

Artigo submetido a 8 de Novembro 2021; versão final aceite a 15 de Março de 2022  
Paper submitted on November 8, 2021; final version accepted on March 15, 2022  
DOI: <https://doi.org/10.59072/rper.vi64.85>

# Análise dos Determinantes das Exportações do Nordeste Brasileiro: Uma Aplicação do Modelo Gravitacional<sup>1</sup>

## Analysis of the Determinants of Exports from the Northeastern Brazil: An Application of the Gravitational Model

**Gilvan Santos do Rosário Júnior**

Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Estadual de Santa Cruz

**Ticiiana Grecco Zanon Moura**

*tgzmoura@uesc.br*

Professora Adjunta, Universidade Estadual de Santa Cruz

### Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar os determinantes das exportações do Nordeste brasileiro no período de 2002-2017. A metodologia baseou-se na estimação de uma equação do modelo gravitacional através do estimador Pseudo Máxima Verossimilhança de Poisson (PPML). Especial atenção foi dada a possíveis problemas de causalidade reversa. Como resultado, constatou-se que as exportações de produtos não manufaturados dependem pouco da qualificação da mão de obra e da infraestrutura logística dos estados nordestinos. Entretanto, o PIB *per capita* se mostrou positivamente afetado pelas exportações deste tipo de produto. No caso das exportações de manufaturados, o grau de qualificação dos trabalhadores e a infraestrutura logística regionais tiveram peso importante na determinação das exportações. Por fim, a demanda externa, medida através de uma proxy de desenvolvimento dos parceiros comerciais, é o fator mais importante na geração de fluxos de exportação nordestinas, de manufaturas e não manufaturas.

**Palavras-Chave:** Modelo Gravitacional. Causalidade Reversa. Comércio Internacional. Exportações Regionais. Nordeste. Brasil.

**Códigos JEL:** C23. F14.

### Abstract

This article aims to analyse the determinants of exports from Northeast Brazil in the period 2002-2017. The approach was based on the estimation of an equation of the gravity model employing Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML) estimator. Special attention was paid to possible reverse causality problems. As a result, it was concluded that exports of non-manufactured products depend little on the labor skills and logistical infrastructure of the Northeastern states. However, the GDP per capita was positively affected by the exports of this type of product. In the case of manufactured exports, the degree of qualification of the workers and the regional logistical infrastructure had an important weight in determining exports. Finally, external demand, measured through a proxy of trading partners' development, is the most important factor in generating Northeastern exports flows, both manufacturing and non-manufacturing.

<sup>1</sup> Instituição Financiadora: Programa de Iniciação Científica da UESC – PROIC

*Keywords:* Gravity Model. Reverse Causality. Foreign Trade. Regional Exports. Northeast. Brazil.

*JEL Codes:* C23. F14.

*Se o Nordeste fosse um país, sua economia se colocaria, sem qualquer sombra de dúvida, como uma das mais fechadas em todo o mundo.” (Galvão e Vergolino 2004: 145)*

## 1. INTRODUÇÃO

A abertura comercial ocorrida no Brasil na década de 1990 transformou o país paulatinamente em um grande competidor no mercado global. Entretanto, o país ainda possui pequeno grau de abertura externa. Para compreender esta dualidade, cumpre destacar o papel que a dinâmica interna do país, através de suas regiões, tem nesta performance. Enquanto desempenhos mais arrojados podem ser observados nas regiões Sul e Sudeste do país, no que se refere particularmente à inserção internacional da macrorregião Nordeste<sup>2</sup> do Brasil, verifica-se uma inserção tardia, quando comparada com as demais macrorregiões brasileiras, possui maior fechamento econômico, além de alta concentração da pauta de exportação em produtos intensivos em recursos naturais e de mão-de-obra com baixa qualificação (Galvão, 2007). Por outro lado, é verdade que as disparidades regionais no Brasil caíram ao longo dos anos (Silveira-Neto e Azzoni 2011).

Este artigo tem por objetivo analisar os determinantes dos fluxos de exportação do Nordeste do Brasil no período de 2002 a 2017, através da aplicação do modelo gravitacional. Entender as dinâmicas internas é importante, principalmente porque o Brasil é um país com dimensões continentais, com uma estrutura econômica diversa por conta de uma distribuição espacial dos fatores de produção bastante heterogênea. Estas diferenças, por consequência, refletem na integração destas regiões à economia global. E, segundo relatório da Organização Mundial do Comércio - OMC (WTO 2017), a inserção aos fluxos de comércio global proporciona aos países emergentes mais exportações e mais capital, além de mais tecnologia e mais oportunidades para um desenvolvimento rápido e sustentável.

A literatura recente já demonstra que tentar compreender o desempenho exportador de cada região é peça fundamental para melhor diagnóstico econômico e, consequentemente, formulação de políticas públicas mais assertivas (Artuc et al. 2014, Márquez-Ramos 2014, Brodzicki et al. 2018). Em um trabalho recente, Díaz-Dapena et al. (2022) concluíram que devido as diversidades regionais no processo de acumulação no Brasil, políticas públicas não podem ser aplicadas homogeneamente. Afinal, para que tenhamos soluções regionais, é necessária a análise dos determinantes locais. Este tipo de ação contribui para o que se chama “estratégia de especialização inteligente” na União Europeia (UE), a qual indica a necessidade de buscar o que a região faz melhor, podendo resultar em um número específico de prioridades, mas que levaram a áreas com elevada vantagem comparativa (Foray et al. 2009).

A contribuição à literatura deste artigo centra-se no número limitado de pesquisas acadêmicas para a análise dos determinantes das exportações do Nordeste, particularmente. Além disso, não encontramos trabalhos que aplicassem o modelo gravitacional para analisar o padrão de comércio exterior das regiões nordestinas com o foco nos aspectos como nível de qualificação ou infraestrutura logística interna. Outro aspecto ainda não explorado é a identificação e comparação dos fatores chaves na geração dos fluxos de exportação de produtos manufaturados e não manufaturados.

Como resultado, constatou-se que as exportações de produtos não manufaturados dependem pouco da qualificação da mão de obra e da infraestrutura logística dos estados nordestinos. Entretanto, o PIB *per capita* se mostrou positivamente afetado pelas exportações deste tipo de produto. No caso das exportações de manufaturados, o grau de qualificação dos trabalhadores e a infraestrutura logística regionais tiveram peso importante na determinação das exportações. Por fim, a demanda externa, medida através de uma proxy de desenvolvimento dos parceiros comerciais, é o fator mais importante na geração de fluxos de exportação nordestinas, de manufaturas e não manufaturas.

O restante do artigo está estruturado, como a seguir. Seção 2 descreve a inserção do Nordeste no comércio internacional. Posteriormente, nas Seções 3 e 4, são apresentados aspectos teóricos e evidência empírica do modelo gravitacional e seu uso na análise de fatores determinantes do comércio

<sup>2</sup> A região Nordeste é uma das cinco macrorregiões brasileiras; ela é formada por nove estados, sendo eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

internacional brasileiro. Em seguida, a metodologia é apresentada, na Seção 5. Antes dos resultados serem apresentados e analisados na seção 7, os dados são discutidos na Seção 6. Por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 8.

## 2. A INSERÇÃO DO NORDESTE BRASILEIRO NO COMÉRCIO INTERNACIONAL

A partir de 1990 iniciaram-se as políticas de abertura comercial no Brasil, o que paulatinamente transformou o Brasil em um *global trader*. Por outro lado, há de se considerar que o país é ainda um dos mais fechados do mundo, quando se observa o grau de abertura externa (soma das exportações e importações dividido pelo Produto Interno Bruto - PIB) (De Negri e Araújo 2006). Conforme o Banco Mundial (World Bank 2021), o índice de abertura comercial do Brasil é de 32. A título de comparação, apesar das diferenças nas estruturas produtivas, localização e tamanho, o índice do México e Índia, por exemplo, é de 78 e 38, respectivamente.

De acordo com Galvão (2007) e Melo (2007), o fechamento da economia do Brasil como um todo é consequência da forma uniforme como se deu a liberalização no país. Campos de Souza (2016) corrobora com esta análise e complementa que a heterogeneidade das regiões e dos estados brasileiros não foi levada em consideração pelas políticas adotadas, já que as mesmas medidas foram aplicadas em regiões com características distintas. Deste processo, as regiões Sul e Sudeste conseguiram melhor enquadrar-se na nova dinâmica imposta, enquanto que as demais regiões apresentaram resultados inferiores.

Ao analisar a evolução do comércio exterior da região Nordeste do Brasil no período de 1960 a 2004, Galvão (2007) fez uma comparação com o Brasil e com as demais regiões e concluiu que a região Nordeste registrou o pior desempenho no crescimento das exportações do período analisado. O autor afirma que a relação do Nordeste com o mundo teve seu ponto de inflexão com a liberalização da economia brasileira, quando a região passou a apresentar déficit comerciais. Isso, segundo ele, aumentou ainda mais a necessidade de transferências públicas de recursos federais para os estados nordestinos. O autor destacou ainda que a concentração da pauta de exportações da região fez com que houvesse grande dependência de produtos intensivos em recursos naturais e de mão-de-obra com baixa qualificação, que são mais propensos a sofrer os efeitos da conjuntura internacional.

Apesar disso, uma mudança passou a ocorrer no ano de 2002, quando a região aumentou suas exportações e apresentou um superávit comercial (Galvão 2007). Entretanto, Melo (2007) e Freire (2019) ponderam que a pauta de exportações da região não sofreu grandes mudanças e o melhor desempenho exportador em termos de quantidade exportada foi restrito a um pequeno grupo de setores, o que demonstra uma fragilidade relacionada à performance alcançada, à medida que ela fica à mercê da eficiência de poucos setores.

A Figura 01 mostra que a inicial tendência de crescimento iniciada em 2002 perpetuou-se. Ao longo dos anos de 2002-2017, observou-se um crescimento nominal de 356% das exportações nordestinas. Quando se avalia por tipo de produto, observa-se que os manufaturados, em comparação aos não manufaturados, foram os principais produtos exportados em todos os anos analisados<sup>3</sup>. Em 2017, por exemplo, 76,61% das exportações nordestinas eram de produtos manufaturados.

A participação dos estados nas exportações da região em 2002 e 2017 é demonstrada no Quadro 1. O estado da Bahia é o maior exportador da região Nordeste, responsável por quase metade (47,53%) das exportações da região no ano de 2017. Os principais produtos exportados pelo estado neste ano foram soja, pastas químicas de madeira e automóveis de passageiros e outros veículos automóveis<sup>4</sup>. Se destacam também nas exportações nordestinas: Maranhão (18,43%), exportando corindo artificial, óxido de alumínio, hidróxido de alumínio<sup>5</sup>; Ceará (12,67%), comercializando produtos semimanufatu-

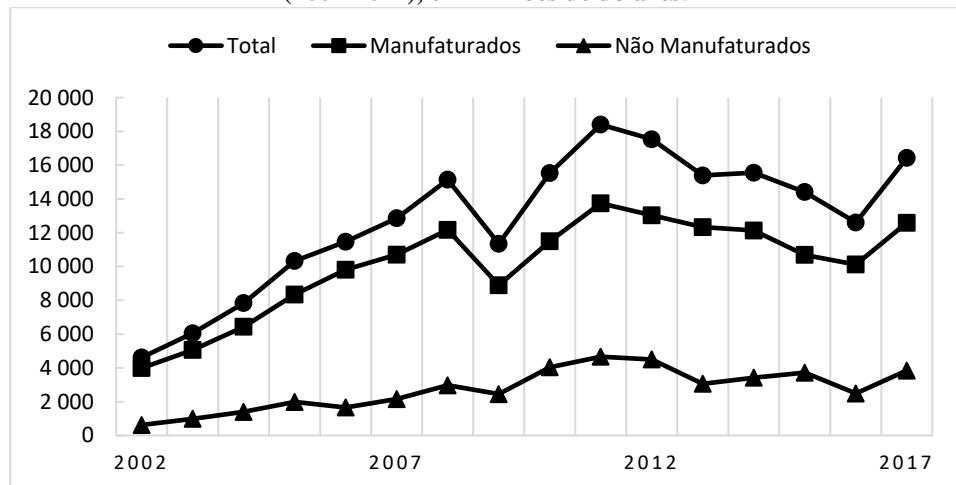
<sup>3</sup> As estatísticas brasileiras de comércio exterior contêm informações do código do Sistema Harmonizado – SH do produto exportado, as quais podem ser convertidas para se chegar à classificação de produtos manufaturados e não manufaturados do *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) da UNCTAD - Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (2020). Por um lado, os produtos não manufaturados são relacionados a produtos de agricultura, silvicultura e pesca, mineração e pedreira, os quais não passaram por qualquer transformação tecnológica. Por outro lado, os produtos manufaturados passaram por alguma mudança de tecnologia. Classificação semelhante foi dada por Melo (2007).

<sup>4</sup> Soja, mesmo triturada (SH 1201), pastas químicas de madeira, à soda ou à sulfato, exceto pastas para dissolução (SH4703) e automóveis de passageiros e outros veículos automóveis principalmente concebidos para o transporte de pessoas incluídos os veículos de uso misto e os automóveis de corrida (SH 8703).

<sup>5</sup> Corindo artificial, quimicamente definido ou não, óxido de alumínio, hidróxido de alumínio (SH 2818).

rados de ferro ou aço<sup>6</sup>; e Pernambuco (11,71%), vendendo óleos de petróleo ou de minerais betuminosos<sup>7</sup> (Freire 2019).

**Figura 1 – Valor nominal das exportações nordestinas por total, manufaturados e não manufaturados (2002-2017), em milhões de dólares.**



Fonte: Elaboração dos autores, com dados do Ministério da Economia do Brasil (2020)

Observa-se ainda que os maiores exportadores em 2002 ainda o são em 2017, sem qualquer mudança significativa da dinâmica de geração de fluxo. Os estados que registraram maior crescimento em pontos percentuais (p.p.) ao longo dos anos foram Maranhão (+4,30 p.p.) e Pernambuco (+4,86 p.p.) e os que registraram as maiores quedas nas exportações foram Bahia (-4,37 p.p.) e Rio Grande do Norte (-3,00 p.p.).

**Quadro 1 – Participação e evolução em pontos percentuais dos estados nordestinos nas exportações nordestinas em 2002 e 2017.**

Estado	2002	Posição ocupada	2017	Posição ocupada	Evolução (em p.p.)
Bahia	51,90%	1 <sup>a</sup>	47,53%	1 <sup>a</sup>	-4,37
Maranhão	14,13%	2 <sup>a</sup>	18,43%	2 <sup>a</sup>	+4,30
Ceará	11,45%	3 <sup>a</sup>	12,67%	3 <sup>a</sup>	+1,22
Pernambuco	6,85%	4 <sup>a</sup>	11,71%	4 <sup>a</sup>	+4,86
Alagoas	6,47%	5 <sup>a</sup>	4,03%	5 <sup>a</sup>	-2,44
Piauí	1,04%	8 <sup>a</sup>	2,42%	6 <sup>a</sup>	+1,37
Rio Grande do Norte	4,81%	6 <sup>a</sup>	1,81%	7 <sup>a</sup>	-3,00
Paraíba	2,54%	7 <sup>a</sup>	0,85%	8 <sup>a</sup>	-1,69
Sergipe	0,81%	9 <sup>a</sup>	0,55%	9 <sup>a</sup>	-0,26

Fonte: Elaboração dos autores, com dados do Ministério da Economia (2020)

O Quadro 2 mostra a participação das regiões importadoras dos produtos nordestinos. As regiões, as quais são destinadas a maior parte das exportações do Nordeste no ano de 2017 são: a Ásia (29,40%), a Europa (24,11%) e a América do Norte (23,88%). Juntas, essas regiões possuem quase 70% de participação nas exportações. Por outro lado, as regiões com menor participação são a Oceania (0,25%), a América Central e Caribe (1,26%), o Oriente Médio (1,69%) e a África (2,19%). Ao comparar os dois períodos, observa-se um salto de 20,51 p.p. na participação do continente asiático, enquanto que a América do Norte e a Europa, que lideravam o comércio com o Nordeste em 2002, perderam 13,89 p.p. e 10,34 p.p. de participação, respectivamente. O ganho de participação da Ásia se deve principalmente ao comércio com a China, como veremos adiante.

<sup>6</sup> Produtos semimanufaturados de ferro ou aço não ligado (SH 7207).

<sup>7</sup> Óleos de petróleo ou de minerais betuminosos, exceto óleos brutos, preparações não especificadas nem compreendidas noutras posições, contendo, em peso, 70 % ou mais de óleos de petróleo ou de minerais betuminosos, os quais devem constituir o seu elemento (SH 2710)

**Quadro 2 – Participação e evolução em pontos percentuais das regiões de destino das exportações nordestinas em 2002 e 2017.**

Região de Destino das Exportações	2002	Posição ocupada	2017	Posição ocupada	Evolução (em p.p.)
Ásia	8,89%	4 <sup>a</sup>	29,40%	1 <sup>a</sup>	+20,51
Europa	34,45%	2 <sup>a</sup>	24,11%	2 <sup>a</sup>	-10,34
América do Norte	37,77%	1 <sup>a</sup>	23,88%	3 <sup>a</sup>	-13,89
América do Sul	11,56%	3 <sup>a</sup>	17,21%	4 <sup>a</sup>	+5,65
África	3,76%	5 <sup>a</sup>	2,19%	5 <sup>a</sup>	-1,57
Oriente Médio	1,72%	6 <sup>a</sup>	1,69%	6 <sup>a</sup>	-0,03
América Central e Caribe	1,57%	7 <sup>a</sup>	1,26%	7 <sup>a</sup>	-0,31
Oceania	0,27%	8 <sup>a</sup>	0,25%	8 <sup>a</sup>	-0,02

Fonte: Elaboração dos autores, com dados do Ministério da Economia do Brasil (2020)

Conforme pode ser visto no Quadro 3, nove países foram responsáveis por comprar quase 70% de todas as exportações nordestinas no ano de 2017. Ao analisar a evolução dos maiores compradores de produtos do Nordeste nos anos de 2002 e 2017, nota-se que houve um aumento de quase 4 p.p. na participação dos principais parceiros (de 65,66% para 69,46%). Desse modo, podemos inferir que, apesar do crescimento nominal das exportações, não houve mudanças significativas nas comercializações, já que os mercados continuam praticamente os mesmos. Ao comparar a posição destes países nos anos analisados, verifica-se que a China despontou como o maior parceiro comercial do Nordeste em 2017, com uma participação muito maior do que em 2002. Os produtos responsáveis por este salto de participação foram a soja e pastas químicas de madeira<sup>8</sup>. Os Estados Unidos (EUA), que em 2002 eram os maiores compradores das exportações nordestinas, passam a ocupar o 2º lugar ao cair 18,09 p.p. entre 2002 e 2017. Os produtos mais adquiridos por este país foram óleos de petróleo ou de minerais betuminosos, pastas químicas de madeira e ferro fundido bruto e ferro spiegel<sup>9</sup>. A Argentina, por sua vez, aumentou sua participação em 4,91 p.p. ao longo dos anos e continua ocupando a terceira posição, adquirindo principalmente produtos do setor automotivo<sup>10</sup> (Freire, 2019).

**Quadro 3 – Participação e evolução em pontos percentuais dos principais importadores de produtos nordestinos em 2002 e 2017.**

Países de Destino das Exportações	2002	Posição ocupada	2017	Posição ocupada	Evolução (em p.p.)
China	1,71%	8 <sup>a</sup>	19,71%	1 <sup>a</sup>	+18,00
Estados Unidos	33,05%	1 <sup>a</sup>	14,96%	2 <sup>a</sup>	-18,09
Argentina	7,22%	3 <sup>a</sup>	12,13%	3 <sup>a</sup>	+4,91
Países Baixos	8,36%	2 <sup>a</sup>	6,29%	4 <sup>a</sup>	-2,07
Canadá	1,50%	9 <sup>a</sup>	5,51%	5 <sup>a</sup>	+4,01
México	3,22%	5 <sup>a</sup>	3,41%	6 <sup>a</sup>	+0,19
Espanha	2,30%	7 <sup>a</sup>	2,78%	7 <sup>a</sup>	+0,48
Bélgica	5,70%	4 <sup>a</sup>	2,34%	8 <sup>a</sup>	-3,36
Itália	2,60%	6 <sup>a</sup>	2,33%	9 <sup>a</sup>	-0,27
<b>Total</b>	<b>65,66%</b>		<b>69,46%</b>		<b>+3,79</b>

Fonte: Elaboração dos autores, com dados do Ministério da Economia do Brasil (2020)

<sup>8</sup> Soja, mesmo triturada (SH 1201) e pastas químicas de madeira, à soda ou ao sulfato (SH 4730) e para dissolução (SH 4702).<sup>9</sup> Óleos de petróleo ou de minerais betuminosos (SH 2710), pastas químicas de madeira, à soda ou ao sulfato (SH 4730) e ferro fundido bruto e ferro spiegel (SH 7201).<sup>10</sup> Produtos do setor automotivo (SH 8703 e SH 8704).

### 3. ASPECTOS TEÓRICOS E EVIDÊNCIA EMPÍRICA DO MODELO GRAVITACIONAL

Tinbergen (1962) foi pioneiro no uso do modelo gravitacional para analisar os fluxos de trocas internacionais. Para isso, ele adaptou através de uma ideia bastante intuitiva o modelo original baseado na Lei de Gravitação Universal de Newton. Ele propôs que a intensidade de fluxos entre dois países  $i$  e  $j$  ( $X_{ij}$ ) é resultado direto de suas massas econômicas ( $Y_i^\alpha Y_j^\beta$ ) e da distância entre eles ( $d_{ij}^\theta$ ), conforme exposto na equação (1).

$$X_{ij} = \frac{Y_i^\alpha Y_j^\beta}{d_{ij}^\theta} \quad (1)$$

Portanto, se entendeu que países maiores e mais ricos produzem mais (isto é, possuem maiores massas econômicas) e, consequentemente, têm exportações e importações mais elevadas. Ao mesmo tempo, quanto maior a distância entre dois países, maior os custos de transporte, o que leva a uma redução no comércio eles.

Até a década de 1980, o modelo teve muitas aplicações empíricas, enquanto que a fundamentação teórica iniciou-se com Anderson (1979), ao propor a equação de gravidade baseada em uma função de demanda com Elasticidade de Substituição Constante(CES). Bergstrand (1985), também utilizou preferências CES. Para isso, ele usou deflatores do PIB dos países para aproximar seus índices de preços. Helpman e Krugman (1985), por sua vez, demonstram que as economias de escalas dos países são fundamentais para o comércio intra-indústria no âmbito internacional e as vantagens comparativas têm importância no comércio inter-indústria. Deardorff (1998) fez sua contribuição ao expor que o modelo gravitacional pode ser derivado de qualquer modelo de comércio internacional, seja os de concorrência monopolística ou modelos tradicionais, como o de Heckscher-Ohlin. Mais recentemente, Eaton e Kortum (2002) desenvolveram um modelo fundamentado na Teoria de Ricardo. Eles se basearam na diferenciação de tecnologias e acrescentaram um novo papel à geografia na geração de fluxos. Essa nova abordagem permitiu a melhor compreensão de como diferenças em tecnologia (vantagens comparativas) e custos comerciais (barreiras geográficas, naturais e artificiais) influenciam o comércio.

Como pode ser notado, ao longo dos anos, o modelo gravitacional foi ganhando bases teóricas que puderem confirmar tanto as teorias clássicas de comércio internacional, como também as mais modernas, como a *New Trade Theory*. Para uma revisão teórica mais extensa, ver Baier et al. (2018), Head & Mayer (2004) e Yotov et al. (2016).

O modelo gravitacional provou ser apropriado ao longo dos anos no estudo dos determinantes do fluxo de comércio internacional. Alguns autores o utilizam para analisar os fatores regionais que levam a uma determinada performance na arena internacional. Nsiah et al. (2012), por exemplo, estimaram o desempenho das exportações de manufatura dos 50 estados dos EUA com dados em painel. Os autores concluíram que os fatores que possuem impacto significativo nas exportações são: a infraestrutura, o sistema legal, a taxa de impostos corporativos, a densidade de emprego e a localização do estado, entre outros. Artuc et al. (2014) analisaram as exportações dos condados da Croácia no período de 2007 a 2012. Eles notaram que as exportações têm relação positiva com a densidade de rodovias, o tamanho da força de trabalho, a taxa de qualificação e o número de patentes. Márquez-Ramos (2014) estimou um modelo com foco em indicadores de instalações portuárias para analisar as exportações espanholas no período de 2000 a 2008. A conclusão é que as instalações portuárias desempenham um importante papel nas exportações do país e que os *spillovers* regionais desempenham um papel ainda mais importante no crescimento das exportações espanholas. Bensassi et al. (2015) aplicaram um modelo para analisar as exportações internacionais e inter-regionais da Espanha no período de 2003 a 2007, focando em indicadores de infraestrutura logística e transporte. Os autores concluíram que a infraestrutura logística possui relação positiva e significante no fluxo de comércio observado. Brodzicki et al. (2018) utilizaram as exportações regionais espanholas e polonesas como estudo de caso no período de 2005 a 2015, resultando na identificação de fatores significantes para as exportações das regiões analisadas. Dentre eles, se destacam: investimento estrangeiro direto, infraestrutura, condições de mercado, distância e geografia, aglomeração espacial, e base de conhecimento tecnológico, fatores estatisticamente significantes que influenciam positivamente nas exportações da região analisada.

#### **4. O USO DO MODELO GRAVITACIONAL NA ANÁLISE DE FATORES DETERMINANTES DO COMÉRCIO INTERNACIONAL BRASILEIRO**

Nesta seção, realiza-se uma revisão na literatura que utiliza do modelo gravitacional para verificar os determinantes do fluxo comercial do Brasil. A vantagem desta estratégia metodológica é que ele leva em consideração o padrão de comércio do local ao utilizar o fluxo de origem-destino, como também incluir aspectos que favorecem e restringem esta relação bilateral.

Há alguns estudos que focam em um setor específico no Brasil, como é o caso de Mata e Freitas (2008) que analisaram as exportações agropecuárias do país. Os autores apontaram como seus principais determinantes a distância para os mercados de destino, o PIB dos parceiros comerciais e a localização geográfica do país importador. Almeida et al. (2011) verificaram os fatores determinantes das exportações brasileiras de café no período de 2000 a 2006, com enfoque nos custos de transporte. Os seus resultados mostraram que a distância entre o Brasil e seus parceiros comerciais é responsável diretamente nas relações comerciais do setor da cafeicultura. Salles et al. (2011) analisaram os fluxos de exportação de papel e de celulose do Brasil no período de 1997 a 2005. Os resultados encontrados pelos autores revelaram que as exportações de papel e celulose são mais sensíveis a variações do PIB do Brasil do que nas demais variáveis. Zanquette de Pintor et al. (2016) pesquisaram os determinantes das exportações brasileiras de produtos sucroalcooleiros no período de 2002 a 2012. Como conclusão, os autores revelaram que as variáveis mais importantes foram o PIB do Brasil, o preço do açúcar e a *dummy* que representa os países membros da UE. Cruz et al. (2020) realizaram o trabalho com as exportações brasileiras de açúcar para a UE, os EUA e outros parceiros comerciais no período de 2002 a 2017. Eles destacaram a importância de acordos comerciais que contemplam o setor estudado, bem como questões relacionadas às medidas sanitárias, que impactam negativamente no comércio deste setor. Por fim, Nunes et al. (2021), ao pesquisar as exportações de mamão do Brasil, chegaram à conclusão de que elas são proporcionais ao tamanho econômico de seus parceiros comerciais e inversamente proporcionais à distância entre a origem e o destino; além de possuírem relação direta com os preços internacionais e a taxa de câmbio.

Apesar de a análise regional estar cada vez mais em voga por conta da necessidade de ter em conta as discrepâncias regionais internas dos países (Díaz-Dapena et al. 2022), o foco dos trabalhos acima mencionados foi o Brasil como um todo, não distinguindo por regiões brasileiras. Algumas exceções podem ser encontradas na literatura, nas quais o aspecto regional das exportações é levado em consideração.

Os pioneiros neste tipo de estudo no Brasil, até onde sabemos, foram Hidalgo e Vergolino (1998). Os autores estimaram os fluxos inter-regionais e internacionais das regiões brasileiras com dados referentes ao ano de 1991. Os resultados desta análise destacaram que o efeito fronteira é um importante aspecto na configuração comercial delas. Silva et al. (2007) também estudaram o efeito fronteira para os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal. Os resultados obtidos indicaram que o comércio intranacional no Brasil é 33 vezes maior do que o comércio internacional.

Por sua vez, há estudos que focam mais particularmente em como os blocos regionais impactam na geração de fluxos das regiões, como é o caso de Sá Porto (2002). O autor avaliou as repercussões do acordo do Mercosul nas cinco regiões brasileiras no período de 1990 a 1998. Os resultados mostraram que o bloco econômico apresenta impacto mais significativo nas regiões Sul e Sudeste, enquanto as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste são bem menos expressivos. O autor sugere que o Mercosul contribui na exacerbação das disparidades regionais no Brasil, já que as regiões com impactos mais positivos são aquelas mais desenvolvidas.

O papel da infraestrutura portuária no comércio exterior das regiões brasileiras foi estudado por Bottasso et al. (2018). Eles analisaram as exportações e importações dos 27 estados brasileiros no período de 2009 a 2012, concluindo que um aumento na infraestrutura dos portos tem impacto positivo significativo para exportações, já para as importações, os resultados foram mistos e geralmente mais baixos.

Finalmente, Zanquette de Pintor et al. (2018) identificaram os determinantes das exportações do estado do Paraná para a América Latina e Caribe no período de 2002 a 2014. Os resultados indicam que as variáveis utilizadas explicam 89,89% das exportações paranaenses para os países da América Latina e Caribe. Além disso, observa-se que o PIB dos parceiros comerciais e o PIB do Paraná têm impacto positivo nos fluxos de exportação estudados.

## 5. METODOLOGIA

Tradicionalmente, a equação do modelo gravitacional era estimada através dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Entretanto, Santos Silva & Tenreyro (2006) introduziram um estimador robusto capaz de lidar com situações quando os fluxos bilaterais são zero, bem como diferentes padrões de heterocedasticidade. Os parâmetros abaixo na equação (2) foram estimados exponencialmente usando o estimador Pseudo Máxima Verossimilhança de Poisson (*Poisson Pseudo Maximum Likelihood - PPML*), a referência na estimação de equações gravitacionais atualmente.

$$X_{ijt} = \exp (\beta_1 \lnsuperior_{it} + \beta_2 \lndensrodotovias_{it} + \beta_3 \lnpibpc_{it} + \beta_4 \lnpop_{it} + \beta_5 \lnpibpc_{jt} + \beta_6 \lnpop_{jt} + \delta_{ij}) + \vartheta_{ijt} \quad (2)$$

onde  $X_{ijt}$  são as exportações em valores nominais dos estados do Nordeste brasileiro  $i$  para os parceiros comerciais da referida região  $j$  no ano  $t$ ;  $\lnsuperior_i$  é o log da razão entre o número de pessoas com nível superior dividido pela população de cada estado nordestino no ano  $t$ ;  $\lndensrodotovias_i$  é o total de quilômetros de rodovias dos estados dividido pela sua área no ano  $t$ ;  $\lnpibpc_i$  ( $\lnpop_i$ ) e  $\lnpibpc_j$  ( $\lnpop_j$ ) são PIB per capita (população) dos estados e dos países destino das exportações no ano  $t$ ;  $\delta_{ij}$  são os efeitos fixos dos pares origem-destino;  $\vartheta_{ijt}$  é o termo do erro.

Espera-se um sinal positivo para a variável que mede a qualificação da mão de obra dos estados ( $\lnsuperior_i$ ). Ela é muitas vezes usada como medida de produtividade potencial de determinado local (De Negri 2006, Moro et al. 2006, Díaz-Dapena et al. 2022). Moro et al. (2006), por exemplo, evidenciam a correlação entre o potencial exportador e os fatores ligados ao ambiente urbano, a exemplo da escolaridade, ao utilizar a participação relativa dos indivíduos de 25 anos ou mais com ensino superior como variável explicativa para representar a qualificação da força de trabalho. Desse modo, a variável pode captar o nível de qualificação dos trabalhadores na atividade de exportação, como também demonstra como uma região é capaz de atrair trabalhadores mais especializados, pois são nestas áreas que o potencial de produtividade do trabalhador pode ser de fato realizado.

A infraestrutura logística de cada região foi contemplada através da variável densidade de rodovias ( $\lndensrodotovias_i$ ). Bougheas et al. (1999) constataram que a infraestrutura pública atribui valor inverso aos custos de transporte. Os autores utilizaram o *stock of public capital* e o comprimento da malha rodoviária e obtiveram efeito positivo em ambos os casos, como é o esperado.

A massa econômica como gerador de fluxo de comércio é um aspecto utilizado no modelo gravitacional desde os primórdios de sua aplicação. Neste trabalho, a massa econômica foi inserida como PIB per capita e população dos estados nordestinos e parceiros comerciais ( $\lnpibpc_i$ ,  $\lnpop_i$ ,  $\lnpibpc_j$ ,  $\lnpop_j$ ). O PIB per capita é amplamente utilizado na literatura para medir o desenvolvimento econômico de determinada região. Já a população é uma medida de tamanho dos mercados (Tsekeris 2017, Brodzicki et al. 2018). Esta última é uma variável que complementa a análise do PIB per capita ao se entender que o mercado pode ser grande, mas não pujante, por exemplo. Desta forma, estas duas variáveis podem assumir impactos ambíguos, isto é, positivos e negativos. Maior massa econômica, ou maior desenvolvimento econômico, pode levar a um efeito produzido por economia de escala com um aumento das exportações; ou a um efeito de absorção, quando o estado é um pujante mercado consumidor e menos produção sobra para ser exportada (Márquez-Ramos 2014).

Preocupações em relação à endogeneidade podem surgir à hora de estimar a relação exportações e seus determinantes, como é o nosso caso. É legítimo o questionamento se foram as exportações que geraram maior PIB per capita, por exemplo, ou se foi uma situação inicial, um maior PIB per capita que possibilitou o aumento das exportações. Para tratar endogeneidade, também chamada de causalidade reversa, de alguns regressores nos modelos gravitacionais, Baier & Bergstrand (2007) aconselham a inclusão de efeitos fixos origem-destino,  $\delta_{ij}$ , conforme pode ser observado em (2)<sup>11</sup>. Estes efeitos fixos também são responsáveis por capturar os custos de comércio internacional que são invariáveis no tempo entre a origem e o destino (Egger & Nigai 2015). No nosso caso específico, os efeitos fixos de países são responsáveis por controlar todos os efeitos observáveis e não observáveis invariante-

<sup>11</sup> De acordo com Olivero & Yotov (2012), é recomendado também a inclusão de efeitos fixos de origem-tempo e destino-tempo para se levar em consideração os termos de resistência multilateral (Anderson & van Wincoop 2003). Entretanto, a inclusão destes efeitos fixos levaria a absorção de todas as variáveis de nosso interesse.

tes no tempo que podem influenciar as exportações nordestinas e a conexão entre os pares. De acordo com Baier et al. (2018), no caso de existir uma causalidade reversa entre os fluxos e as variáveis independentes, leva-se a um viés ascendente do impacto destas variáveis.

Além desta estratégia, realizou-se o teste de exogeneidade para dados em painel proposto por Wooldridge (2010). Segundo ele, ao adicionar o nível futuro da variável independente a ser testada, ela deve ser estatisticamente insignificante, o que comprova que ela não está relacionada à variável dependente. Diante disso, repetiu-se a regressão (2), adicionando o nível futuro das variáveis PIB per capita ( $lnpibpc_{i+1}$ ) e população ( $lnpop_{i+1}$ ) dos estados nordestinos.

Por fim, para uma inferência estatística conservadora, Cameron et al. (2011) indicam a necessidade de controlar os erros através de múltiplas vias. Especificamente em relação aos modelos gravitacionais, Egger & Tarlea (2015) e Larch et al. (2019) consideram que o erro deve vir agrupado em três vias: exportador, importador e ano ( $\vartheta_{ijt}$ ).

## 6. DADOS

Neste artigo analisamos os determinantes das exportações dos estados do Nordeste brasileiro entre 2002 e 2017, tanto em termos de características da origem, como também com as características de destino. As exportações dos estados nordestinos estão em valor FOB em dólares dos EUA e são provenientes do Ministério da Economia do Brasil (2020) que coleta informações de declarações alfandegárias a nível de firma. Verifica-se que ao longo do período analisado, os estados nordestinos fizeram negócios com 197 diferentes países. Inicialmente, o estudo considerou todas as exportações nordestinas. Em um segundo momento, elas foram classificadas em produtos manufaturados e não manufaturados (produtos de agricultura, silvicultura e pesca, mineração e pedreira), de acordo com a *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) da UNCTAD (2020).

As variáveis de origem são PIB per capita e população provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) (2020). O nível de qualificação da força de trabalho foi calculado através da divisão entre o total nominal de pessoas com ensino superior no estado (Ministério do Trabalho do Brasil 2020) pela população. Por fim, a densidade de rodovias foi calculada através da razão entre o total de rodovias disponíveis no estado (Confederação Nacional do Transporte 2019) e sua área (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), 2010). As variáveis de destino são PIB per capita e população, ambas obtidas da base de dados gravitacionais do Centro de Pesquisas CEPII (Head et al. 2010), compostas de dados públicos provenientes de fontes institucionais ou disponibilizadas por pesquisadores. De acordo com o site CEPII, estas variáveis são originalmente disponibilizadas pelo projeto “Indicadores de Desenvolvimento do Banco Mundial (WDI)”.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 4 mostra os resultados da estimativa PPML da equação (2) para dados em painel (2002-2017). A coluna 1 apresenta os parâmetros quando se considera as exportações de todos os produtos; na coluna 2 repete-se a estimação da coluna 1, mas incluindo as variáveis a nível futuro; a coluna 3, apresenta-se as exportações dos produtos manufaturados; a coluna 3, dos não manufaturados. O Pseudo-R<sup>2</sup> (calculado como o quadrado da correlação entre os valores observados e ajustados) revela que o ajuste geral do modelo é muito bom, em torno de 90%. Os resultados mostram que a sensibilidade das exportações nordestinas em relação às variáveis independentes varia de acordo com o tipo de produto consideravelmente.

A qualificação da mão de obra dos estados nordestinos ( $lnsuperior_i$ ) é positiva e significativa para as exportações de manufatura. Um aumento do contingente de trabalhadores com nível superior em 10% nos estados nordestinos, leva um crescimento de 8,3% das exportações. O resultado desta mesma variável referente aos produtos não manufaturados mostra que é não significativa. Isto quer dizer que o nível de qualificação da força de trabalho não é importante para exportação deste grupo de produtos. Como antecipado anteriormente, até onde sabemos, não há trabalhos que utilizaram desta metodologia para avaliar o impacto que maior instrução possui na atividade exportadora nem do Nordeste nem do Brasil.

Quadro 4 – Resultado da estimação dos parâmetros

Variáveis	(1) Todos produtos	(2) Todos os produtos Wooldridge (2010)	(3) Manufaturas	(4) Não manufaturas
$lnsuperior_i$	0,626*** (0,203)	0,505** (0,251)	0,828*** (0,259)	-0,128 (0,233)
$lndensrodovias_i$	0,816*** (0,150)	0,874*** (0,197)	0,762*** (0,102)	0,599 (0,557)
$lnpibpc_i$	-0,130 (0,191)	0,896 (0,759)	-0,383* (0,213)	0,880** (0,306)
$lnpop_i$	-3,089*** (0,476)	-3,680*** (1,315)	-2,325*** (0,858)	-5,591* (3,060)
$lnpibpc_j$	1,022** (2,55)	1,035*** (0,334)	0,985*** (0,223)	1,170*** (0,262)
$lnpop_j$	-0,014 (1,255)	-0,368 (1,314)	-0,061 (1,143)	0,410 (0,863)
$lnpibpc_{i+1}$	- -	0,901 (0,855)	- -	- -
$lnpop_{i+1}$	- -	0,648 (0,823)	- -	- -
$\delta_{ij}$	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Observações</b>	11.397	9.168	10.394	5.556
<b>Pseudo-<math>R^2</math></b>	0,923	0,927	0,922	0,879

Erros padrão de três vias agrupados por exportador, importador e ano entre parênteses.

Nível de significância: \* 10%, \*\* 5%, \*\*\* 1%.

A densidade da malha rodoviária ( $lndensrodovias_i$ ) foi escolhida como *proxy* do nível de infraestrutura de cada estado nordestino. O uso do modal rodoviário é predominante no Brasil, em detrimento dos modais ferroviário e aquaviário, visto que há um grande desbalanceamento da matriz de transporte de cargas (Viana et al. 2019). No caso das manufaturas, esse parâmetro foi positivo e significativo (0,76). Outros autores tiveram conclusões parecidas e concluíram que uma maior infraestrutura pública resulta em uma redução nos custos de transporte e, consequentemente, um aumento no comércio (Nsiah et al. 2012, Artuc et al. 2014, Bensassi et al. 2015, Brodzicki et al. 2018). O parâmetro para os produtos não manufaturados apresentou valores positivos, mas não foi significativo. Da mesma forma que a variável anterior, a literatura encontrada sobre o tema e estudo de caso, não contemplou a infraestrutura logística interna como aspecto propulsor do comércio regional.

A variável PIB per capita dos estados nordestinos teve significância nas exportações de não manufaturados. Pode-se entender que a geração das exportações, mesmo de produtos de menor valor agregado, aumenta muito a circulação monetária na economia, levando a um impacto bastante positivo naquela localidade (0,88). De acordo com Surya et al. (2021), a utilização de recursos naturais disponíveis deve ser feita com base em ações empreendedoras e trabalhos econômicos comunitários, o que consequentemente levará a um aumento da renda regional. Eles então explicam que isso é conseguido através do desenvolvimento das áreas denominadas *agropolitan*. No que se refere ao parâmetro negativo do PIB per capita na geração de exportações de manufaturados, Nsiah et al. (2012) encontraram coeficiente também com este sinal. Em tal estudo de caso, tal parâmetro foi justificado devido à presença majoritária de indústrias de capital intensivo e de baixa economia de escala, o que claramente é cabível para a nossa realidade. Observa-se, portanto, que no caso da manufatura, a exportação gerou uma menor renda para os locais de origem, ocorrendo um processo de absorção deste tipo de bem ou mesmo por conta de todas as importações intermediárias necessárias para a confecção do mesmo. Por outro lado, no caso das não manufaturas, ocorre o efeito inverso. Maior PIB per capita gera um aumento de economia de escala e maior valor exportado. Ou seja, o impacto na economia nordestina é sentido fortemente na produção deste bem.

Em relação do PIB per capita do lado dos países importadores, verifica-se que quanto maior o poder econômico destes países, maior será a demanda importadora e maior o fluxo bilateral (manufaturados = 0,99 e não manufaturados = 1,17). A renda dos parceiros comerciais, segundo Pimentel et al. (2005), sempre se mostrou como fator preponderante para geração de exportações, especialmente a de produtos agrícolas.

Sobre a variável população dos estados nordestinos, vimos claramente que se enquadra no que definimos como efeito absorção. Ou seja, quanto maior o mercado consumidor, menor será a oferta de

exportação no caso de produtos manufaturados (-2,33) e não manufaturados (-5,59). A população dos países de destino da exportação nordestina se mostrou não significativa para produtos manufaturados e não manufaturados.

Finalmente, observa-se que pseudo- $R^2$  que indica a medida de bondade do modelo é maior para a estimativa (2), a qual refere-se a manufaturas, o que confirma que as variáveis levadas em consideração têm maior peso no caso deste tipo de produto. Dito de outra maneira, outros aspectos são mais importantes para a geração de fluxos de produtos não manufaturados no Nordeste e que não foram incluídos na estimativa.

Como citado anteriormente, além da inclusão do efeito fixo origem-destino para controle da causalidade reversa, o teste proposto por Wooldridge (2010) foi realizado. Para isso, repetiu-se a equação (2), mas agora incluindo o nível futuro do PIB per capita ( $\ln pibpc_{i+1}$ ) e da população ( $\ln pop_{i+1}$ ). Como pode ser visto no Quadro 4, coluna 2, as estimativas destes parâmetros não são estatisticamente significativas, o que comprova que nossas estimativas não sofrem com este problema. Este é um teste formal para causalidade reversa.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As exportações da região Nordeste durante os anos revelam que, apesar da abertura comercial tardia, do desempenho inferior às outras regiões do Brasil e da concentração da pauta exportadora, a região iniciou um crescimento nas exportações a partir de 2002 que perpetua até os dias de hoje. Desse modo, um melhor entendimento dos efeitos de fatores determinantes nos fluxos de comércio pode auxiliar na melhor implementação de políticas públicas, bem como na perpetuação desta tendência de alta.

Análises regionais de comércio exterior contribuem para que se vislumbre maiores oportunidades de desenvolvimento através de um processo de aperfeiçoamento naquilo que se faz melhor. É o que se convenciona chamar “estratégia de especialização inteligente”. A ideia é trazer soluções locais não esperando mesmos retornos em todos os lugares para o capital humano sem políticas complementares, nem forçando regiões a especializações extremas. Este trabalho busca somar a partir do momento que não encontramos estudos que debruçaram especificamente a esta realidade do Nordeste do Brasil.

Para isso, estimou-se um modelo gravitacional através de um estimador robusto e levou-se em consideração os fluxos de origem (estados do Nordeste) para o destino (parceiros comerciais). Com a finalidade de refinar a pesquisa, os fluxos de exportação foram divididos em manufaturados e não manufaturados. Os resultados mostraram que os parâmetros possuem comportamentos bastante diferentes, o que leva a uma melhor visualização dos determinantes das exportações nordestinas, foco deste estudo. Somado a isso, a inclusão de efeitos fixos origem-destino, bem como a execução de um teste formal para lidar com problemas de endogeneidade, além do agrupamento dos erros em três vias (origem, destino e ano) foram fundamentais na busca de uma estimativa conservadora e, consequentemente, resultados sem vieses.

Por um lado, as exportações de produtos não manufaturados dependem pouco da qualificação da mão de obra e da infraestrutura logística dos estados do Nordeste. A receita proveniente das exportações de não manufaturados impacta fortemente a região. Por outro lado, os resultados mostram que a escolaridade e a densidade rodoviária melhoram as exportações das manufaturas, enquanto que a população do Nordeste tem impacto contrário. Isso quer dizer que com capital humano qualificado e malha rodoviária de qualidade favorecem à região Nordeste no seu potencial de exportação de manufaturas. É ponto comum que a demanda externa, medida através de um proxy de desenvolvimento econômicos dos parceiros comerciais do Nordeste, é o fator crucial na geração de fluxos de exportações dos estados.

Considerando que a região Nordeste possui uma pauta de exportações concentrada e que o período atual acarretou mudanças econômicas devido à pandemia do Covid-19, uma futura pesquisa poderia estar focada no impacto da doença nas exportações nordestinas. Outra possibilidade é a análise das exportações a nível de municípios, com a finalidade de entender melhor as dinâmicas regionais. Em termos de métodos utilizados, poderá ser aplicado o modelo *Spatial Interaction Economic Modelling* (SEIM), no qual inclui-se a variável espacial na análise.

## BIBIOGRAFIA

- Almeida, Fernanda Maria de; Silva, Orlando Monteiro da; Braga, Marcelo José (2011), "O comércio internacional do café brasileiro: a influência dos custos de transporte", *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 49, nº 2, pp. 323–340.
- Anderson, James E. (1979), "A theoretical foundation for the gravity equation", *The American Economic Review*, 69:1, pp. 106–116.
- Anderson, James E; Wincoop, Eric van (2003), "Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle", *American Economic Review*, Vol. 93, nº 1, pp. 170–192
- Artuc, Erhan; Iootty, Mariana; Pirlea, Ana Florina (2014), "Export Performance and Geography in Croatia", *Policy Research Working Paper*, Vol. 6999, pp. 1-34.
- Baier, Scott L.; Bergstrand, Jeffrey H. (2007), "Do free trade agreements actually increase members' international trade?", *Journal of International Economics*, Vol. 71, nº 1, pp. 72–95.
- Baier, Scott L.; Kerr, Amanda; Yotov, Yoto V. (2018), "Gravity, Distance, and International Trade" in Blonigen, Bruce A.; Wilson, Wesley W., *Handbook of International Trade and Transportation*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 15–78.
- Bensassi, Sami; Márquez-Ramos, Laura; Martínez-Zarzoso, Inmaculada; Suárez-Burguet, Celso (2015), "Relationship between logistics infrastructure and trade: evidence from Spanish regional exports", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 72, pp. 47–61.
- Bergstrand, Jeffrey H (1985), "The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 67, nº 3, pp. 474–481.
- Bottasso, Anna; Conti, Maurizio; De Sa Porto, Paulo Costacurta; Ferrari, Claudio; Tei, Alessio (2018), "Port infrastructures and trade: empirical evidence from Brazil", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 107, pp. 126–139.
- Bougheas, Spiros; Demetriadis, Panicos O; Morgenroth, Edgar L.W. (1999), "Infrastructure, transport costs and trade", *Journal of International Economics*, Vol. 47, nº 1, pp. 169–189.
- Brodzicki, Tomasz; Márquez-Ramos, Laura; Umiński, Stanisław (2018), "The investigation into determinants of regional exports base: Panel analysis for spanish and polish regions", *Entrepreneurial Business and Economics Review*, Vol. 6, nº 1, pp. 135–151.
- Cameron, A. Colin; Gelbach, Jonah B.; Miller, Douglas L. (2011), "Robust Inference With Multitway Clustering", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 29, nº 2, pp. 238–249.
- Campos de Souza, Perilônia Oliveira (2016), *A Trajetória da inserção comercial da Região Nordeste no mercado internacional: de FHC a Dilma - uma análise a partir de anos selecionados*, Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Confederação Nacional do Transporte (2019), "Anuário CNT do Transporte: estatísticas consolidadas", <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2019/Inicial>.
- Cruz, Aline Cristina; Mendonça, Tales Girardi; Coelho, Mariana Guedes (2020), "Determinantes das exportações brasileiras de açúcar em 2002–2017", *Revista de Política Agrícola*, Vol. 29, nº 1, pp. 22–40.
- Deardorff, Alan V. (1998), "Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World?" In Frankel, Jeffrey A., ed., *The Regionalization of the World Economy*, University of Chicago Press, pp. 7–32.
- De Negri, J. A. (2006), "Rendimentos crescentes de escala e o desempenho exportador das firmas no Brasil" in De Negri, João Alberto; Araújo, Bruno César Pino Oliveira De (eds.), *As Empresas Brasileiras e o Comércio Internacional*, Brasil, Ipea, pp. 189–214.
- De Negri, João Alberto; Araújo, Bruno César Pino Oliveira De (2006), *As empresas brasileiras e o comércio internacional*, Brasília, Ipea.
- Díaz-DaPena, Alberto; Grecco Zanon Moura, Ticiana; Rubiera-Morollón, Fernando (2022), "From the Local Economy to the Global Market. Municipal-Level Spatial Economic Modelling of International Trade for Brazil", *International Regional Science Review*, Vol. 0, nº 0, pp. 1–28.
- Eaton, Jonathan; Kortum, Samuel (2002), "Technology, geography, and trade", *Econometrica*, Vol. 70 nº 5, pp. 1741–1779.
- Egger, Peter H.; Nigai, Sergey (2015), "Structural gravity with dummies only: Constrained ANOVA-type estimation of gravity models", *Journal of International Economics*, Vol. 97, nº 1, pp. 86–99.

- Egger, Peter H.; Tarlea, Filip (2015), "Multi-way clustering estimation of standard errors in gravity models", *Economics Letters*, Vol. 134, pp. 144–147.
- Foray, D; David, P. A.; Hall, B. H. (2009), "Smart Specialisation – The Concept", *Knowledge Economists Policy Brief*, Vol. 9.
- Freire, Laura Lúcia Ramos (2019), "Comércio Exterior", *BNB Conjuntura Econômica - Edição Especial 2019*, Fortaleza, Banco do Nordeste, pp. 205–225.
- Galvão, Olímpio J. de Arroxelas; Vergolino, José Raimundo (2004), "O comércio e a inserção competitiva do Nordeste no exterior e no Brasil", Banco do Nordeste do Brasil.
- Galvão, Olímpio J. de Arroxelas (2007), "45 anos de comércio exterior no Nordeste do Brasil: 1960-2004", *Revista Econômica do Nordeste*, Vol. 38, nº 1, pp. 7–31.
- Head, Keith; Mayer, Thierry (2004), "Market Potential and the Location of Japanese Investment in the European Union", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 86, nº 4, pp. 959–972.
- Head, Keith; Mayer, Thierry; Ries, John (2010), "The erosion of colonial trade linkages after independence", *Journal of International Economics*, Vol. 81, nº 1, pp. 1–14.
- Helpman, Elhanan; Krugman, Paul R. (1985), "Market structure and foreign trade: increasing returns, imperfect competition, and the international economy", MIT press.
- Hidalgo, A. Barrantes; Vergolino, José Raimundo (1998), "O nordeste e o comércio inter-regional e internacional: um teste dos impactos por meio do modelo gravitacional", *Economia Aplicada*, Vol. 2, nº 4, pp. 707–725.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2010), "Áreas Territoriais", <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=downloads>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2020), "Sociais", <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais>.
- Larch, Mario; Wanner, Joschka; Yotov, Yoto V.; Zylkin, Thomas (2019), "Currency Unions and Trade: A PPML Re-assessment with High-dimensional Fixed Effects", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 81, nº 3, pp. 487–510.
- Márquez-Ramos, Laura (2014), "Port facilities, regional spillovers and exports: Empirical evidence from Spain", *Papers in Regional Science*, Vol. 95, nº 2, pp. 329–351.
- Mata, Daniel da; Freitas, Rogério Edivaldo (2008), "Produtos agropecuários: para quem exportar?" *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 46, nº 2, pp. 257–290.
- Melo, Maria Cristina Pereira de (2007), "Inserção Internacional da Região Nordeste e a Dinâmica do Comércio Exterior Brasileiro nos Anos Recentes", *Revista Econômica do Nordeste*, Vol. 38, nº 4, pp. 583–601.
- Ministério da Economia do Brasil (2020), "Estatísticas de Comércio Exterior em Dados Abertos", <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-externo/pt-br/assuntos/comercio-externo/estatisticas/base-de-dados-bruta>.
- Ministério do Trabalho do Brasil (2020), "Bases Estatísticas RAIS e CAGED", <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/isic>.
- Moro, S.; Lemos, M. B.; Domingues, E. P.; Ruiz, R. M.; Freitas, F. (2006), "A dimensão espacial do potencial exportador das firmas industriais brasileiras" in De Negri, João Alberto; Araújo, Bruno César Pino Oliveira De (eds.), *As Empresas Brasileiras e o Comércio Internacional*, Brasília, Ipea, pp. 109–138.
- Nsiah, Christian; Wu, Chen; Mayer, Walter J. (2012), "An analysis of US State's export performance in the Asian Market", *Annals of Regional Science*, Vol. 49, nº 2, pp. 533–550.
- Nunes, Erivelton de Souza; Khan, Ahmad Saeed; Sousa, Eliane Pinheiro de; Tabosa, Francisco José Silva (2021), "Determinantes das exportações brasileiras de mamão à luz do modelo gravitacional", *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 59, nº 4.
- Olivero, María Pía; Yotov, Yoto V. (2012), "Dynamic gravity: endogenous country size and asset accumulation", *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, Vol. 45, nº 1, pp. 64–92.
- Pimentel, Edgard Almeida; Almeida, Leandro; Sabbadini, Ricardo (2005), "Comportamento recente das exportações agrícolas no Brasil: uma análise espacial no âmbito dos estados", Nereus.
- Sá Porto, Paulo C. de (2002), "Mercosul and regional development in Brazil: a gravity model approach", *Estudos Econômicos*, Vol. 32, nº 1, pp. 125–153.
- Salles, Thiago Taglialegna; Silva, Márcio Lopes da; Soares, Naisy Silva; Moraes, Angelo Casali

de (2011), "Exportação brasileira de papel e celulose: sua dinâmica pela equação gravitacional", Revista Árvore, Vol. 35, nº 3, pp. 573–580.

Santos Silva, J. M.C.; Tenreyro, Silvana (2006), "The log of gravity", Review of Economics and Statistics, Vol. 88, nº 4, pp. 641–658.

Silva, Orlando M. da; Almeida, Fernanda M. de; Oliveira, Bethania M. de (2007), "Comércio internacional 'x' intranacional no Brasil: medindo o efeito-fronteira", Nova Economia, Vol. 17, nº 3, pp. 427–439.

Silveira-Neto, Raul M.; Azzoni, Carlos R. (2011), "Social policy as regional policy: Market and nonmarket factors determining regional inequality", Journal of Regional Science, Vol. 51, nº 5, pp. 1–18.

Surya, Batara; Saleh, Haeruddin; Hamsina, Hamsina; Idris, Muhammad; Ahmad, Despry Nur Annisa (2021), "Rural agribusiness-based agropolitan area development and environmental management sustainability: Regional economic growth perspectives", International Journal of Energy Economics and Policy, Vol. 11, nº 1, pp. 142–157.

Tinbergen, J. (1962), "Shaping the world economy: suggestions for an international economic policy", New York, Twentieth Century Fund.

Tsekeris, Theodore (2017), "Domestic transport effects on regional export trade in Greece", Research in Transportation Economics, Vol. 61, pp. 2–14.

UNCTAD - Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (2020), "Economic statistics", <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/isic>.

Viana, Fernando Luiz E.; Bezerra, Francisco Diniz; Tomé, Luciana Mota (2019), "Panorama da Infraestrutura no Nordeste do Brasil", BNB Conjuntura Econômica - Edição Especial 2019, Fortaleza, Banco do Nordeste, pp. 35–75.

Wooldridge, J. M. (2010), "Econometric analysis of cross section and panel data", Cambridge, Massachusetts: MIT press.

World Bank (2021), "Trade (% of GDP)", <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS>.

WTO (2017), "World Trade Report 2017: Trade, Technology and Jobs", Geneva: WTO.

Yotov, Yoto; Larch, Mario; Monteiro, José-Antonio; Piermartini, Roberta (2016), "An advanced guide to trade policy analysis: The structural gravity model", pp. 1–144.

Zanquette de Pintor, Geisiane Michelle; Pintor, Eduardo De; Cardoso, Bárbara Françoise; Aguilar, Cristian Jair Paredes; Shikida, Pery Francisco Assis (2016), "Análise dos determinantes das exportações brasileiras do complexo sucroalcooleiro entre 2002 e 2012 através do modelo gravitacional", A Economia em Revista - AERE, Vol. 23, nº 1.

Zanquette de Pintor, Geisiane Michelle; Pintor, Eduardo de; Oliveira, Gilson Batista de; Schneider, Mirian Beatriz (2018), "Determinantes das exportações paranaenses para a América Latina e Caribe: uma aplicação do modelo gravitacional", Revista Tecnologia e Sociedade, Vol. 14, nº 31.