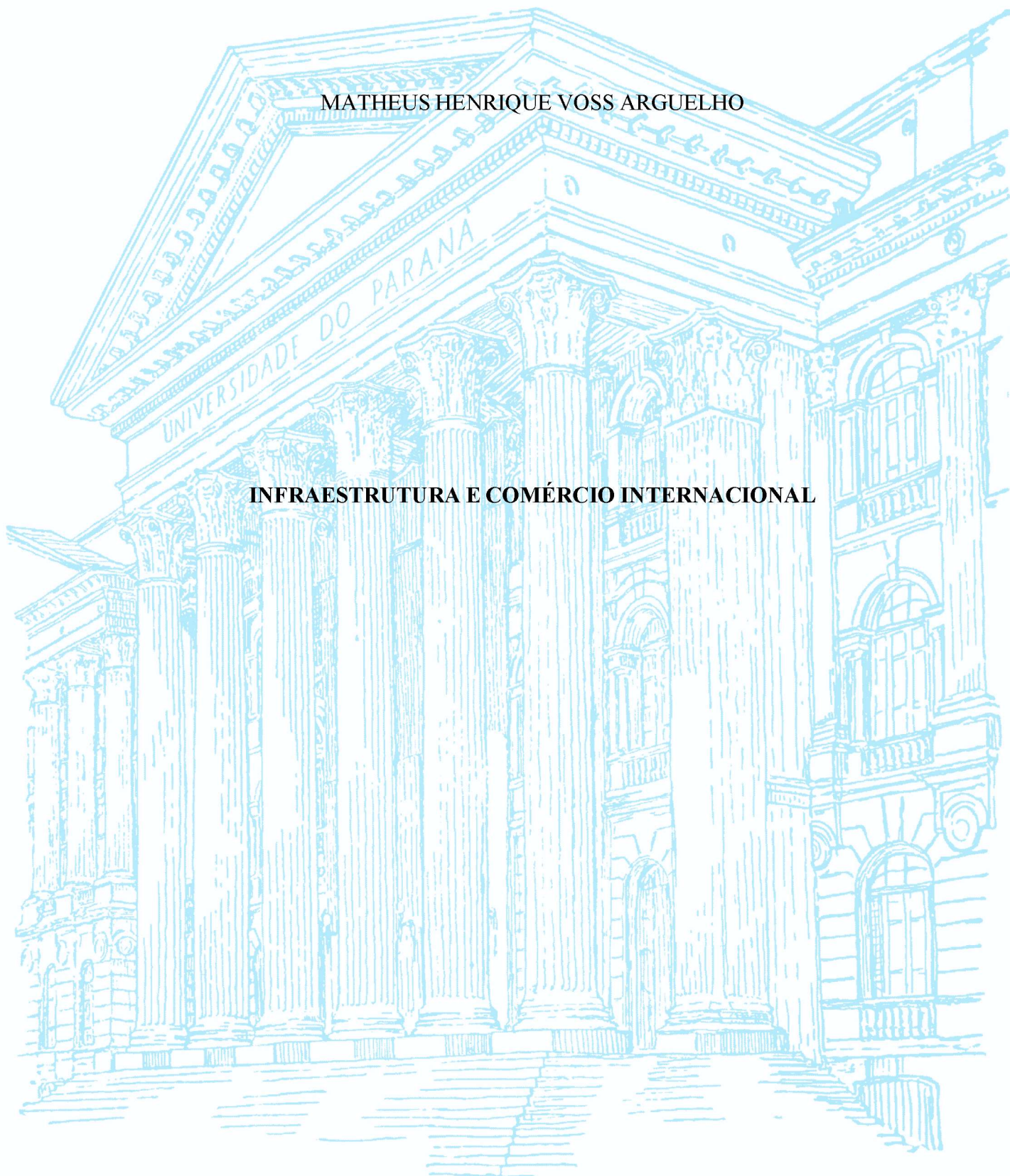


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS HENRIQUE VOSS ARGUELHO

INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO INTERNACIONAL



CURITIBA

2019

MATHEUS HENRIQUE VOSS ARGUELHO

INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO INTERNACIONAL

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, Departamento de Economia, Setor de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius de Almeida Vale.

CURITIBA

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família e amigos, que foram meu suporte durante a graduação. Gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Vinicius de Almeida Vale, pela sua dedicação, paciência e disponibilidade em me orientar. E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste objetivo.

RESUMO

A presente monografia tem como objetivo principal avaliar a relação entre infraestrutura e comércio internacional. O trabalho está centrado em identificar quais são os modais de transporte que mais impactam o volume de comércio externo de um país. Para tal, utiliza-se um modelo gravitacional que considera a relação entre infraestrutura e comércio internacional. O modelo é estimado a partir de dados em painel, incluindo o Brasil. Os resultados corroboram com a literatura no sentido de mostrar a importância dos fatores de infraestrutura para a inserção de um país no comércio internacional. Este resultado está em linha com a literatura que aponta que infraestrutura pode gerar uma maior conexão entre as regiões produtivas, aliviar gargalos logísticos e aumentar a produtividade do setor exportador.

Palavras-chave: Infraestrutura. Comercio Internacional. Modelo Gravitacional de Comércio.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the relation between infrastructure and international trade. It focuses on identifying which transport mode most influences a country's trade volume. A gravitational model that considers the link between infrastructure and international trade is used. The model is estimated from panel data, including **Brazil**. The results corroborate the literature findings since it shows the importance of the infrastructure factors for the insertion of a country in international trade. This result is in line with the literature that points out that a country with an efficient and effective road and rail network can connect productive regions, alleviate logistical bottlenecks, and increase export sector productivity.

Keywords: Infrastructure. International Trade. Gravitational Trade Model.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CRESCIMENTO DO INVESTIMENTO ANUAL PRIVADO E PÚBLICO EM INFRAESTRUTURA (ANO BASE 2007)	15
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – COMPOSIÇÃO DA MATRIZ DE TRANSPORTE DE CARGA NO BRASIL – 2014	14
QUADRO 2 – RESUMO CRONOLÓGICOS DE AMPLIAÇÕES TEÓRICAS E EMPÍRICAS DO MODELO GRAVITACIONAL	17
QUADRO 3 – PRINCIPAIS PARCEIROS COMERCIAIS DO BRASIL, AO LONGO DE 2018	18
QUADRO 4 – VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ESTIMAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL.....	19
QUADRO 5 – SINAIS ESPERADOS DOS COEFICIENTES	20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPARATIVO ENTRE EFEITO FIXO, EFEITO ALEATÓRIO E POLS.....	22
---------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO INTERNACIONAL	11
2.1. ESTUDOS EMPÍRICOS.....	11
2.2. A INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO NO BRASIL	13
2.3. EVOLUÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL	15
3. METODOLOGIA	18
3.1. MODELO GRAVITACIONAL	18
3.2. REGIÃO DE ESTUDO.....	18
3.3. BASE DE DADOS	19
4. RESULTADOS	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24
APÊNDICE	28

1. INTRODUÇÃO

O aumento do volume de comércio realizado entre países vem incentivando pesquisas sobre os motivos do aprofundamento das relações comerciais. Nesse sentido, a literatura tem abordado a relação entre infraestrutura e custos de comércio, e como esses fatores impactam o volume de comércio realizado. O custo de transporte representa uma porcentagem considerável das despesas das indústrias exportadoras. Limitações na infraestrutura logística, como precarização da malha rodoviária, contribuem para um aumento no custo de transporte, e, por consequência, levam a uma diminuição na competitividade dos produtos que dependem de tal infraestrutura.

No Brasil, há um grande déficit na qualidade de infraestrutura. Segundo Abrão (2018), o País investe cerca de 2% do seu Produto Interno Bruto (PIB) em infraestrutura, enquanto Índia e China, por exemplo, investem 5,5% e 7%, respectivamente. A falta de investimentos eleva o custo de transporte. Em 2015, os custos relacionados a logística do Brasil corresponderam a 12,3% do PIB (ABRÃO, 2018).

De acordo com o *The Global Competitiveness Report*, ranking do Fórum Econômico Mundial, o Brasil ocupa a 81ª posição no que tange qualidade de infraestrutura geral. Nesse mesmo ranking, no que tange as ferrovias, modal responsável por cerca de 20% de todo transporte de mercadorias no País, o Brasil ocupa a 97ª posição. Em relação aos portos, ocupa a 71ª posição. As rodovias, principal modal utilizado na economia brasileira, cerca de 55% de todo transporte de mercadorias, o Brasil ocupa a 93ª posição (SCHWAB, 2018).

Um dos principais motivos da falta de investimento em infraestrutura no Brasil é a implementação de mecanismos regulatórios que muitas das vezes se mostram ineficientes devido a insegurança jurídica que geram. Além disso, o financiamento para novos investimentos é prejudicado por questões de natureza fiscal e pelo mercado de capitais pouco desenvolvido no País (AMANN *et al.*, 2016).

O tema da governança regulatória tem atraído cada vez mais atenção na literatura sobre desenvolvimento e infraestrutura da América Latina. Isso acompanhou a ascensão do 'Estado Regulador' nas economias emergentes e em desenvolvimento, à medida que as infraestruturas e redes de propriedade pública foram transferidas para a propriedade privada regulamentada nas décadas de 1980 e 1990.

Nesse sentido, em termos específicos, o conceito de governança regulatória centra-se na maneira pela qual os contratos de concessão ou outros acordos contratuais público-privados são gerenciados e estabelecidos. Aman (2016) afirma que arranjos eficazes de governança

regulatória devem servir para reduzir o risco regulatório, o que, por sua vez, deve aumentar o investimento do setor privado.

Assim, o estudo da infraestrutura como mecanismo para o desenvolvimento comercial torna-se cada vez mais relevante à medida que mais países aderem a medidas pró globalização, como diminuição das barreiras comerciais. Portanto, para que seja possível mensurar e desenvolver a infraestrutura nacional, de forma a otimizar os investimentos feitos nessa área, é necessário um aprofundamento sobre a relação entre infraestrutura e comércio.

Nesse contexto, essa monografia tem como objetivo principal avaliar a relação entre infraestrutura e comércio internacional. O trabalho está centrado nas diferenças do estoque de infraestrutura ao longo dos anos, com foco na infraestrutura pesada e física, como rodovias, ferrovias e portos. Para tal, considera-se neste trabalho um modelo gravitacional que considera tal relação. O modelo é estimado a partir de dados em painel, incluindo o Brasil.

Além disso, o trabalho propõe uma avaliação da infraestrutura brasileira. O apontamento dos pontos fracos poderá ajudar no desenvolvimento de novas políticas públicas que otimizam o investimento voltado a manutenção e criação de infraestrutura, o que, por sua vez, poderá gerar uma melhora no cenário econômico brasileiro, principalmente no âmbito comercial.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, incluindo a Introdução. O segundo capítulo traz os principais estudos que avaliam a relação entre custo de transporte, participação no comércio internacional e infraestrutura, além uma análise da infraestrutura brasileira e da evolução do modelo gravitacional. O terceiro capítulo, por sua vez, apresenta o modelo a ser estimado, assim como a base de dado e variáveis utilizadas. O quarto capítulo traz os resultados obtidos. Por fim, o quinto capítulo faz as considerações finais.

2. INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO INTERNACIONAL

2.1. ESTUDOS EMPÍRICOS

Os custos de comércio são uma das principais barreiras não-tarifárias a inserção internacional de um país no comércio mundial. A infraestrutura precária pode dificultar o desenvolvimento comercial de um país uma vez que é um fator relevante para determinação do custo de comércio (LIMÃO; VENABLES, 2000).

Nesse contexto, Portugal-Perez e Wilson (2010) criaram quatro indicadores de facilidade de comércio usando dados de 101 países entre 2004 e 2007. A partir dos indicadores, os autores demonstram que uma melhora na infraestrutura, principalmente a infraestrutura física, pode trazer grandes benefícios para a exportação. Entretanto, os autores evidenciaram que o impacto da infraestrutura física é decrescente em relação ao nível de renda nacional. Para infraestrutura relacionada a tecnologia da informação, por sua vez, eles evidenciaram que quanto maior o nível de renda nacional, maior o impacto no nível de exportação.

Khan e Kalirajan (2011) mensuraram o impacto dos custos de comércio nas exportações a partir de dados do comércio paquistanês entre os anos 1999 e 2004. Os autores dividem os custos do comércio em 4 categorias: i) custos naturais; ii) custos externos; iii) custos internos implícitos; e iv) custos internos explícitos. Os resultados mostraram que os principais fatores que diminuem os custos de comércio, e, por consequência, aumentam o volume de exportação, são os custos internos, explícitos e implícitos, ou seja, infraestrutura, instituições sólidas, formação de capital humano, acordos comerciais, entre outros. Portanto, em geral, os autores concluem que uma política comercial deveria ter como foco, além de outros fatores, investimentos em infraestrutura.

Grigoriou (2007) analisou os impactos da infraestrutura interna no comércio internacional dos países da Ásia Central. Para tal, o autor utilizou dados em painel de 167 países entre 1992 e 2004 para avaliar tais efeitos por meio de um modelo gravitacional. Como resultado, o autor concluiu que a infraestrutura existente nesses países não é suficiente para aliviar o enclave comercial. A diminuição nos custos de transporte, melhor poder de barganha e melhoria da infraestrutura dos países vizinhos também são fatores importantes.

Já Saputra (2014) estima os efeitos da infraestrutura no fluxo de comércio na ASEAN (Associação de Nações do Sudeste Asiático) entre os anos 1990 e 2000. A partir de um modelo gravitacional com dados em painel, o autor mostra que o estoque de infraestrutura é um fator

crucial na determinação do comércio na região, apresentando relação positiva e estatisticamente significativa.

No que tange a infraestrutura logística, Ismail e Mahyideen (2015) investigaram como esta impacta a economia de certos países asiáticos. Os autores concluíram que a infraestrutura aeroportuária, usando frete de tráfego aéreo como *proxy*, apresentou impacto positivo em relação a importação. Já a infraestrutura rodoviária e a portuária apresentaram relação positiva tanto na exportação quanto na importação, onde um aumento de 10% na densidade rodoviária corresponde a um aumento de 1% no comércio internacional.

Bensassi et al. (2015) estimaram um modelo gravitacional considerando a infraestrutura logística e de transporte para 19 regiões espanholas e 64 destinos diferentes entre os anos 2003–2007. Os autores concluíram que a qualidade da infraestrutura regional está positivamente correlacionada com o comércio internacional, onde uma ascensão do 75º percentil até o 25º percentil está associado a um aumento em 35% no volume de exportação. Além disso, os resultados mostram que um aumento em 10% no estoque de capital estaria associado a um aumento de 4% no volume de exportação.

Em relação ao modal rodoviário, Shepherd e Wilson (2006) analisaram a infraestrutura de 138 cidades de 27 países da Europa e Ásia Central a partir do modelo gravitacional. Os autores concluem que infraestrutura é positivamente relacionada com o comércio intrarregional da área de estudo, sendo mais impactante que mudanças nas tarifas. No entanto, segundo os autores, uma melhora na infraestrutura de três países, Albânia, Hungria e Romênia, já trariam reduções de custos de comércio em cerca de 40%, dado que são considerados importantes corredores e ineficientes em termos de infraestrutura.

Cosar e Demir (2014), por sua vez, estudaram o investimento público no sistema rodoviário da Turquia entre 2003 e 2012. O período é marcado por duplicação das rodovias — rodovias de quatro faixas passaram de 11% para 35% da malha rodoviária do país —, melhorando a qualidade da infraestrutura de transportes, mesmo com a quantidade se mantendo praticamente inalterada. Assim, os autores concluem que a infraestrutura interna possui papel fundamental no acesso ao comércio internacional, dado as evidências de que a redução nos custos de transportes aumentou o volume de comércio nas regiões da Turquia.

Bottasso et al. (2014) analisaram o impacto de atividades portuárias no desenvolvimento econômico de 621 regiões de 13 países europeus entre os anos 1998–2009 a partir de uma análise espacial (econometria espacial). Os resultados mostram que atividade portuária tem efeito positivo no PIB regional, no entanto uma parcela significativa dos efeitos ocorre em regiões mais afastadas dos portos. Bottasso et al. (2018) também analisaram o impacto da

infraestrutura portuária. Neste último trabalho, os autores avaliaram o impacto da infraestrutura portuária brasileira, ao nível estadual, no comércio para os 30 principais parceiros comerciais. A partir de um modelo gravitacional, eles concluem que os impactos da infraestrutura portuária são maiores sobre as exportações. O investimento em infraestrutura portuária realizado no período analisado, 2009–2012, gerou um aumento de 14% nas exportações e 11% nas importações. Além dos efeitos na balança comercial, os autores encontram evidências de efeitos no desenvolvimento regional devido à melhoria nos portos e no desenvolvimento de outros modais, como rodovias e ferrovias.

Xu (2016) estudou a infraestrutura ferroviária na China, com foco no projeto de expansão da capacidade de carga e velocidade das linhas Longhai e Lanxin, linhas que ligam as principais cidades da costa oriental chinesa com o oeste do País e muito utilizadas no comércio com países da Ásia Central. Tal projeto rearranjou as atividades exportadoras das províncias fronteiriças a países da Ásia Central. O *market-share* do comércio dos países vizinhos com essas províncias diminuíram, porém, houve um aumento do *market-share* em relação a países mais distantes, como Japão e EUA.

Ainda no que se refere ao modal ferroviário, Liu, Wang e Wu (2018) estudaram o impacto da expansão da infraestrutura de transportes na produtividade e nos custos de transportes em 331 prefeituras localizadas no território Chinês. Os autores apontam que um decréscimo no custo de transporte impacta positivamente o nível de produtividade, no entanto, empresas de propriedade pública são menos afetadas por essas mudanças.

Em relação a projetos mais recentes, Wang, Qiu e Choi (2018) utilizaram dados em painel de 49 países entre os anos 2007–2016 para analisar o impacto do projeto Belt and Road Initiative (B&R). Em geral, os autores evidenciam impactos significativos no comércio associado a infraestrutura, principalmente após a implementação do projeto.

2.2. A INFRAESTRUTURA E COMÉRCIO NO BRASIL

O Brasil apresentou um crescimento econômico significativo durante os anos 2000–2010, porém, esse crescimento esteve presente em menor grau a partir de 2010. A partir de meados de 2014, o País enfrentou uma crise econômica, acompanhada de uma crise política. A crise econômica impactou o nível de exportação brasileira - o volume exportado caiu de 261 bilhões de dólares, em 2011, para 219 bilhões de dólares em 2017, o que diminuiu ainda mais a baixa participação das exportações no PIB. Segundo dados do Banco Mundial, as exportações brasileiras em 2017 representaram somente 12,57% do PIB.

Em termos de logística de transporte, no Brasil há uma forte dependência do modal rodoviário (Quadro 1). Em geral, 61,1% da produção brasileira é transportada pelas rodovias nacionais, 20,7% pelas ferrovias e 13,6% pelo transporte aquaviário.

QUADRO 1 – COMPOSIÇÃO DA MATRIZ DE TRANSPORTE DE CARGA NO BRASIL – 2014

Modal	Milhões (TKU*)	Participação (%)
Rodoviário	485.63	61,1
Ferroviano	164.81	20,7
Hidroviário	108.00	13,6
Dutoviário	33.30	4,2
Aeroviário	3.17	0,4

Fonte: Elaborado pelo autor com dados organizados pela CNT.

Nota: *Toneladas úteis transportadas por quilômetro.

De acordo com o *Global Competitiveness Index*, o Brasil, em 2017, ocupava a 103ª posição no que se refere a qualidade da infraestrutura rodoviária, em um ranking com 137 países analisados, recebendo nota 3,1.¹ Em relação a infraestrutura portuária e a ferroviária, o País ocupava a 106ª e 88ª posição, respectivamente.

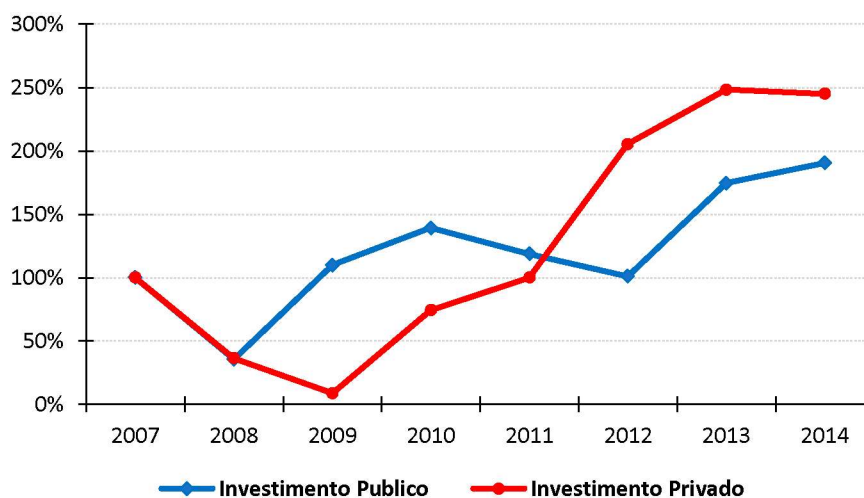
Segundo Frischtak e Noronha (2016), seria necessário um investimento de 3% do PIB para compensar a depreciação do capital fixo per capita no setor, incluindo o setor privado. Utilizando dados do período entre 2001 e 2014, a média dos investimentos foi de R\$ 967 bilhões, ou 2,18% do PIB, sendo que desse valor, 0,78% foi investido em transportes, 0,68% em energia elétrica, e 0,56% em telecomunicações.

O mesmo estudo diz que, entre 2007 e 2014, houve um crescimento real do investimento em infraestrutura de 134%, em todos os segmentos e modais, com exceção do modal hidroviário. Como proporção do PIB, no segmento de transporte houve um crescimento de 0,03%, enquanto de energia elétrica e telecomunicação cresceram 0,1% e 0,05% respectivamente.

Os autores também apontam sobre a diferença do crescimento em investimento em infraestrutura, utilizando 2007 como ano base, até 2011 houve um crescimento do investimento público, enquanto o investimento privado apresentou uma queda considerável. Porém, a partir de 2011 houve um crescimento considerável do investimento privado, enquanto o investimento público apresentou um crescimento mais moderado.

¹ O GCI apresenta suas notas em uma escala de 1 até 7.

GRÁFICO 1 – CRESCIMENTO DO INVESTIMENTO ANUAL PRIVADO E PÚBLICO EM INFRAESTRUTURA (ANO BASE 2007)



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de Frischtak e Noronha (2016).

O Brasil apresenta uma infraestrutura extremamente deficiente a níveis globais, aliado a uma baixa participação do comércio internacional do PIB se comparado a países semelhantes. Portanto, o baixo nível da infraestrutura brasileira parece contribuir negativamente para a inserção da economia no comércio internacional. Nesse contexto, este trabalho buscará estimar os efeitos da infraestrutura brasileira sobre seu comércio.

2.3. EVOLUÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL

Estudos sobre o comércio internacional vem se aprofundado ao passar dos anos. A partir dos anos 1960, o modelo gravitacional ganhou cada vez mais relevância em estimar o comércio bilateral. A principal ideia do modelo gravitacional é que o comércio entre países é diretamente proporcional ao tamanho da economia dos países, e inversamente proporcional a sua distância, ideia essa muito parecida com a equação de Gravidade de Newton (LINNEMANN, 1966).

Porém, no passado, o modelo sofreu muitas críticas devido a sua falta de fundamentação teórica. Durante a década de 80 e 90, no entanto, trabalhos buscaram desenvolver um arcabouço teórico com o intuito de respaldá-lo. Anderson (1979) desenvolveu o modelo onde a preferência de produtos comercializados é semelhante, assim como estrutura fiscal e custos de comércios.

Já a contribuição de Krugman (1980) nos diz que à medida que o PIB de um país aumenta, maior será a variedade a sua produção industrial, pois o tamanho da economia atrairia

novas empresas. Em um estudo mais recente, Head e Mayer (2013) mostraram como variáveis *dummy* de resistência multilaterais podem ser incluídas no modelo, assim como outras variáveis *dummys*.

De acordo com Nascimento e Júnior (2013), em sua forma mais tradicional, a equação gravitacional apresenta cinco variáveis principais: PIB de ambos os países, suas populações e a distância entre eles. Apresentando-se em sua fórmula mais simples como:

$$\ln m_{ij} = \beta_1 \ln Y_i + \beta_2 \ln \frac{Y_i}{N_i} + \beta_3 \ln Y_j + \beta_4 \ln \frac{Y_j}{N_j} + \beta_5 \ln dist_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

em que m_{ij} representa o comércio bilateral entre os países i e j , Y o PIB nominal, N a população, e $dist_{ij}$ a distância entre os países.

Há também métodos que detectam alguma relação histórica entre os países. Nascimento e Júnior (2013), por exemplo, abordam a inclusão de *dummys* que identificam fronteiras entre os países, compartilhamento da mesma língua, ou até mesmo se o país j foi colônia do país i .

Dentre os pesquisadores que estudam a infraestrutura com o modelo gravitacional, as principais variáveis utilizadas são: distância entre o porto até o destino, variável *dummy* para fronteira, índices de qualidade para rodovias e ferrovias, custos de transportes (Limões e Venables, 1999), quilômetros de rodovias pavimentadas, linhas telefônicas *per capita* (Grigoriou, 2007), media simples de tarifas (Shepard e Wilson, 2006), entre outras.

Dall Pizol (2010) elaborou um resumo das principais contribuições para a ampliação teórica e empírica do modelo gravitacional. O Quadro 2 apresenta uma adaptação deste resumo, incluindo as principais contribuições.

QUADRO 2 – RESUMO CRONOLÓGICOS DE AMPLIAÇÕES TEÓRICAS E EMPÍRICAS DO MODELO GRAVITACIONAL

Autor	Região / Fenômeno analisado	Principais contribuições
Isard (1960)	Mobilidade do fator trabalho nas regiões dos EUA.	Introdução da equação gravitacional na ciência econômica.
Tinbergen (1962)	Proposições de política econômica internacional, visando a abertura dos mercados.	Organização das variáveis básicas de funcionamento da equação gravitacional.
Poyhonen (1963)	Elaboração econométrica para prever fluxos de comércio.	Organização das variáveis básicas de funcionamento da equação gravitacional.
Linnemann (1966)	Elaboração econométrica para prever fluxos de comércio.	Uso aplicado do modelo, admitindo a necessidade de adicionar variáveis de preço a estimação (custos relativos) e captando o seu erro.
Prewo (1974)	Aplicação do método para analisar os efeitos da integração econômica europeia	Utilização de dados de PIB per capita e incorporação de <i>dummy</i> de adjacência ao modelo, pela primeira vez.
Anderson (1979)	Análise fundamental teórica sobre o modelo gravitacional.	Assume que os fluxos de comércio deverão crescer com o rendimento per capita e diminuir com o tamanho do país
Kravis e Lipsey (1984)	Análise empírica sobre os níveis de preços internacionais.	A paridade dos níveis de preços entre os países não se comprova empiricamente ao longo do tempo.
Bergstrand (1985)	Análise fundamental teórica sobre o modelo gravitacional, e aplicação na forma de modelo de equilíbrio geral mundial.	Demonstrou através da derivação de um modelo de equilíbrio geral que a equação gravitacional se enquadra num modelo de Heckscher-Ohlin de comércio interindustrial e nos modelos de Helpman-Krugman de comércio interindustrial.
Bergstrand (1990)	Análise teórica sobre a teoria de Heckscher-Ohlin e as relações com o modelo gravitacional	<i>Proxy</i> para a demanda, entendida como o PIB per capita do país importador, passando a contemplar as diferenças nas preferências de consumo das populações

Fonte: Adaptado de Dall Pizzol (2010, p. 55).

3. METODOLOGIA

3.1. MODELO GRAVITACIONAL

De acordo com Maddala (2001), o modelo gravitacional de dados em painel pode ser apresentado, de forma simplificada, da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 Y_{it} &= B_1 X_{it} + V_{it} \\
 V_{it} &= \alpha_i + \mu_{it}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

em que Y_{it} representa a variável dependente, no caso desse trabalho, nível de exportação do país i para o país j no período t ; X_{it} a matriz de variáveis explicativas; B_1 o parâmetro a ser estimado na regressão; α_i os termos estocásticos próprios das unidades; e μ_{it} o distúrbio estocástico.

3.2. REGIÃO DE ESTUDO

A base de dados para estimar a Equação (2) é composta de 10 países, divididos entre Américas, Europa e Ásia. Tais países foram escolhidos com base na participação dos mesmos nas exportações brasileiras ao longo de 2018 (Quadro 3). Esses países corresponderam a 62,72% do total das exportações brasileiras no período.

QUADRO 3 – PRINCIPAIS PARCEIROS COMERCIAIS DO BRASIL, AO LONGO DE 2018

País	Exportação
China	R\$ 63.929.548.814
Estados Unidos	R\$ 28.696.717.001
Argentina	R\$ 14.912.606.660
Países Baixos (Holanda)	R\$ 13.059.580.944
Chile	R\$ 6.393.065.704
Alemanha	R\$ 5.206.178.162
Espanha	R\$ 5.134.474.270
México	R\$ 4.504.728.264
Japão	R\$ 4.321.410.882
Índia	R\$ 3.908.940.683

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do MDIC.

3.3. BASE DE DADOS

O conceito de infraestrutura utilizado nesse trabalho refere-se ao conceito definido pelo IPEA (2010) como “Infraestrutura Econômica”, ou seja, fatores que servem de apoio as atividades do setor produtivo, como rodovias, portos, ambiente de negócios, energia elétrica, telecomunicações, entre outros. Dentro do aspecto de infraestrutura econômica, será utilizado o conceito de infraestrutura física para a escolha das variáveis, ou seja, variáveis relacionadas a rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, entre outros.

A medida que o modelo gravitacional foi se desenvolvendo, algumas estratégias foram ganhando destaque. Devido a sua capacidade de explicação do comércio internacional, uma das técnicas utilizada é a de aplicações com dados em painel. Com essa delimitação, e a partir da revisão bibliográfica realizada, informações referentes ao *Global Competitiveness Report* (GCR) são consideradas, como qualidade da infraestrutura dos países selecionados.

O GCR é publicado desde 2004, sendo elaborado pelo Fórum Econômico Mundial, e desde 2009 apresenta dados relacionados a infraestrutura de cada país. O Quadro 4 apresenta as principais variáveis utilizadas na estimação do modelo, além de sua fonte e unidade.

QUADRO 4 – VARIÁVEIS UTILIZADAS NA ESTIMAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL

Serie	Variável	Fonte	Unidade
Exportações	<i>Comex</i>	UN Comtrade	USD\$
PIB do país exportador	<i>PIB_Exp</i>	WB	USD\$
População do país exportador	<i>Pop_Exp</i>	WB	Milhões
Rodovias do país exportador	<i>Qrod_Exp</i>	GCR	Índice
Ferrovias do país exportador	<i>Qfer_Exp</i>	GCR	Índice
Portos do país exportador	<i>Qpor_Exp</i>	GCR	Índice
Aeroportos do país exportador	<i>Qaer_Exp</i>	GCR	Índice
PIB do país importador	<i>PIB_Imp</i>	WB	USD\$
População do país importador	<i>Pop_Imp</i>	WB	Milhões
Rodovias do país exportador	<i>Qrod_Imp</i>	GCR	Índice
Ferrovias do país exportador	<i>Qfer_Imp</i>	GCR	Índice
Portos do país exportador	<i>Qpor_Imp</i>	GCR	Índice
Aeroportos do país exportador	<i>Qaer_Imp</i>	GCR	Índice
Distância entre parceiros comerciais	<i>Dist</i>	Google Maps	Km
Fronteira	<i>Front</i>	Google Maps	Dummy

Fonte: Elaborado pelo autor.

A variável *Comex* abrange as exportações realizadas entre os países, já as variáveis *pib* e *pop* se referem ao PIB e população do país em questão. A variável *dist* diz respeito a distância entre a capital nacional e a capital do parceiro comercial. A dummy *front* indica se o país apresenta uma fronteira terrestre com seu parceiro comercial. As variáveis *qrod*, *qpor*, *qaer*, e *qferr* se referem a qualidade das rodovias, portos, aeroportos e ferrovias dos países exportadores e importadores, respectivamente. Todas as variáveis, exceto as de infraestrutura, são consideradas em logaritmo.

O Quadro 5 apresenta o sinal esperado de cada variável. A partir do referencial teórico e empírico, é esperado que os coeficientes de infraestrutura terão sinais ambíguos, pois podem representar tanto um estímulo ao comércio internacional, mas também pode agir como um gargalo, limitando o comércio. As variáveis de população e PIB espera-se sinais positivos, coerente com a teoria do modelo gravitacional. Já distância, é esperado um sinal negativo, visto que o aumento do custo de transporte é uma resistência ao comércio. Em relação a variável fronteira, espera-se sinais positivos, visto que a proximidade, integração territorial e facilidade de comunicações são fatores que favorecem o ambiente de negócios.

QUADRO 5 – SINAIS ESPERADOS DOS COEFICIENTES

Variável	Sinal Esperado
<i>Pop_Exp</i>	Positivo
<i>PIB_Exp</i>	Positivo
<i>Qrod_Exp</i>	Ambíguo
<i>Qfer_Exp</i>	Ambíguo
<i>Qpor_Exp</i>	Ambíguo
<i>Qaer_Exp</i>	Ambíguo
<i>Pop_Imp</i>	Positivo
<i>PIB_Imp</i>	Positivo
<i>Qrod_Imp</i>	Ambíguo
<i>Qfer_Imp</i>	Ambíguo
<i>Qpor_Imp</i>	Ambíguo
<i>Qaer_Imp</i>	Ambíguo
<i>Dist</i>	Negativo
<i>Front</i>	Positivo

Fonte: Elaborado pelo autor.

4. RESULTADOS

Com o intuito de avaliar a relação entre infraestrutura e comércio internacional, a Tabela 1 apresenta as estimativas do modelo gravitacional proposto via estimador de Efeitos Fixos (EF), Efeitos Aleatórios (EA) e POLS (*Pooled Ordinary Least Squares*).

Conforme descrito anteriormente, considera-se no modelo aspectos relacionados a atividade econômica, população, distância, proximidade geográfica (fronteira) e infraestrutura. Entretanto, na estimação por efeitos fixos, distância (*Dist*) e a *dummy* de fronteira (*Dummy_Front*) foram omitidas por serem constantes ao longo do tempo.

Além disso, para minimizar os efeitos da presença de autocorrelação entre os resíduos e os efeitos de erros não homocedásticos, utilizou-se desvios padrões robustos. Como teste de especificação, utilizou-se o teste de Hausman para comparar as estimativas de Efeitos Aleatórios (EA) e de Efeitos Fixos (EF). Para o presente estudo, o teste de Hausman indicou o modelo de Efeitos Fixos (EF) como a melhor especificação², no entanto, para efeito de comparação, a Tabela 1 traz também os resultados obtidos por meio do Efeitos Aleatórios (EA) e POLS.

É possível observar um R^2 de 0,328 na estimação com Efeitos Fixos (EF). Assim, 32,8% da variação no comércio internacional é explicada pelo modelo estimado³. Além disso, é possível perceber que tanto o PIB do país exportador (*PIB_Exp*), quanto do país importador (*PIB_Imp*) apresentaram resultados significativos e com sinais dentro do esperado (positivos). Esse resultado é compatível com a teoria por trás do modelo gravitacional de comércio, que diz que quanto maior o PIB, mais esse país irá comercializar.

A população do país exportador (*Pop_Exp*) não apresentou significância estatística, porém, a população do país importador (*Pop_Imp*) foi significativa e com sinal negativo. Neste último caso, para o crescimento de 1% na população do país importador, espera-se uma redução de 2,714% no nível de exportação.

As variáveis de infraestrutura, por sua vez, foram significativas, com exclusão dos portos no país exportado (*Qpor_Exp*) e no país importador (*Qpor_Imp*). A qualidade das rodovias apresentou parâmetros significativos apenas no país exportador (*Qrod_Exp*) e com sinal positivo. Tais resultados são coerentes com outros estudos, como em Cosar e Demir (2014), que apontam uma relação positiva entre a qualidade das rodovias, e nível de exportação.

² Ver Tabela A1 no Apêndice.

³ Foi realizado o teste de Pesaran para verificar se os resíduos são correlacionados com entre as entidades presentes na base de dados. Ver Quadro A2 no Apêndice.

TABELA 1 – COMPARATIVO ENTRE EFEITO FIXO, EFEITO ALEATÓRIO E POLS

Variáveis	(1) Efeitos Fixos	(2) Efeitos Aleatórios	(3) POLS
Pop_Exp	-0,0588 (0,0390)	0,0768 (0,0597)	0,279*** (0,0375)
PIB_Exp	0,294*** (0,0734)	0,393*** (0,0652)	0,617*** (0,0405)
Qrod_Exp	0,130** (0,0657)	0,127* (0,0707)	0,0696 (0,0707)
Qfer_Exp	0,113** (0,0532)	0,0979* (0,0502)	-0,145*** (0,0320)
Qpor_Exp	0,0149 (0,0832)	-0,0485 (0,0815)	0,288*** (0,0834)
Qaer_Exp	-0,140** (0,0582)	-0,0966 (0,0649)	0,0520 (0,0809)
Pop_Imp	-2,714*** (0,637)	-0,0221 (0,0853)	0,215*** (0,0410)
PIB_Imp	0,629*** (0,0793)	0,526*** (0,0704)	0,570*** (0,0428)
Qrod_Imp	0,00310 (0,0795)	0,0823 (0,0769)	-0,197*** (0,0650)
Qfer_Imp	0,123** (0,0569)	0,0872* (0,0530)	-0,143*** (0,0318)
Qpor_Imp	0,0240 (0,106)	-0,147 (0,108)	0,312*** (0,0828)
Qaer_Imp	-0,106** (0,0418)	-0,0161 (0,0507)	0,369*** (0,0831)
Dist		-0,593*** (0,118)	-0,514*** (0,0384)
Dummy_Front		0,730 (0,534)	0,986*** (0,122)
Constante	47,75*** (11,46)	0,755 (2,783)	-18,67*** (1,182)
Observações	989	989	989
R ²	0,328		0,779
Número de IDs	110	110	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Desvio padrão robusto entre parênteses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Em relação as ferrovias, ambos os casos foram significativos e com sinais positivos, sendo que o impacto maior está na melhoria da malha ferroviária do país importador (*Qfer_Imp*), resultados que estão em concordância com outros estudos, como em Liu, Wang e Wu (2018), que relacionam o modal ferroviário com o nível de exportação. Em relação aos aeroportos (*Qaer_Exp* e *Qaer_Imp*), é possível observar que em ambos valores significativos, porém, com sinais negativos.

Em geral, os resultados apresentados estiveram alinhados com a literatura existente, exceto população. Em relação as variáveis de infraestrutura, consideradas como ambíguas na literatura, observou-se no presente estudo, exceto para aeroportos, sinais positivos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo buscou avaliar a relação entre infraestrutura e comércio internacional, no período 2009-2018. Para tal, utilizou-se um modelo gravitacional com dados em painel como metodologia. É essencial entender tal relação, dado que uma ineficiência na infraestrutura tem efeitos negativos tanto na economia local quanto nas economias estrangeiras.

A infraestrutura afeta diversas áreas da economia, e está relacionada com diversos fatores macroeconômicos, como crescimento e desenvolvimento econômico, integração nacional, coesão nacional, entre outros. As revisões bibliográficas apresentadas validam a condição de que infraestrutura afeta o comércio internacional. No caso, o efeito é positivo onde é ofertada de forma eficiente e negativo caso contrário.

Dessa maneira, os resultados desse trabalho corroboram com a literatura no sentido de mostrar a importância dos fatores de infraestrutura para a inserção de um país no comércio internacional. Um país com uma malha rodoviária e ferroviária de qualidade, eficientes e efetivas, podem gerar efeitos positivos em termos de volume de comércio. Este resultado está em linha com a literatura que aponta que infraestrutura pode gerar uma maior conexão entre as regiões produtivas, aliviar gargalos logísticos e aumentar a produtividade do setor exportador.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho representa um primeiro esforço para avaliar tal relação no âmbito do comércio do Brasil e de alguns países selecionados. Para pesquisas futuras, sugere-se expandir o trabalho para uma gama maior de países, bem como analisar os impactos regionais que uma melhora na infraestrutura pode trazer. Dessa forma, informações mais abrangentes e significativas estarão disponíveis para investigar a relação entre custo de transporte e comércio internacional. Além disso, sugere-se avaliar de forma mais detalhada a existência de endogeneidade e multicolineariedade no modelo proposto.

REFERÊNCIAS

- ABRAO, A. C. Brazilian Infrastructure Investment Opportunities: Beyond the Elections. In: **Brazilian Infrastructure Investment Opportunities: Beyond the Elections**, Nova York, 2018.
- AMANN, E. E.; BAER, B.; TREBAT, T.; LORA, J. L. Infrastructure and its role in Brazil's development process. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 62, p. 66-73, 2016.
- ANDERSON, J. A Theoretical Foundation for Gravity Equation. **The American Economic Review**, v. 69, n. 1, p. 106-16, 1979.
- ASTURIAS, J.; GARCÍA-SANTANA, M.; RAMOS, R. **Competition and the welfare gains from transportation infrastructure: evidence from the Golden Quadrilateral of India.**, 2016. (Barcelona GSE Working Paper, n. 907)
- BANCO MUNDIAL. **Exports of goods and services (% of GDP)**. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS?contextual=default&locations=BR-IN>>. Acesso em: 09 mai. 2019.
- BENSASSI, S.; RAMOS, L. M.; ZARZOSO, I. M. Relationship between logistics infrastructure and trade: Evidence from Spanish regional exports. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 72, p. 47-61, 2015.
- BOTTASSO, A.; CONTI, M.; COSTACURTA DE SA PORTO, P.; FERRARI, C.; TEI, A. Port infrastructures and trade: Empirical evidence from Brazil. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 107, p. 126-139, 2018.
- BOTTASSO, A.; CONTI, M.; FERRARI, C.; TEI, A. Ports and regional development: a spatial analysis on a panel of European regions. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 65, p. 44-55, 2014.
- CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. The effects of infrastructure development on growth and income distribution. **Policy Research Working Paper**, v. 3400, The World Bank, 2004. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/14136>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Boletim Estatístico de Transporte**. 2019.

Disponível em:

<https://www.udop.com.br/download/estatistica/boletim_estatistico_da_cnt_confederacao_nacional_do_transporte/2019/fev2019_cnt_boletim_estatistico_transporte.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

COLAVITE, A. S.; KONISHI, F. A matriz do transporte no **Brasil**: uma análise comparativa para a competitividade. In: **Simpósio de excelência em gestão e tecnologia**, Resende, 2015.

COŞAR, A. K.; DEMIR, B. Domestic road infrastructure and international trade: Evidence from Turkey. **Journal of Development Economics**, v. 118, p. 232-244, 2016.

DAL PIZZOL, A. C. D. **Estimativas para o volume de comércio dos países BRICs com o uso da equação gravitacional**. 101f. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

DUBASH, N. K., MORGAN, B. Oxford The rise of the regulatory state of the south: Infrastructure and development in emerging economies. **Oxford University Press**, 2013.

FRISCHTAK, L.; NORONHA, J. **O financiamento do investimento em infraestrutura no Brasil: uma agenda para sua expansão sustentada**. Confederação Nacional da Indústria – CNI. 2016.

GRIGORIOU, C. Landlockedness, infrastructure and trade: new estimates for central Asian countries. **Policy Research Working Paper**, v 4335, 2004. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7294>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Infraestrutura Econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010.

Disponível

em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=6472>.

Acesso em: 01 abr. 2019.

ISMAIL, N. W.; MAHYIDEEN, J. M. The Impact of infrastructure on trade and economic growth in selected economies in Asia. **ADB Working Paper**, v. 553, 2015.

- KHAN, I. U.; KALIRAJAN, K. The impact of trade costs on exports: an empirical modeling. **Economic Modelling**, v. 28, n. 3, p. 1341-1347, 2011.
- KRUGMAN, P. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. 1980. **The American Economic Review**, v. 70, n. 5, p. 950-59.
- LIMAO, N.; VENABLES, A. J. Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs, and trade. **The World Bank Economic Review**, v. 15, n. 3, p. 451-479, 2001.
- LINNEMANN, H. An Econometric Study of International Trade Flows. **The Economic Journal**, v. 77, p. 366-368, 1967
- LIU, C.; WANG, W.; WU, Q. Transportation infrastructure, competition and productivity: Theory and evidence from China. **Economics Letters**, v. 174, p. 74-77, 2019.
- MADDALA, G. S. **Introdução a Econometria**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2001.
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços? **Balança Comercial Brasileira**: acumulado do ano 2018; Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/balanca/mes/2019/BCP056A.xlsx>>. Acesso em: 29 out. de 2019
- NASCIMENTO, F.; PREGARDIER JÚNIOR, D. A Evolução do Modelo Gravitacional na Economia. **Saber Humano**, v. 3, n. 1, p. 163-75, 2013.
- PORTUGAL-PEREZ, A.; WILSON, J. S. Export performance and trade facilitation reform: Hard and soft infrastructure. **World development**, v. 40, n. 7, p. 1295-1307, 2012.
- SAPUTRA, P. M. A. The Effect of Regionalism and Infrastructure on Bilateral Trade: an Augmented Gravity Analysis for ASEAN. **International Journal of Economics and Finance**, v. 6, n. 3, p. 88-95, 2014.
- SCHWAB, K. **The Global Competitiveness Report** - 2018. 2018. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.
- SEREBRISKY, T.; SARRIERA, J. M.; SUAREZ-ALEMAN, A.; ARAYA, G Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean. **Transport Policy**, v. 45, p. 31-45, 2016.

SHEPHERD, B.; WILSON, J. S. Road infrastructure in Europe and Central Asia: Does network quality affect trade? **Policy Research Working Paper**, v. 4104, 2006. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/9262?show=full>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

WANG, M. L.; QIU, Q.; CHOI, C. H. How will the Belt and Road initiative advance China's exports? **Asia Pacific Business Review**, v. 25, n. 1, p. 81-99, 2019.

XU, H. Domestic railroad infrastructure and exports: Evidence from the Silk Route. **China Economic Review**, v. 41, p. 129-147, 2016.

APÊNDICE

TABELA A1 - TESTE DE HAUSMAN

	Coeficientes			
	(b) Efeitos Fixos	(B) Efeitos Aleatórios	(b-B) Diferença	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
Pop_Exp	-0,05876	0,0767799	-0,13554	0,0298083
PIB_Exp	2939687	3934976	-0,09952	0,0261309
Pop_Imp	0,293969	0,3934976	-0,09952	0,0261309
PIB_Imp	-2,713807	-,0220806	-2,69172	0,4254073
Qrod_Exp	0,130296	0,1274574	0,002838	0,0136728
Qfer_Exp	1129994	0,097931	0,015068	0,0165941
Qpor_Exp	0,014899	-0,0485034	0,063401	0,0260224
Qaer_Exp	-0,13971	-0,096575	-0,04313	0,0059815
Qrod_Imp	0,003096	0,0822976	-0,07920	0,0217749
Qfer_Imp	0,122714	0,0872165	0,035497	0,0155408
Qpor_Imp	0,02396	-0,1473378	0,171298	0,0353294
Qaer_Imp	-0,10597	-0,0161284	-0,08984	0,0105749

$\chi^2(12) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 106,89$
 $\text{Prob}>\chi^2 = 0,0000$

Fonte: Elaborado pelo autor.

QUADRO A1 - TESTE DE PESARAN

<i>Pesaran's test of cross sectional independence</i> = 46,040	Pr. = 0,000
<i>Average absolute value of the off-diagonal elements</i> = 0,452	

Fonte: Elaborado pelo autor.