fluxo comercial entre eles é explicado em conjunto pelas variáveis incluídas nessa equação.

Tabela 11 – Estimação do modelo gravitacional pelo método de efeitos aleatórios com variáveis *Dummy* e o Grau de Abertura

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
<i>CONS</i> ***	-12,0421	2,5091	-16,9598	-7,1243
<i>logPIBi</i> ***	0,7259	0,0711	0,5867	0,8652
<i>logPIBj</i> ***	0,8185	0,0742	0,6730	0,9639
<i>logDISTij</i> ***	-1,1709	0,2094	-1,5814	-0,7605
<i>INFRA</i> **	0,7989	0,3359	0,1407	1,4573
<i>ABERTURA</i> ***	1,2375	0,4489	0,3576	2,1173
<i>DANDINO</i> ***	1,0414	0,2117	0,6265	1,4564
<i>DADJACENCIA</i> **	0,6017	0,2693	0,0738	1,1296
<i>AR(1)</i>	0,3256			

Notas: ⁽¹⁾ $R^2 = 0,7618$; R^2 ajustado = 0,6776

⁽²⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando a variável PIB do país *i*, percebe-se que uma variação positiva de 10% nessa variável, provocará um aumento de aproximadamente 7,2% no fluxo comercial, e que uma variação de 10% na variável PIB do país *j* provocará um aumento de aproximadamente 8,2% no fluxo comercial. Observa-se assim que, em média, o comércio entre dois países da América do Sul está mais relacionado com o tamanho da economia do parceiro comercial (país *j*) do que com o PIB real do próprio país (país *i*). Se somente houver crescimento econômico no país sede e os demais parceiros comerciais permanecerem estagnados, a produção interna do país sede deixará de ser exportada e será direcionada para o mercado interno a fim de abastecer a demanda interna não mais suprida pelas importações. Esse resultado confirma outros estudos realizados como os de Hidalgo e Vergolino (1997), Frankel e Romer (1999) e por Filippini e Molini (2003)

Era esperado um valor negativo para a variável distância devido ao fato de países mais distantes comercializarem menos. Essa variável é estatisticamente significativa e demonstra que uma variação de 10% na distância entre os países diminuiu em 11,71% o fluxo comercial. Barcellos Neto (2002) em seu estudo também encontrou resultado semelhante para países do Mercosul e concluiu que países parceiros comerciais mais distantes comercializam menos comparativamente a países próximos.

O índice de infraestrutura demonstrou valor condizente com o esperado e é estatisticamente significativo ao nível de 5%. Como esperado, essa variável tem um papel diferenciado no fluxo comercial, pois as variáveis que compõem esse índice consistem de fatores essenciais para o comércio, tais como meios de comunicação, portos e aeroportos. Conforme observado na Tabela 11, essa variável apresentou poder de variação do fluxo comercial. Uma variação de 10% no índice de infraestrutura provoca um aumento de aproximadamente 8% no fluxo comercial. Esse resultado corrobora a expectativa inicial sobre o papel que essa variável desempenha, podendo-se constatar que incentivos a melhorias na infraestrutura dos países têm efeito direto no crescimento do PIB interno e no aumento do fluxo comercial.

A variável que representa o Grau de Abertura das economias foi a que mostrou maior efeito sobre a variável Fluxo Comercial. Ela é estatisticamente significativa ao nível de 1% e seu coeficiente indica que se o Grau de Abertura dos países aumentar em 1%, o fluxo comercial aumentará mais que proporcionalmente (1,23%). Cabe ressaltar que esse índice está fortemente relacionado a decisões políticas internas de cada país e por isso pode ser alterado com mais facilidade.

O fato de um país ser membro do Pacto Andino também influencia no fluxo comercial, visto que um país que é membro deste bloco comercializa até 2,83²¹ vezes mais que um país que não é membro. Desse modo, acordos comerciais como o do Pacto Andino, melhoram a comunicação, aproximam parceiros e reduzem as barreiras, facilitando as negociações comerciais.

O efeito fronteira incide de forma positiva sobre o fluxo comercial, indicando que o comércio entre países vizinhos é 1,82 vezes maior que do que com aqueles países que não têm fronteira comum. Esse resultado mostra que há uma preferência

²¹ e^{1,04145}. Para mais detalhes ver Halversen e Palmquist (1980).

em comercializar com países fronteiriços, resultado coerente com outros estudos como os de Piani e Kume (2000), e Silva e Almeida (2008).

Tabela 12 – Resultados obtidos nas estimações do modelo gravitacional

Fluxo Comercial	Coeficientes.					
	1° Modelo	2° Modelo	3° Modelo	4° Modelo	5° Modelo	6° Modelo
<i>CONS</i>	-12,3379	-9,0861	19,7280	-9,3982	-13,5281	-12,0421
<i>logPIBi</i>	0,3954	0,7791	-	0,7822	0,7077	0,7259
<i>logPIBj</i>	0,8023	0,7925	-	0,7702	0,8145	0,8185
<i>logPOPi</i>	0,6554	-	-	-	-	-
<i>logPOPj</i>	0,0786	-	-	-	-	-
<i>logDISTij</i>	-1,4406	-1,3607	-0,9098	-1,3582	-1,106	-1,1709
<i>INFRA</i>	0,4659	0,4755	1,1078	0,4565	1,0227	0,7989
<i>logAREA</i>	-	-0,0558	-	-	-	-
<i>logPIBPERi</i>	-	-	0,6765	-	-	-
<i>logPIBPERj</i>	-	-	0,0177	-	-	-
<i>ABERTURA</i>	-	-	-	-	1,2403	1,2375
<i>DANDINO</i>	-	-	-	-	1,6957	1,0414
<i>DADJACENCIA</i>	-	-	-	-	0,7522	0,6017
<i>DLINGUA</i>	-	-	-	-	0,5893	-
<i>DOCEANO</i>	-	-	-	-	0,2181	-
<i>DMERCOSUL</i>	-	-	-	-	0,7479	-
<i>AR(1)</i>	-	0,3419	0,3615	0,3419	0,3256	0,3256
<i>R²</i>	0,6713	0,6840	0,1915	0,6839	0,7689	0,7618

Nota: As variáveis não estatisticamente significativas estão em negrito

Fonte: Resultados da Pesquisa

Analisando todas as regressões, constata-se que a colinearidade encontrada no 1° modelo subestima o poder de explicação do PIB do país *i* e para os outros modelos o mesmo apresenta tendência e poder de explicação bastante parecido. Muito disso também pode ser explicado pela adoção nos demais modelos do agente auto-regressivo de 1ª ordem. A variável distância, mesmo com todos os problemas encontrados, manteve a mesma tendência e se mostrou pouco oscilante em todos os modelos. O índice de infraestrutura por sua vez, quando estatisticamente significativo, apresentou um poder de explicação próximo a 1 unidade, em média. Cabe ressaltar que o índice apresentou maior poder de explicação quando foi examinado juntamente ao PIB *per capita* dos países. Tal resultado pode ser explicado, pois como demonstrado na seção 2.2 a infraestrutura possui maiores efeitos quando analisada em termos *per capita*. No entanto, a análise com PIB *per*

capita resultou em um valor de constante economicamente inviável, visto que se todas as variáveis analisadas forem nulas o comércio entre os países será de 19,728, o que não há explicação. Por fim o coeficiente de determinação apresentou bom resultado de explicação e quanto mais variáveis foram sendo adicionadas aos modelos, maior foi seu poder de explicação.

5 – CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou identificar o papel da infraestrutura sobre os fluxos comerciais da América do Sul. Nesse contexto, propôs-se calcular um indicativo de infraestrutura que fosse capaz de caracterizar e agrupar a situação infraestrutural em 10 países selecionados na América do Sul no período de 2000 a 2006. A metodologia aplicada atendeu aos objetivos estabelecidos e mostrou-se eficiente no cálculo das elasticidades. Como era esperado, pelo conhecimento empírico, a infraestrutura apresentou relação positiva com o fluxo comercial reafirmando sua importância no que tange à facilitação do comércio entre as nações.

A obtenção de um índice de infraestrutura, por meio do processo de Análise Fatorial, mostrou-se eficaz, de acordo com os testes aplicados e, condizente com a realidade desses países. Brasil e Uruguai apresentaram os melhores índices e, portanto, estão mais propensos a impulsionar o comércio e por sua vez o crescimento econômico nacional. Colômbia e Peru obtiveram os piores índices de infraestrutura entre os países analisados, e de acordo com a teoria, eles devem redirecionar seus investimentos para esses setores estratégicos, a fim de reduzir a diferença para os demais países. Cabe mencionar a tendência de queda do índice de infraestrutura da Bolívia, Colômbia, Equador, Paraguai e Peru, resultado que vai contra a conjuntura sul-americana de aumento nos investimentos em infraestrutura com a finalidade de minimizar a ausência desses investimentos nos anos 1980 e 1990.

O modelo de efeitos aleatórios se mostrou eficaz para explicar o relacionamento entre os fluxos comerciais e a infraestrutura, visto que o resultado

está em consonância com a literatura relacionada. Como previsto, os resultados mostraram-se consistentes com outros estudos. Elasticidade-renda (PIB), Índice de infraestrutura, Grau de Abertura e as variáveis *Dummy* utilizadas têm efeito positivo sobre os fluxos comerciais. Elasticidade distância tem efeito negativo. A regressão como um todo apresenta bom poder de explicação, sendo que essas variáveis explicam 76,18% das variações no Fluxo Comercial.

O índice de infraestrutura, principal contribuição desse estudo, demonstra a importância para o comércio sul-americano e ao mesmo tempo sua deficiência. Como a redução das barreiras tradicionais, via acordos comerciais e formação de blocos econômicos, já são uma constante na conjuntura sul-americana, as perspectivas dos governantes devem estar voltadas para a ajuda mútua na redução das barreiras não tarifárias, principalmente a infraestrutura. Conforme demonstrado, o incremento de 1% no índice de infraestrutura provoca um aumento de 0,7989% no Fluxo Comercial, o que impulsionaria de forma considerável o crescimento econômico desses países.

Os resultados obtidos corroboram os estudos de Hidalgo e Vergolino (1997), Frankel e Romer (1999), Filippini e Molini (2003) e Silva e Almeida (2008), entre outros, que destacaram principalmente os efeitos positivo do PIB e negativo da distância em influenciar o fluxo comercial.

Com a criação da Unasul, cresce a expectativa de que os investimentos nesse setor vão aumentar. Contudo, o investimento deve ser orientado de forma eficaz e direcionado para os setores e países mais defasados, os quais podem ser identificados analisando-se índices e resultados como os propostos por esse estudo. Cabe ressaltar ainda que políticas de investimento em infraestrutura possuem pouco efeito de curto prazo, como ressalta Ferreira e Malliagos (2008), havendo uma forte relação entre infraestrutura e produto no longo prazo e portanto, as possíveis medidas adotadas visando ao investimento nesse setor devem ser projetadas de forma contínua.

Sendo assim, esse estudo torna-se um indicativo para os formuladores de política pública do poder que a infraestrutura tem sobre o comércio e quais os países e setores que estão mais defasados. Com isso esses formuladores podem implementar suas políticas de desenvolvimento de forma eficaz. Os resultados obtidos demonstram que investimentos em conjunto para sanar os gargalos infraestruturais teria impacto direto no comércio o que possibilitaria aos países todos os ganhos

oriundos das negociações comerciais. Exemplos de investimentos em conjunto de êxito na região são comuns como a usina de Itaipu que gera energia para o Brasil e para o Paraguai, sendo construída com investimento em conjunto desses dois países e tendo resolvido um grande gargalo infraestrutural de geração de energia, além do gasoduto Brasil Bolívia que disponibiliza o gás da Bolívia de forma direta e com custo reduzido para o mercado brasileiro. Caberia aos órgãos governamentais e principalmente a Unasul investimentos direcionados a setores como o de telecomunicações e transporte, pois ainda existem países no continente com bastante deficiência nesses indicadores, o que reduz a eficiência do comércio. Outras medidas também podem ser implementadas, como, por exemplo, a melhoria no relacionamento político entre países com ideologias distintas e a redução nas dificuldades de comunicação devido ao idioma diferenciado. Aceitar e compreender as diferenças também é um poderoso argumento para melhorias comerciais.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, James E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. **American Economic Review**, v. 69, pp. 106-116. 1979.

ASCHAUER, D. Is Public Expendure Productive? **Journal of Economic Growth**, v. 23, n.2, p. 177- 200, mar. 1989.

ASCHAUER, D. Does Public Capital Crowd Our Private Capital? **Journal of Monetary Economics**, v. 23, Jun. 1989.

AZEVEDO, André F. Z. O Efeito do Mercosul sobre o comércio: Uma análise com o modelo gravitacional. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.34, n.2, p.309-339, ago. 2004.

BALESTRA, P.; NERVOLE, M. Pooling cross-section and time series data in the estimation of a dynamic model: The demand for natural gas. **Econometrica** v.34, pp. 585–612. 1966

BALTAGI, Badi H. **Econometric analysis of painel data**. 2º ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2001.

BANCO MUNDIAL. **World Development Report 1994**: Infrastructure for development. Washington, 1994.

BARCELLOS NETO, P. C. F. **Impactos comerciais da área de livre comércio das Américas: Uma aplicação do modelo gravitacional**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 98p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

BARRO, R. J. Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. **The Journal of Political Economy**, Vol. 98, No. 5, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems, p.p.103-125, October, 1990.

BARROSO, L.P.; ARTES, R. **Análise multivariada**. Lavras: UFLA, 2003.

BENITEZ, R.M. O capital social fixo como insumo do desenvolvimento regional. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 29, n.2, p. 143-157, abr./jun. 1998.

BERGSTRAND, C. F. The gravity in internacional trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. **The Review of Economics and Statistics**, v;67 n.3 p. 474-481. 1985.

BERGSTRAND, C. F. The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor proportions theory in international trade. **MIT Press**, v. 71 p. 143-153. 1989.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A.R. The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. **Review of Economic Studies**. n. 47, v.1. p.239-253. 1980.

BRUE, Stanley L. **História do Pensamento Econômico**. São Paulo: Thomson Learning, 6º Ed. 2005.

CALDERÓN, C., SERVÉN L. The Effects of Infrastructure Development on Growth and income. Washington, D.C.: World Bank, 2004 (Policy Research Working Paper nº 3400)

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (CIA). The World FactBook. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>. Acesso em out/2008

CENTRE D'ESTUDES PROSPECTIVES ET D'INFORMATIONS INTERNATIONALES (CEPII). Disponível em: <http://www.cepii.fr>. Acesso em: out/2008.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE (CEPAL). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2007. Disponível em: <http://www.cepal.org>. Acesso em jun/2008.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA COMÉRCIO E DESENVOLVIMENTO (UNCTAD). Disponível em: <http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/detail/6775.html>. Acesso em: ago/2008.

DEARDORFF, Alan V. Determinants of bilateral trade: does gravity work in a neoclassical world? In *The Regionalization of the World Economy*, ed. Jeffrey A. Frenkel. 1998. Chicago, IL: University of Chicago Press.

DOMINGUES, E. P., MAGALHÃES, A. S., FARIA, W. R. Impacto dos investimentos do PAC em Minas Gerais: Efeitos sobre crescimento e desigualdade. Anais XIII Seminário sobre a Economia Mineira, 26 a 29 de agosto, Diamantina, 2008.

DRUKKER, D. M. 2003. Testing for serial correlation in linear panel-data models. **Stata Journal** 3: págs.: 168–177.

EASTERLY, W., REBELO, S. Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation. **Journal of Monetary Economics**, v. 32, p. 417-458, 1993.

EVENETT, S. J., KELLER, W. On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation. **The Journal of Political Economy**, v.110 n° 2 pp. 281-316. 2002

FACHEL, J.M.G. **Análise fatorial**. 1976. 81f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

FERNANDES, T.A.G.; LIMA, J.E. Uso de análise multivariada para identificação de sistemas de produção. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1823-1836, out. 1991.

FERREIRA, P. C.; MALLIAGROS, T. G. **Impactos Produtivos da Infra-Estrutura no Brasil: 1950-1995**. Disponível em: <http://epge.fgv.br/portal/arquivo/1180.pdf>. Acesso em 22/05/2008.

FERREIRA JÚNIOR, S.; BAPTISTA, A.J.M.S.; LIMA, J.E. A modernização agropecuária nas microrregiões do Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.42, n.1, p. 73 - 89, 2004.

FILIPPINI, C., MOLINI, V. The Determinants of East Asian trade flows : a gravity equation approach. **Journal of Asian Economics**, v.14, p. 695-711, 2003.

FLACH, Lizandra. **Uma análise em modelo gravitacional para os determinantes do investimento direto externo no Brasil**. Monografia de Bacharelado. UFSC: Florianópolis, 2000.

FLEURY, F. L. **Investimentos em Infraestrutura como instrumento de Política Industrial**. São Paulo: USP, 2009, 195p. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo (USP).

FRANKEL, Jeffrey. **Regional trading blocs: in the world economic system**. Washington, DC: Institute for International Economics, 1997

FRANKEL, J, ROMER, D. Does Trade Cause Growth? **The American Economic Review**, v.89, n° 3, p. 379-399, 1999.

GOMES, S. C. **Análise Econométrica da Produtividade Total dos Fatores na Amazônia Legal, 1990 – 2004**. Viçosa: UFV, 2007. 224 págs. Tese de Doutorado em Economia Aplicada.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro: Campus, 4° Ed. 2006.

HAIR, J.F., et. al. **Multivariate Data Analysis**. 5.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

HALVERSEN, R. PALMQUIST, R. The Interpretation of Dummy Variables in Semi Logarithmic Equations. **American Economic Review**. v. 70, n.3, p. 474-475, 1980.

HARMAN, H.H. **Modern factor analysis**. 3.ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.

HEAD, K. Gravity for Beginners. **UNjobs a Swiss Association**. Disponível online em: <http://unjobs.org/authors/keith-head>. Acesso em: 09/2008.

HELPMAN, E. Multinational corporations and trade structure. **The review of economic**, v.52, n.3, p.443-457. 1984.

HELPMAN, E.; KRUGMAN, P. **Market Structure and Foreign Trade**. Massachusetts: MIT Press, 1985

HIDALGO, A. B., VERGOLINO, J. R. **O Nordeste e o comércio inter-regional e internacional: um teste dos impactos através do modelo gravitacional**. Recife: UFPE, Pimes, jun. 1997 (Texto para Discussão 388)

HIRSCHMAN, A. O. The Strategy of Economic Development. *Yale University Press*, 1958.

HOFFMAN, R. **Componentes principais e análise fatorial**. 3. ed. Piracicaba: ESALQ. 1993. (Série Didática n. 80).

HOFFMAN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992.

HOLTZ-EAKIN, D. SCHWARTZ, A.E. Infrastructure in a Structural Model of Economic Growth. **NBER Working Paper**, nº W4824, 1994

JAYME JR, F. G. Comércio Internacional e crescimento econômico. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, Rio de Janeiro, n. 69, out-dez 2001.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

JONES, C.I. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico**. Rio de Janeiro: Campus. 2000.

JONES, R. W.; NEARY, J. P. The Positive Theory of International Trade. In: JONES, R.W.; KENEN, P. B. **Handbook of International Economics**. 1º ed. vol.1. Amsterdam: North-Holland, 1984.

JORDÁN, Jaime; PARRÉ, José Luiz. Dinâmica das Exportações da América Latina : Economias de Escala ou *Dumping* Recíproco? **Economia Aplicada**, v.10, n.4, p.589 – 607, out-dez 2006.

KIM, J.O.; MUELLER, C.W. **Introduction to factor analysis**: what it is and how to do it. Beverly Hills: SAGE, 1978. (Series quantitative Applications in the Social Science, 7-13).

KMENTA, Jan. **Elements of Econometrics**. 2º ed. Nova York: Macmillan, 1986.

KRISTJÁNSDÓTTIR, Helga. **A Gravity Model for Exports from Iceland**. Disponível on line em: www.econ.ku.dk/cam/. Acesso em Dez/2007.

KRUGMAN, Paul. Scale Economies, Product Differentiation and The Pattern of Trade. **American Economic Review**, vol 70, p. 950-959, 1980

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M. **Economia Internacional: Teoria e Política**. 6º ed. São Paulo: Pearson, 2007.

LE MOS, J.J.S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.32. n.3, p. 406-429, 2001.

LINNERMANN, Hans. **An econometric study of international trade flows**. Amsterdam: North Holland, 1966.

LOPES, M.L.B., et. al. Estimativa de Indicadores de Degradação Ambiental no estado do Pará: Uma análise a partir de Modelos Estáticos Multivariados. **Revista do IESAM**, v3, n1, 2005.

MALLIAGROS, T. G. **O impacto da infra-estrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro: análise empírica e evolução histórica**. Rio de Janeiro: EPGE/Fundação Getulio Vargas, 1997.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods** – a primer. New York: Chapman and Hall, 1986.

MATA, D. da; FREITAS, R. E. Produtos Agropecuários: Para quem exportar? **Revista de Economia Rural**, v.46, n.2, p.257-290, abr-jun 2008.

MENDES, S. M., TEIXEIRA, E.C. Efeitos dos investimentos em infra-estrutura na produtividade total dos fatores na agricultura brasileira. In: Erly Cardoso Teixeira; Marcelo José Braga. (Org.). **Investimento e Crescimento Econômico no Brasil**. Viçosa: Editora da UFV, v. 1, p. 283-300, 2006.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: EDUFMG, 2005.

MONTENEGRO, C., SOTO, R. How distorted is Cuba's trade? Evidence and Predictions from a gravity model. **The Journal of International Trade and Economic Development**, v.5, p.45-68, 1996

NEDER, H. D. et. al. Análise dos fatores condicionantes dos resultados da reforma agrária no Brasil. Anais do XXXIII Encontro Nacional da ANPEC. Natal, 2005.

NORTH, D.C. Teoria da localização e crescimento econômico regional. In: SCHWARTZMAN, J. (Org.). **Economia regional: textos escolhidos**. Belo Horizonte, Cedeplar, 1977. p. 291-313.

PAZ, Lourenço, S. **Brazilian International and Inter-State Trade Flows: An Exploratory Analysis Using The Gravity Model**. Rio de Janeiro: FGV, 2003, 93p. (Dissertação de Mestrado) Fundação Getúlio Vargas (FGV).

PERRY, G., O. ARIAS, H. LÓPEZ, W. MALONEY, L. SERVÉN. **“Poverty reduction and growth: virtuous and vicious circles”**. The World Bank, 2006.

PIANI, G., KUME, H. Fluxos bilaterais de comércio e blocos regionais: Uma aplicação do Modelo Gravitacional. IPEA, **Texto para discussão nº. 749**, Rio de Janeiro, 2000.

RAO, P. D. S. KAPLAN, J. COCHRAN, W. G. Estimators For The One-Way Random Effects Model With Unequal Error Variances. **Journal of the American Statistical Association**, v.76, nº 373, p.89-97, MAR/1981.

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

RIGOLON, F. J., PICCININI, M. S. O Investimento em Infra-estrutura e a Retomada do Crescimento Econômico Sustentado. BNDES, **Texto para discussão nº63**, Rio de Janeiro, 1997.

SALES, M.F.P. **Condicionantes da sustentabilidade do setor agrícola do Estado do Pará**. Viçosa: UFV, 1995, 120p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de Viçosa (UFV).

SANCHEZ-ROBLES, B. Infrastructure, Investment and Growth: Some Empirical Evidence. **Contemporary Economic Policy**, Oxford, v, 16, p. 98-108. 1998.

SILVA, O. M., ALMEIDA, F. M. Comércio interestadual e infra-estrutura no Brasil: uma análise do relacionamento no Brasil. Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 20 a 23 de julho, Rio Branco, 2008.

SILVA, R.G.; BAPTISTA, A.J.M.S.; FERNANDES, E.A. Modernização agrícola na região norte: uma aplicação da estatística multivariada. **RV Economia**, Rio Verde, ano 5, n. 11, p. 20-24, nov. 2003.

SMITH, A. **A Riqueza das Nações: Investigação sobre sua natureza e suas causas**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

SOLOW, R.M. Technical change and the aggregate production function. **Review of Economics and Statistics**, v. 39, p. 312-320, Aug. 1956.

SOUZA, B.M. e LIMA, J.E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e nas unidades de federação. Rio de Janeiro: FGV. **Revista Brasileira de Economia**, v.57, n.4, p.795-824, 2003.

TINBERGEN, Jan. **Shaping the world economy: suggestions for an international economic policy**. New York: Twentieth Century Fund. 1962

UNITED NATIONS. Comtrade. Disponível em: <http://comtrade.un.org/db/>. Acesso em out/2008..

WILSON, JOHN S., et. al. Trade Facilitation and Economic Development: A New Approach to Quantifying the Impact. **The World Bank Economic Review**, v.17, n.3, p.367 – 389. 2003.

WOOLDRIDGE, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT: 2002.

WORLD BANK. World Development Indicator. Disponível em: www.worldbank.org. Acesso em out/2008.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A – Raízes características e porcentagem da variância explicada em cada fator após a rotação ortogonal

Fator	Raiz	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	2,9077	0,2643	0,2643
2	2,2402	0,2037	0,4680
3	1,8869	0,1715	0,6395
4	1,6353	0,1487	0,7882

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: TEB = 571,05, KMO = 0,5244

Tabela 2A – Cargas fatoriais após rotação ortogonal, comunalidades e teste de MSA

Indicadores	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Comunalidades	MSA
Internet	0,91	0,07	0,19	-0,01	0,8796	0,7372
Telefone	0,89	0,08	0,02	0,02	0,7984	0,7582
Energia	0,69	0,28	0,29	0,26	0,7026	0,6133
Rodovias	-0,15	-0,25	0,06	0,72	0,6041	0,5526
Ferrovias	0,47	-0,04	-0,02	0,69	0,7129	0,3896
Portos	0,17	-0,07	0,57	0,64	0,7634	0,4071
Aeroportos	0,29	0,18	0,76	0,21	0,7489	0,4140
Passageiros	0,52	-0,31	0,67	0,07	0,8317	0,7208
Carga aérea	0,37	0,42	-0,62	0,22	0,7620	0,5060
Carga ferroviária	0,03	0,94	-0,01	-0,19	0,9272	0,4060
Carga marítima	0,16	0,94	-0,09	-0,14	0,9394	0,4403

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 3A – Raízes características e porcentagem da variância explicada em cada fator após a rotação ortogonal, após a exclusão da variável ferrovias.

Fator	Raiz	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	2,6322	0,2632	0,2632
2	2,2641	0,2264	0,4896
3	2,2174	0,2217	07114
4	1,0944	0,1094	0,8208

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: TEB = 477,93, KMO = 0,6003

Tabela 4A – Cargas fatoriais após rotação ortogonal, comunalidades e teste de MSA

Indicadores	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Comunalidades	MSA
Internet	0,88	0,05	0,26	-0,18	0.8847	0,7063
Telefone	0,89	0,05	0,08	-0,02	0.8077	0,7267
Energia	0,72	0,24	0,36	0,32	0.8183	0,6431
Rodovias	-0,08	-0,30	0,20	0,82	0.8134	0,4461
Portos	0,10	-0,11	0,77	0,19	0.6542	0,6175
Aeroportos	0,28	0,15	0,79	0,16	0.7478	0,6213
Passageiros	0,45	-0,32	0,70	-0,20	0.8364	0,7212
Carga aérea	0,46	0,39	-0,50	0,37	0.7596	0,4050
Carga ferroviária	0,03	0,96	-0,02	-0,15	0.9386	0,4852
Carga marítima	0,16	0,95	-0,09	-0,11	0.9478	0,5293

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 5A – Raízes características e porcentagem da variância explicada em cada fator após a rotação ortogonal, após a exclusão das variáveis ferrovias e carga aérea.

Fator	Raiz	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	2,7632	0,3070	0,3070
2	2,1809	0,2423	0,5493
3	1,8939	0,2104	0,7598

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: TEB = 422,71, KMO = 0,6420

Tabela 6A – Cargas fatoriais após rotação ortogonal, comunalidades e teste de MSA

Indicadores	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidades	MAS
Internet	0,93	0,08	0,07	0.8779	0,6895
Telefone	0,87	0,12	-0,01	0.7714	0,7286
Energia	0,67	0,27	0,45	0.7239	0,6822
Rodovias	-0,21	-0,29	0,60	0.4934	0,4338
Portos	0,22	-0,14	0,75	0.6375	0,6298
Aeroportos	0,39	0,13	0,74	0.7233	0,6210
Passageiros	0,66	-0,31	0,42	0.7045	0,8335
Carga ferroviária	0,03	0,97	-0,09	0.9481	0,5365
Carga marítima	0,12	0,96	-0,12	0.9581	0,5505

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 8A – Matriz de variância e covariância dos escores fatoriais

	F_1	F_2
F_2	0.99	0.00
F_2	0.00	0.99

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 9A – Índice de Infra-Estrutura obtido a partir dos escores fatoriais

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brasil	1,6303	2,3742	2,5129	2,7507	3,0643	3,2868	3,5609
Argentina	0,5125	0,4691	0,4496	0,3928	0,5059	0,8051	1,1564
Bolívia	1,6158	1,6002	1,5496	1,4555	1,3878	1,2702	1,2393
Chile	0,8681	1,0883	1,2573	1,5128	1,7903	1,9602	2,0459
Colômbia	1,0563	0,9956	0,8867	0,7773	0,5834	0,2449	0,2039
Equador	0,9657	0,8273	0,7145	0,6647	0,4774	0,3344	0,6191
Paraguai	1,3471	1,3388	1,2524	1,2004	1,1849	1,1696	0,8589
Peru	0,9696	0,8073	0,7467	0,6418	0,5706	0,5013	0,5758
Uruguai	1,3515	1,6204	1,5200	1,5582	1,5710	1,8205	2,3230
Venezuela	0,7101	0,7703	0,7904	0,8783	0,8710	1,1426	1,5198

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 10A – Matriz de correlação simples na forma Log-Linear

	<i>Fluxo</i>	<i>PIBi</i>	<i>PIBj</i>	<i>POPi</i>	<i>POPj</i>	<i>DISTij</i>	<i>INF</i>
<i>Fluxo</i>	1,0000						
<i>PIBi</i>	0,4801	1,0000					
<i>PIBj</i>	0,4088	-0,0974	1,0000				
<i>POPi</i>	0,4412	0,9044	-0,0989	1,0000			
<i>POPj</i>	0,3851	-0,0989	0,9044	-0,1104	1,0000		
<i>DISTij</i>	-0,2628	0,1490	0,1490	0,1411	0,1411	1,0000	
<i>INF</i>	0,0757	-0,0137	0,2217	-0,0191	0,1999	0,0095	1,0000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 11A – Estimação por efeitos aleatórios com a variável Área.

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
<i>CONS***</i>	-9,0861	2,8271	-14,6272	-3,5449
<i>logPIBi***</i>	0,7791	0,0744	0,6331	0,9250
<i>logPIBj***</i>	0,7925	0,0907	0,6146	0,9703
<i>logAREA</i>	-0,0558	0,1278	-0,3062	0,1947
<i>logDISTij***</i>	-1,3607	0,1836	-1,7207	-1,0007
<i>INF</i>	0,4755	0,3399	-0,1908	1,1417
<i>AR(1)</i>	0,3419			

Notas: ⁽¹⁾ $R^2 = 0,6840$; R^2 ajustado = 0,6086

⁽²⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 12A – Estimação por efeitos aleatórios com PIB per capita.

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
<i>CONS***</i>	19,7280	2,4706	14,8858	24,5702
<i>logPIBPERi***</i>	0,6765	0,1982	0,2881	1,0649
<i>logPIBPERj</i>	0,0177	0,1121	-0,2019	0,2373
<i>logDISTij***</i>	-0,9098	0,2856	-1,4695	-0,3501
<i>INF***</i>	1,1078	0,3806	0,3618	1,8539
<i>AR(1)</i>	0,3615			

Notas: ⁽¹⁾ $R^2 = 0,1915$; R^2 ajustado = 0,1712

⁽²⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 13A – Estimação por efeitos aleatórios sem população.

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
<i>CONS</i> ***	-9,3982	2,7332	-14,7552	-4,0413
<i>logPIBi</i> ***	0,7822	0,0741	0,6370	0,9274
<i>logPIBj</i> ***	0,7702	0,0749	0,6232	0,9172
<i>logDISTij</i> ***	-1,3582	0,1835	-1,7179	-0,9985
<i>INF</i>	0,4565	0,3369	-0,2038	1,1167
<i>AR(1)</i>	0,3419			

Notas: ⁽¹⁾ $R^2 = 0,6839$; R^2 ajustado = 0,6085

⁽²⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 14A – Estimação por efeitos aleatórios com *Dummies*.

Fluxo Comercial	Coefficiente	Erro Padrão	Intervalo de confiança (95%)	
<i>CONS</i> ***	-13,5281	3,2834	-19,9636	-7,0927
<i>logPIBi</i> ***	0,7077	0,0723	0,5661	0,8493
<i>logPIBj</i> ***	0,81454	0,1085	0,6019	1,0272
<i>logDISTij</i> ***	-1,106	0,2108	-1,5191	-0,6928
<i>INFRA</i> ***	1,0227	0,3702	0,2971	1,7483
<i>ABERTURA</i> ***	1,2403	0,4584	0,3419	2,1387
<i>DLINGUA</i>	0,5893	0,4968	-0,3843	1,5629
<i>DOCEANO</i>	0,2181	0,3481	-0,4641	0,9003
<i>DMERCOSUL</i>	0,7479	0,9822	-1,1771	2,6729
<i>DANDINO</i> **	1,6957	0,9783	-0,2217	3,6131
<i>DADJACENCIA</i>	0,7522	0,2796	0,2041	1,3003
<i>AR(1)</i>	0,3256			

Notas: ⁽¹⁾ $R^2 = 0,7689$; R^2 ajustado = 0,6837

⁽²⁾ *** nível de significância de 1%; ** nível de significância 5%; * nível de significância de 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.