

O efeito fronteira em Minas Gerais: uma análise de seus impactos no comércio interestadual e internacional¹

Lúcio Otávio Seixas Barbosa², Carla Cristina Aguilar de Souza³, Domitila Santos Bahia⁴, Maria Aparecida Campos Salles⁵ e William Fabiano Dias Filho⁶

RESUMO: O efeito fronteira se refere ao impacto negativo que barreiras tarifárias e não-tarifárias exercem sobre o comércio. Diversos estudos apontam para a incidência desse efeito em alguns países e também no Brasil. Devido à ausência de dados relativos ao comércio interestadual, os últimos trabalhos aplicados para o Brasil utilizam dados do ano de 1999. O presente trabalho, ao utilizar uma nova base de dados divulgada para o comércio interestadual de Minas Gerais, tendo como referência o ano de 2016 e 2019, atualiza a análise e mensuração desse efeito para o estado de Minas Gerais. A metodologia envolve a aplicação do modelo gravitacional, cujos resultados sugerem que o efeito fronteira interestadual afeta mais negativamente o fluxo de comércio do estado do que o efeito fronteira internacional.

Palavras-chave: efeito fronteira internacional; efeito fronteira interestadual; modelos gravitacionais.

Abstract: The border effect refers to the negative impact that tariff and non-tariff barriers have on trade. Several studies point to the incidence of this effect in some countries, including Brazil. Due to the absence of data on interstate trade, recent studies applied to Brazil have used data from the year 1999. This study updates the analysis and measurement of this effect for the state of Minas Gerais by using a new dataset released for interstate trade, referencing the years 2016 and 2019. The methodology involves applying the gravity model, and the results suggest that the interstate border effect has a more negative impact on the state's trade flow than the international border effect.

Keywords: international border effect; intra-national border effect; gravity model.

Área de submissão: Área 6 – Globalização e competitividade regional

JEL Classification: F14, O24, R11

1 Introdução

Tradicionalmente, o estado de Minas Gerais ocupa lugar de destaque no comércio tanto internacional quanto interestadual do Brasil. No ano de 2023, o estado ocupou a terceira posição entre os maiores estados exportadores, somente atrás de São Paulo e Rio de Janeiro, sendo responsável por 11,8% de todas as exportações do Brasil (MDIC, 2024).

¹ Os autores agradecem o suporte financeiro da FAPEMIG.

² Pesquisador da Fundação João Pinheiro

³ Pesquisadora da Fundação João Pinheiro

⁴ Bolsista de pós-doutorado da Fundação João Pinheiro

⁵ Pesquisadora da Fundação João Pinheiro

⁶ Bolsista de pesquisa da Fundação João Pinheiro

Nesse mesmo ano, Minas Gerais foi o principal exportador de café, ouro e nióbio, e, junto com o Pará, liderou as exportações de minério de ferro. Adicionalmente, destacou-se como maior exportador de produtos metalúrgicos, além de ser o segundo maior exportador de soja e açúcares. Em relação às importações, Minas Gerais foi o quinto maior importador entre os estados brasileiros, responsável por 6,4% das importações do Brasil. As compras internacionais se concentraram em bens de maior valor agregado, destacando-se as máquinas e equipamentos mecânicos e elétricos e os veículos automóveis. O principal parceiro comercial foi a China, sendo o destino de quase 40% das exportações e a origem de cerca de ¼ das importações. Em seguida, figuraram os Estados Unidos e a Argentina (MDIC, 2024).

Em perspectiva nacional, o estado é a terceira maior economia do país, com participação de 9,5% no PIB nacional (FJPa, 2024) e exercendo papel relevante no comércio interestadual. No ano de 2023, houve forte concentração do comércio com os estados do Sudeste. A região respondeu por mais de 50% do fluxo comercial do estado. Os principais produtos comercializados com os demais estados foram as máquinas e equipamentos mecânicos e elétricos e os veículos automóveis. Nas vendas, em particular, também se destacaram os produtos metalúrgicos (FJPb, 2024).

As fronteiras entre países e entre regiões podem representar gargalos que impactam o crescimento e o desenvolvimento (Capello, Caraglio e Fratesi, 2018). Em particular, é relevante tentar compreender os fatores que podem incentivar ou desestimular os fluxos de comércio.

De acordo com as teorias sobre comércio, é possível indicar que o comércio com outras regiões depende, sobretudo, do tamanho das economias e da distância entre elas. Mais especificamente, com o auxílio de modelos gravitacionais, pode-se afirmar que os fluxos comerciais são diretamente proporcionais ao tamanho da economia e inversamente proporcionais à distância entre as economias. No entanto, observa-se um viés de fluxos comerciais entre as regiões de um mesmo país em detrimento do comércio internacional. Esse resultado seria decorrente do efeito fronteira.

O efeito fronteira refere-se às diversas barreiras tarifárias e não tarifárias no comércio entre duas regiões. Nesse sentido, as diferenças institucionais e culturais, assim como adoção de tarifas de exportação/importação ou mesmo barreiras físicas (Carter e Poast, 2020), atuam como barreiras comerciais. Mesmo dentro das fronteiras do país, observa-se a presença do efeito fronteira entre as regiões, tanto em razão da heterogeneidade cultural e institucional quanto devido à autonomia dos entes federados na aplicação de impostos sobre as transações comerciais.

Diversos estudos aplicados em diversos países, incluindo o Brasil, atestam a presença do efeito fronteira internacional e interestadual. No entanto, um dos desafios para aplicação do modelo gravitacional é a ausência de dados de fluxo comercial entre as unidades da federação. No caso do Brasil, a maior parte dos estudos foram realizados a partir da matriz de comércio interestadual para o ano de 1999 disponibilizada pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA).

Recentemente, a Fundação João Pinheiro (FJP) passou a divulgar a matriz de comércio interestadual de Minas Gerais a partir do ano de 2015. Esses novos dados permitem a aplicação do modelo gravitacional para os fluxos comerciais de Minas Gerais. Inclusive, possibilitam a análise por grupos de produtos, o que não era possível com os dados do IPEA.

No presente estudo, o objetivo é investigar o efeito da fronteira internacional e interestadual sobre os fluxos comerciais do estado de Minas Gerais. A análise compreende os anos de 2016 e 2019. Embora a base de dados divulgadas pela FJP compreenda os anos de 2015 a 2023, optou-se por combinar essa base de dados aos dados da Tabela de Recursos e Usos (TRU) divulgadas para o estado (FJPC, 2024). Dessa forma, minimizam-se problemas relacionados a diferenças metodológicas na apuração dos fluxos comerciais (internacional vs. interestadual).

A metodologia utilizada consiste na aplicação do modelo gravitacional a partir de modelos para dados em painel. O método de estimação foi o Poisson Pseudo Maximum Likelihood (PPML), recomendado pela literatura para lidar com os problemas de heteroscedasticidade do termo de erro nesse tipo de modelo.

A partir dos resultados obtidos, é possível identificar o efeito das fronteiras sobre o comércio de Minas Gerais e avaliar o nível de integração de Minas Gerais ao mercado internacional e interestadual. Adicionalmente, a comparação com o resultado de outros estudos permite, em certa medida, avaliar mudanças ocorridas ao longo do tempo. Destaca-se, também, que Minas Gerais é tido muitas vezes como um microcosmo do Brasil. Dessa forma, os resultados podem iluminar reflexões para o país.

Além desta introdução, o estudo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta uma revisão da literatura empírica acerca do efeito fronteira e da aplicação dos modelos gravitacionais, destacando-se questões metodológicas em sua estimação; a Seção 3 detalha a metodologia e os dados utilizados; a Seção 4 apresenta, sintetiza, compara e discute os resultados obtidos com os principais estudos para o Brasil e seus estados; e, por fim, a Seção 5 traz as considerações finais.

2 Revisão empírica

O trabalho seminal que trata do efeito da fronteira sobre o comércio internacional foi publicado por McCallum (1995). Nele, o autor analisou o comércio entre as províncias canadenses e as exportações para diversos estados americanos. Os resultados sugeriram que, apesar da maior integração entre os países ao longo do tempo e da criação de blocos de comércio, o efeito das fronteiras sobre o comércio ainda seria relevante. Isto é, o comércio entre as províncias canadenses foi significativamente superior ao comércio com os estados americanos.

Para empreender essa análise, o autor utilizou o modelo gravitacional, segundo o qual o fluxo bilateral de comércio é proporcional ao tamanho das economias e inversamente proporcional à distância entre eles.

$$x_{i,j} = \frac{y_i y_j}{d_{ij}} \quad (1)$$

em que $x_{i,j}$ são as exportações da região i para a região j ; y_i e y_j são o PIB nominal; e d_{ij} é a distância bilateral.

Anderson e van Wincoop (2003) desenvolveram um modelo microfundamentado para embasar essa relação, tendo como principais premissas: (i) cada região produz apenas um único bem; e (ii) as preferências dos consumidores correspondem a uma função de elasticidade constante (CES). O resultado foi sintetizado a partir da seguinte equação:

$$x_{i,j} = \frac{y_i y_j}{y^n} \left(\frac{t_{ij}}{P_i P_j} \right)^{1-\sigma} \quad (2)$$

em que y^n é o PIB mundial; σ é a elasticidade de substituição entre todos os bens, t_{ij} são os custos do comércio, $P_i(P_j)$ se referem aos respectivos índices de preços.

Nesse modelo, a resistência da região $i(j)$ ao comércio foi capturada pelo índice de preço $P_{i(j)}$. Os autores denominaram-na ‘resistência multilateral’, pois, na forma especificada no modelo, $P_{i(j)}$ depende dos custos de comércio com todos os parceiros econômicos. Adicionalmente, embora P represente o índice de preços no modelo, os autores argumentaram que eles deveriam ser interpretados de forma mais generalizada, abrangendo inclusive questões não pecuniárias.

Em síntese, a equação gravitacional remodelada indica que o comércio bilateral, depois de controlado pelo tamanho das economias, depende das barreiras comerciais entre i e j ponderadas pelo produto da ‘resistência multilateral’. Ou seja, o comércio entre duas regiões depende das barreiras comerciais entre elas ponderado pela magnitude da resistência média ao comércio que ambas as regiões têm com todos os seus parceiros comerciais. Quanto maior a resistência multilateral P_i , menor é o custo bilateral t_{ij} e maiores são as exportações da região i para região j . Os autores assumiram que os custos de comércio t_{ij} eram simétricos e eram uma função da distância bilateral d_{ij} e da presença de fronteira b entre i e j : $t_{ij} = b_{ij} d_{ij}^\rho$.

A equação (2) tem sido amplamente utilizada nos modelos gravitacionais. No entanto, nas aplicações empíricas não é trivial lidar com os termos de resistência multilateral. Eles dependem simultaneamente dos custos de comércio e da própria resistência multilateral, causando uma dependência circular. Tendo em vista que esses termos não são observados, uma solução proposta foi estimá-los por meio da utilização de *dummies* para exportador e importador (Van Bergeijk e Brakman, 2010).

A equação (3) exemplifica o modelo usualmente empregado nas estimações:

$$\ln \frac{x_{ij}}{y_i y_j} = k + (1 - \sigma) \rho \ln d_{ij} + (1 - \sigma) b_{ij} - (1 - \sigma) F_i - (1 - \sigma) \ln F_j \quad (3)$$

em que k é a constante, d_{ij} , a distância bilateral, b_{ij} é uma variável *dummy* que capta o efeito fronteira, e as *dummies* F_i e F_j , as resistências multilaterais.

Outro desafio das aplicações empíricas é lidar com a ocorrência de comércio bilateral nulo entre os países da amostra (Van Bergeijk e Brakman, 2010). Isso pode decorrer de problemas de medida, informações faltantes ou mesmo da não ocorrência de comércio entre os países. Uma alternativa é retirar essas observações da amostra. No entanto, caso essas observações não sejam aleatórias, como costuma ser o caso na maioria das aplicações, esse procedimento introduz viés de seleção. A solução, então, é estimar a equação do modelo gravitacional em sua forma multiplicativa em lugar da forma log-linear. Nesse caso, utiliza-se o estimador PPML (Yotov *et al.*, 2016).

Adicionalmente, a mensuração dos custos de comércio bilateral é complexa. Eles são usualmente atribuídos a condicionantes naturais, associados à distância entre as regiões e aos custos de transporte, e à política de comércio externo/interno, referente a proteções tarifárias e não tarifárias, captada pelo efeito fronteira. No entanto, poucos estudos utilizam informações do

efetivo custo de envio das mercadorias devido à indisponibilidade de dados. Além das distâncias entre as regiões e *dummies* para a presença de fronteira, os custos de comércio são também tradicionalmente captados por meio de *dummies* para a similaridade do idioma falado, relações históricas de colonização, existência de acordos comerciais, diferença culturais, etc. (Van Bergeijk e Brakman, 2010). Em razão da dificuldade de se mensurar e discriminar esses custos (os decorrentes de condicionantes naturais daqueles de políticas comerciais), a mensuração do efeito fronteira pode ser prejudicada e seu tamanho sobrestimado (Gunessee e Zhang, 2021).

Dessa forma, embora os estudos indiquem a importância do efeito fronteira, muitas vezes eles divergem em relação a sua magnitude. Por exemplo, Martínez-Román, Mateo-Mantecón e Sainz-González (2017) reestimaram o modelo gravitacional de Woolf (2000) para avaliar efeito da fronteira interna nas transações comerciais dos estados americanos. Os autores utilizaram a efetiva distância dos fluxos de comércio, em vez da distância entre as capitais do estado, e estimaram o modelo pelo método PPML. Os resultados sugeriram que o efeito fronteira é bastante inferior aos resultados dos estudos de Woolf (2000). Neste estudo, as estimativas para o ano de 1993 indicaram que o comércio intra-estados era cerca de cinco vezes superior ao comércio interestados; no estudo de Román, Mateo-Mantecón e Sainz-González (2017), os resultados apontaram para uma relação mais próxima a dois.

Baldwin e Taglioni (2006), por sua vez, elencaram os principais erros de estimação dos modelos gravitacionais. O mais importante deles é a não inclusão de variáveis para captar a resistência multilateral. A omissão dessa variável, que é correlacionada com os custos de transportes, enviesas as estimativas do próprio custo de transporte e de todas as demais variáveis. Um segundo erro comum é utilizar variável de fluxo comercial bidirecional, considerando a média das exportações/importações de i para j . Do ponto de vista teórico, a equação gravitacional explica apenas o comércio unidirecional, ou seja, as exportações de i para j . Um terceiro erro é deflacionar os dados pelo índice de preços dos Estados Unidos. Tendo em vista que há tendências globais na inflação, a inclusão dessa variável gera viés de correlação espúria.

Já Baldwin e Taglioni (2011) sugerem que utilizar o PIB para controlar o comércio pelo tamanho das economias é inadequado, pois não capta a demanda por bens intermediários usado nas exportações. A internacionalização das cadeias de valor implicou o crescimento expressivo do comércio de bens intermediários. No entanto, o PIB é uma medida de valor adicionado e, assim, não seria uma *proxy* adequada para os fluxos brutos de comércio. Além disso, as *dummies* referentes à resistência multilateral já controlam pelo tamanho das economias (Larch e Yotov, 2024).

Yotov *et al.* (2016) recomendam os seguintes passos para a estimação de modelos gravitacionais: (i) usar dados em painel sempre que possível, pois eles aumentam a eficiência da estimativa e permitem a utilização de efeitos fixos por pares de países a fim de controlar pela endogeneidade das variáveis de política comercial (as políticas comerciais podem apresentar causalidade reversa, pois é mais provável que um país liberalize seu comércio com outro país que já é um importante parceiro econômico); (ii) os dados em painel preferencialmente devem ser intervalados (anos não consecutivos), de modo a permitir o ajuste dos fluxos em reação a mudanças de políticas tarifárias ou alterações de custos; (iii) usar dados de comércio internacional e intranacional, a fim de assegurar a consistência teórica, permitir a identificação consistente dos efeitos de políticas comerciais bilaterais e de efeitos de políticas comerciais não discriminatórias e captar o efeito da globalização sobre o comércio (Felbermayr, 2024; Díaz-Mora, Esteve-Pérez e Gil-Pareja, 2023;

Yotov, 2022;); (iv) incluir *dummies* de efeitos fixos variantes no tempo para controlar para a resistência multilateral não observada que pode se alterar ao longo dos anos; (v) incluir efeitos fixos por pares de países; (vi) utilizar o estimador PPML.

De acordo com as recomendações de Yotov *et al.* (2016), a equação gravitacional a ser estimada deveria ser:

$$x_{ij,t} = \exp[P_{i,t} + P_{j,t} + \mu_{ij} + \sum_{k=1}^n \eta_k Z_{ij,t}] \times e_{ij,t} \quad (4)$$

em que $x_{ij,t}$ representa o fluxo nominal de transações, incluindo o comércio internacional e o intranacional em anos não consecutivos de t ; o termo $P_{i,t}$, a resistência multilateral externa de i ; o termo $P_{j,t}$, a resistência multilateral interna de j ; o termo μ_{ij} , as *dummies* de efeito fixos para os pares de regiões; e o termo Z_{ij} , as covariadas de interesse.

2.1 Efeito fronteira para o Brasil e regiões

Para melhor compreender a relação entre crescimento econômico regional e fluxos de comércio no Brasil, diversos trabalhos empíricos contribuíram para o debate utilizando o referencial do efeito fronteira. Os principais estudos sobre efeito fronteira no Brasil são os de Hidalgo e Vergolino (1998), Silva *et al.* (2007), Leusin Jr. e Azevedo (2009), Silvio e Almeida (2009), Daumal e Zignago (2010), Figueiredo *et al.* (2014) e Lucena, Silva e Vieira (2020). O Quadro 1 sumariza os principais trabalhos empíricos para o Brasil⁷ e seus resultados.

O trabalho de Hidalgo e Vergolino (1998) estimou um modelo gravitacional para o fluxo de comércio dos estados do Nordeste, considerando tanto o fluxo entre os estados quanto o fluxo de comércio internacional. A distância regional foi calculada a partir da distância rodoviária entre as capitais, e a distância internacional foi aproximada pela distância da rota marítima. O ano de referência do estudo foi 1991 e os modelos foram estimados por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Os resultados apontaram que o comércio interestadual é cerca de 11,5 vezes maior do que o comércio internacional, e os fluxos comerciais entre os próprios estados do Nordeste é cerca de 1,7 vezes maior do que com os estados de outras regiões. Observa-se que nesse modelo não foi incluído o termo de resistência multilateral, apresentado posteriormente por Anderson e van Wincoop (2003).

Silva *et al.* (2007) também estimaram um modelo gravitacional, porém para todos os estados brasileiros, utilizando dados de comércio interestadual e internacional. A distância entre os estados foi calculada a partir da distância física entre eles, e a distância internacional foi calculada com base na distância entre as capitais dos países. O ano de referência do estudo foi 1999 e os modelos foram estimados majoritariamente por MQO. Os resultados sugeriram que o comércio interestadual é aproximadamente 33 vezes superior ao comércio internacional.

⁷ O trabalho de Mendes, Hidalgo e Luchine (2020) aplica o modelo gravitacional para as exportações municipais, sem captar o efeito fronteira.

Quadro 1: Principais trabalhos empíricos para o Brasil, as unidades de análise e período utilizados e seus resultados

| Referências | Unidade de análise | Período | Efeito Fronteira Internacional* | Efeito Fronteira Interestadual** |
|---------------------------------|------------------------------|---------|---------------------------------|----------------------------------|
| Hidalgo e Vergolino (1998) | Estados nordestinos | 1991 | 11,5 | n/a |
| Silva <i>et al.</i> (2007) | Brasil | 1999 | 33 | n/a |
| Silvio e Almeida (2009) | Brasil | 1999 | 26 | n/a |
| Leusin Jr. e Azevedo (2009) | Brasil e suas regiões | 1999 | 33 | n/a |
| Daumal e Zignago (2010) | Brasil e estados brasileiros | 1991 | 23,8 42 | 37,7 12,6 |
| | | 1999 | 188,7 165,7 | 6,3 1,8 |
| | Minas Gerais | | | |
| Figueiredo <i>et al.</i> (2014) | Brasil | 1998 | 24 e 84 | n/a |
| | | 1999 | | |
| Lucena, Silva e Vieira (2020) | Goiás | 2009 | 35 e 66 | n/a |
| Santos e Lourenço (2020) | Brasil e suas regiões | 1999 | 36,5 | n/a |
| | | 2008 | 79,9 | |

Nota: * Efeito fronteira sobre o comércio internacional em relação ao interestadual; ** Efeito fronteira sobre o comércio interestadual em relação ao comércio intra-estadual; n/a – não aplicado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Silvio e Almeida (2009) estimaram um modelo similar ao de Silva *et al.* (2007), incluindo uma variável para captar o efeito da tarifa sobre o comércio bilateral e outra para captar o efeito de barreiras não-tarifárias. Os resultados apontaram que o efeito fronteira seria próximo a 26 vezes. Destaca-se, novamente, que em ambos os estudos não foram utilizadas variáveis *dummies* para captar a resistência multilateral, o que possivelmente contribuiu para sobre-estimar o efeito fronteira.

Leusin Jr. e Azevedo (2009), a partir da mesma metodologia e base de dados de Silva *et al.* (2007), estimaram um modelo cuja inovação foi quantificar o efeito fronteira para as regiões

brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul). O resultado para o efeito fronteira internacional foi bastante próximo (33 vezes). Para as regiões, foi identificada grande heterogeneidade, sendo que no caso do Sudeste esse efeito foi igual a 14 vezes. Nesse trabalho também não foram incluídas variáveis *dummies* para captar a resistência multilateral.

Daumal e Zignago (2010), além de estimarem para todos os estados brasileiros o efeito fronteira através de um modelo gravitacional com dados de fluxo interestadual e internacional, também incluíram dados de fluxo intra-estadual (dentro do próprio estado). A distância entre os estados e entre os países foi calculada a partir da distância entre as principais cidades de cada ente e de seu parceiro comercial ponderada pelos pesos das populações das cidades no total do respectivo ente. Os dados foram estimados por MQO para os anos de 1991, 1997, 1998 e 1999. Os resultados sugeriram que o fluxo de comércio intra-estados era cerca de 37,7 vezes superior ao fluxo de comércio interestadual em 1991 e 12,6 vezes em 1999; enquanto o fluxo de comércio interestadual foi cerca de 42 vezes superior ao fluxo de comércio internacional em 1999.

O exercício específico para cada estado mostrou que o efeito fronteira interestadual de Minas Gerais para o ano de 1999 foi baixo, cerca de 1,8, isto é, o comércio intra-estado foi apenas 1,8 vezes superior ao comércio interestadual. No entanto, o efeito fronteira internacional foi bastante alto, superior a 150 vezes. Isso se deve ao fato de o resultado para o efeito da fronteira internacional em relação ao comércio intra-estadual ser similar ao do Brasil, ao passo que o resultado da fronteira interestadual em relação ao comércio intra-estadual ser bastante inferior. Dessa forma, tendo em vista que o efeito da fronteira internacional sobre o comércio interestadual depende da diferença entre esses dois resultados, quanto maior a diferença, maior o efeito.

A estratégia empírica de Figueiredo *et al.* (2014) foi a estimação do efeito fronteira sobre o comércio internacional brasileiro para os anos de 1998 e 1999. A distância foi calculada com base na menor distância entre dois pontos, utilizando-se as coordenadas geográficas. A estratégia empírica dos autores teve como objetivo superar as potenciais deficiências de trabalhos anteriores, quais sejam: a não inclusão de *dummies* de resistência multilateral, a utilização do PIB entre as variáveis explicativas e a não aplicação de um modelo econométrico capaz de lidar com a presença de fluxos comerciais iguais a zero e com a heteroscedasticidade do termo de erro aleatório. Foi estimada uma equação quantílica censurada e os resultados sugeriram que o efeito fronteira internacional se situa entre 24, no terceiro quantil, e 84, no primeiro quantil.

Lucena, Silva e Vieira (2020), também empregando um modelo gravitacional, estimaram o efeito fronteira para o estado de Goiás, tendo como referência o ano de 2009. A equação foi estimada pelo método PPML, que contorna os problemas de heteroscedasticidade do termo de erro e da presença de fluxos comerciais iguais a zero. A distância foi mensurada a partir da distância entre a capital do estado e a capital do parceiro comercial. Os autores utilizaram o PIB do país de destino para controlar pelo tamanho da economia do parceiro comercial. A resistência multilateral foi captada por uma variável *proxy* que relaciona a distância e os tamanhos das economias, mas idealmente ela deveria ser mensurada por *dummies* de efeitos fixos. Os resultados sugeriram que o efeito fronteira internacional seria próximo a 35, podendo chegar a mais de 55.

Santos e Lourenço (2020), observando o efeito fronteira para todos os estados brasileiros, estimaram um modelo gravitacional com dados dos anos de 1999 e de 2008. Para este último ano, os autores utilizaram dados da matriz insumo-produto estimada para os estados brasileiros por

Guilhoto *et al.* (2010). A distância foi representada pela distância rodoviária entre as capitais dos estados. O método de estimação foi também o PPML. No entanto, no modelo não foram inseridas *dummies* para captar a resistência multilateral e observa-se que as bases de dados para cada um dos anos foram geradas a partir de metodologias diferentes. Os resultados indicaram que o comércio entre estados era cerca de 36,9 vezes superior ao comércio internacional, em 1999, e 79,9 vezes, em 2008. Além disso, esse efeito variou entre as regiões, sendo maior na região Norte e menor na região Sul.

3 Metodologia

A metodologia adotada neste estudo seguiu as recomendações de Yotov *et al.* (2016). No entanto, não foram incluídas *dummies* para cada par de região/país. Em vez disso, os custos bilaterais de comércio foram mensurados a partir da distância entre os entes, do efeito da fronteira internacional, do efeito da fronteira interestadual e do efeito da fronteira física (contiguidade). Dessa forma, torna-se mais fácil a comparação com outros estudos realizados para o Brasil.

Adicionalmente, a resistência multilateral foi mensurada a partir de *dummies* de efeitos fixos por ente exportador e importador. Porém, essas *dummies* são fixas no tempo, isto é, para cada exportador (importador) foi definida uma única *dummy* para distintos anos. Essa opção foi feita em razão da limitação de observações na amostra e pela relativa proximidade temporal dos dados (2016 e 2019). A equação estimada foi:

$$x_{ij,t} = \exp[\alpha + \beta \ln(\text{Dist}_{ij}) + \gamma d_{\text{contig}} + \delta d_{\text{internacional}} + \epsilon d_{\text{interestadual}} + \eta_i + \eta_j] + e_{ij,t} \quad (5)$$

em que x_{ij} representa as exportações nominais de i para j ou os fluxos intra-estaduais caso $i = j$; Dist_{ij} é a distância entre i e j ; d_{contig} é uma variável *dummy* que assume valor igual 1 quando a transação é realizada com entes que fazem fronteira com o estado e 0 caso contrário; $d_{\text{internacional}}$ é uma variável *dummy* que assume valor igual a 1 quando a transação é realizada com outros países e 0 caso contrário; $d_{\text{interestadual}}$ é uma variável *dummy* que assume valor igual a 1 se a transação é realizada com outros estados brasileiros e 0 nas transações dentro do próprio estado ($i = j$); η_i e η_j são as *dummies* que representam a resistência multilateral interna e externa para cada ente.

A estimação foi realizada a partir do estimador PPML. Na equação log-linear do modelo gravitacional, o valor médio do termo de erro pode depender de sua própria variância. Caso ele seja heteroscedástico (geralmente é o caso), seu valor esperado vai depender das variáveis explicativas, violando as premissas do modelo MQO. O modelo PPML é capaz de superar esse problema, provendo estimativas consistentes. Ele se assemelha a estimação de um MQO não linear. Adicionalmente, esse estimador é consistente na presença de efeitos fixos; é capaz de lidar com observações iguais a zero, quando não há fluxo comercial entre dois entes (nem todos os países/estados comercializam com todos os parceiros da amostra); e a interpretação dos coeficientes é direta, de modo que os coeficientes das variáveis expressas em logaritmo devem ser interpretados como elasticidades e o das variáveis em nível como semi-elasticidades (Shepherd, Doytchinova e Kravchenko, 2019).

Para fins de comparação, a equação (6) foi estimada a partir de modelos em painel com efeitos fixos. Os efeitos fixos para o ente exportador e importador representam a heterogeneidade não observada constante ao longo do tempo. Tanto no caso da equação (5) quanto da equação (6), foram realizadas estimativas sem as *dummies* representativas da resistência multilateral.

$$\ln x_{ij,t} = \alpha + \beta \ln(Dist_{ij}) + \gamma d_{contig} + \delta d_{internacional} + \epsilon d_{interestadual} + \eta_i + \eta_j + e_{ij,t} \quad (6)$$

3.1 Base de dados

Os dados de exportações e importações internacionais e interestaduais foram extraídos das TRU-MG para o ano de 2016 e 2019 disponibilizada pela FJP. Mais especificamente, foram utilizados os dados de exportação da tabela de usos e de importação da tabela de recursos. A utilização da mesma fonte de dados para as transações comerciais assegura a consistência metodológica dos dados. Observa-se que os dados de comércio usualmente abrangem apenas os bens transacionáveis. Optou-se, portanto, por utilizar os dados de comércio apenas do setor agropecuário, da indústria extrativa e da manufatura, excluindo-se os setores de utilidades públicas, construção e os serviços⁸.

Para identificar os parceiros comerciais estaduais e internacionais foram utilizadas as seguintes bases: base de comércio interestadual disponibilizada pela FJP e a base de comércio internacional disponibilizada pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Tendo como base a participação de cada parceiro comercial nessas bases de dados, considerando os setores envolvidos no estudo, foram calculados os valores transacionados com cada ente (país/estado) a partir da TRU.

Foram selecionados os dados de exportação e importação dos 48 principais destinos das exportações internacionais de Minas Gerais. Nas transações interestaduais, foram utilizados os dados de exportação e importação de todos os estados brasileiros mais o Distrito Federal (DF). Os dados de comércio intra-estadual também foram calculados com base nas TRU-MG. Tradicionalmente, utiliza-se o valor do consumo aparente, que corresponde a oferta total na economia menos as exportações internacionais e interestaduais (Yotov *et al*, 2016). Na prática, calculou-se a diferença entre a oferta total a preços básicos da tabela de recursos e a soma dos valores das exportações internacionais e interestaduais da tabela de usos. A tabela 1 sumariza as estatísticas descritivas das transações comerciais de Minas Gerais. Observa-se que há apenas uma observação para cada ano referente ao comércio intra-estadual.

As distâncias entre os entes foram calculadas a partir da seguinte fórmula:

$$d_{ij} = \sum_{k \in i} (pop_k / pop_i) \sum_{l \in j} (pop_l / pop_j) dist_{kl} \quad (7)$$

em que pop_k indica a população da cidade k que pertence ao ente, estado ou país i , e pop_l , a população da cidade l que pertence ao ente, estado ou país j .

⁸ Foram utilizados os dados dos grupos de produtos 01911 a 31802 da TRU-MG.

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos fluxos de comércio intra-estadual, interestadual e internacional – Minas Gerais – 2016 e 2019 – R\$ bilhões

| Estatísticas | 2016 | | | 2019 | | |
|--------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | Comércio intra-estadual | Comércio interestadual | Comércio Internacional | Comércio intra-estadual | Comércio interestadual | Comércio Internacional |
| Média | 311,752.1 | 7,418.7 | 973.8 | 428,390.5 | 9,249.8 | 1,365.1 |
| Mínimo | 311,752.1 | 5.6 | 0.5 | 428,390.5 | 3.0 | 0.8 |
| Máximo | 311,752.1 | 103,471.8 | 20,396.4 | 428,390.5 | 133,648.7 | 30,564.0 |
| Observações | 1 | 52 | 96 | 1 | 52 | 96 |

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados básicos: FJP e MDIC.

Foram utilizadas as 25 cidades mais populosas por estado/país (à exceção de alguns poucos estados/países menores). No caso da distância intra-estadual, observou-se a distância das 25 maiores cidades mineiras. As distâncias foram calculadas a partir da distância geodésica (menor distância entre dois pontos em um elipsóide) entre as coordenadas geográficas de cada localidade⁹. O cálculo da equação (7) corresponde à média da distância bilateral entre as cidades mais populosas do país/estado exportador e as cidades mais populosas do país/estado importador, ponderadas pelo peso da população das cidades no total de cada estado/país (Daumal e Zignago, 2010).

Para a resistência multilateral foram utilizadas variáveis *dummies* para exportador e importador. Foram 48 *dummies* para os países exportadores (importadores) mais 27 *dummies* para os estados exportadores (importadores). A *dummy* de importador para o ente MG foi excluída, a fim de evitar singularidade na estimativa. Logo, o total de variáveis *dummies* de importador e exportador foi igual a 149.

4 Resultados e discussões

Para melhor compreender a questão do efeito fronteira nos fluxos de comércio mineiros, inicia-se a análise identificando-se os principais parceiros comerciais e os principais produtos comercializados (Tabela 2).

No comércio internacional, a China foi o país que apresentou maior relação de comércio com o estado mineiro, sendo o principal destino e a principal origem das transações do estado. Dentro do país, o estado de São Paulo é o que mais transaciona com Minas Gerais. Considerando o tamanho das economias, esses parceiros se destacam em termos de PIB, sendo polos de atração para o comércio internacional e interestadual.

⁹ Os dados de latitude e longitude foram extraídos do site www.geonames.org.

Tabela 2: Principais parceiros comerciais internacionais e interestaduais e principais produtos exportados e importados – Minas Gerais – 2016 e 2019 – (%)

| Comércio Internacional | | | | Comércio Interestadual | | | |
|------------------------|------------------|---|------------------|------------------------|------------------|---|------------------|
| Principais parceiros | Participação (%) | Principais produtos | Participação (%) | Principais parceiros | Participação (%) | Principais produtos | Participação (%) |
| Exportações | | | | | | | |
| China | 30,5 | Minério de ferro | 31,8 | São Paulo | 38,1 | Semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço | 10,2 |
| Estados Unidos | 8,9 | Café em grão | 14,9 | Rio de Janeiro | 13,3 | Outros produtos do laticínio | 9,2 |
| Holanda | 5,1 | Ferro-gusa e ferroligas | 9,5 | Espírito Santo | 6,3 | Automóveis, camionetas e utilitários | 4,9 |
| Japão | 5,0 | Produtos da metalurgia de metais não ferrosos | 7,3 | Goiás | 6,1 | Outros produtos alimentares | 3,6 |
| Argentina | 4,7 | Semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço | 6,7 | Paraná | 5,4 | Produtos de metal, excl. máquinas e equipamentos | 3,6 |
| Importações | | | | | | | |
| China | 19,9 | Outras máquinas e equipamentos mecânicos | 11,1 | São Paulo | 52,4 | Automóveis, camionetas e utilitários | 6,2 |
| Estados Unidos | 15,7 | Produtos químicos inorgânicos | 8,2 | Rio de Janeiro | 7,9 | Produtos farmacêuticos | 4,7 |
| Argentina | 9,3 | Carvão mineral | 7,0 | Paraná | 6,7 | Petróleo, gás natural e serviços de apoio | 4,3 |
| Alemanha | 6,6 | Máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 5,3 | Goiás | 5,9 | Artigos do vestuário e acessórios | 4,2 |
| Itália | 6,5 | Produtos químicos orgânicos | 4,9 | Santa Catarina | 5,3 | Produtos do refino do petróleo | 3,9 |

Fonte: Elaborada pelos autores. Dados básicos: FJP e MDIC.

A pauta exportadora de Minas Gerais foi bastante concentrada, apenas os cinco principais produtos exportados ao exterior representaram 70,2% de todos os produtos exportados pelo estado. Por outro lado, as importações mineiras foram mais diversificadas. Os principais produtos importados pelo estado representaram 36,5% de toda a pauta de importação. Nas exportações internacionais, destacaram-se os produtos ligados à mineração e metalurgia e o café, enquanto nas importações estrangeiras, máquinas e equipamentos e produtos químicos foram a maioria nos produtos comprados.

Em relação ao comércio interestadual, entre os cinco principais estados para os quais Minas Gerais exporta, quatro fazem fronteira com o estado. Entre os cinco principais parceiros de

importação, três deles também fazem fronteira com Minas. Esses dados sugerem que a contiguidade pode ser uma variável relevante para explicar o padrão de comércio do estado.

A pauta de exportação do comércio interestadual foi mais diversificada e, nela, sobressaíram-se alguns produtos mais sofisticados do setor industrial (automóveis). Esses produtos são intensivos em tecnologia e o destaque deles no comércio interestadual revela a competitividade regional do estado em sua produção. Na pauta de importações interestaduais, além de produtos relacionados ao petróleo, há presença dos produtos do setor industrial, como veículos, máquinas e equipamentos, medicamentos e produtos têxteis.

Quanto ao valor total transacionado de acordo com a origem e destino das compras e vendas, observou-se que o comércio (importações e exportações) dentro de Minas Gerais se aproximou de 60% do total dos fluxos. Os fluxos interestaduais oscilaram em torno de 35% e os internacionais aproximaram de 12% nas exportações e de 5% nas importações.

Tabela 3: Participação no comércio por origem e destino – Minas Gerais – 2016 e 2019 - (%)

| Destino/Origem | Exportações | | Importações | |
|----------------|-------------|------|-------------|------|
| | 2016 | 2019 | 2016 | 2019 |
| MG | 54,4 | 57,2 | 58,8 | 59,5 |
| Outros estados | 33,1 | 30,1 | 37,1 | 35,5 |
| Outros países | 12,5 | 12,7 | 4,1 | 5 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Esses dados mostram que o comércio internacional tem menor participação nos fluxos comerciais, seguido do comércio interestadual. A tendência é que as barreiras ao comércio sejam maiores com outros países do que com outros estados, onde as instituições e a cultura se assemelham mais.

4.1 Resultados das estimações

A Tabela 4 dispõe os resultados para as equações (5) e (6) com e sem as *dummies* para exportador e importador que captam a resistência multilateral. Os resultados de referência são os da estimativa PPML com *dummies* para exportador/importador (4). No entanto, os demais resultados auxiliam na interpretação dos coeficientes.

O primeiro resultado a ser destacado é o efeito da distância sobre o comércio. Tanto no modelo MQO quando no PPML - modelos (1) e (3) -, quando não se inclui as variáveis de resistência multilateral, a distância tem efeito negativo sobre as transações comerciais. Nos modelos (2) e (4), a variável distância não é significativa.

No trabalho de Figueiredo *et al.* (2014), a inclusão da resistência multilateral nas estimativas MQO reduziram substancialmente a magnitude do coeficiente da distância. Nos modelos quantílicos censurado do referido estudo, apesar de significativo, o coeficiente da variável distância, próximo a -0,02, revelou que as exportações são inelásticas à distância. O resultado do

modelo (4) sugere que a distância não impactou significativamente as relações comerciais entre Minas Gerais e seus parceiros econômicos.

Tabela 4: Resultados das estimativas para o modelo gravitacional – MQO empilhado e PML

| Variável Dependente | MQO empilhado (1) | MQO empilhado com <i>dummies</i> exportador/importador (2) | PPML (3) | PPML com <i>dummies</i> exportador/importador (4) |
|---------------------|-------------------|--|----------|---|
| constante | 15.05*** | 12.51*** | 21.23*** | 12.06* |
| ln_dist | -0.41* | 0.06 | -4.97** | 0.45 |
| d_contig | 2.05*** | 4.35*** | 1.45*** | 4.36*** |
| d_internacional | -5.34*** | -8.71*** | -3.29*** | -8.74*** |
| d_interestadual | -4.91*** | -7.54*** | -3.26*** | -7.58*** |
| Amostra | 298 | 298 | 298 | 298 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Notas: (*), (**), (***), (◊) denotam, respectivamente, significância a 0.1%, a 1%, a 5% e a 10%. Nos modelos com *dummies* exportador/importador, houve singularidade em cinco *dummies* do modelo e os respectivos coeficientes não foram estimados.

Em contrapartida, os coeficientes das variáveis *dummies* aumentaram significativamente com a inclusão da resistência multilateral, incluindo a *dummy* que capta o efeito da fronteira internacional, que se aproximou de -8.7 nos modelos (2) e (4)¹⁰. Esse valor está acima do valor encontrado por Daumal e Zignago (2010), -6.29, referente ao ano de 1999 e tendo o Brasil como unidade de análise. No exercício de Daumal e Zignago (2010) para Minas Gerais o valor encontrado foi -5.71. No presente trabalho, assim como de Daumal e Zignago (2010), as variáveis de efeito fronteira tem como referência o comércio intra-estado.

Em outros trabalhos, a variável *dummy* do efeito fronteira tem como referência o comércio interestadual, pois nos modelos não foram incluídos dados de comércio intra-estadual. Para comparar os resultados com esses trabalhos, é necessário encontrar a diferença entre efeito da fronteira internacional e o efeito da fronteira interestadual. Com base nos resultados do modelo (4), o efeito foi igual a -1.16 (8.74-7.58). Isso significa que o estado de Minas Gerais transaciona 3.2 vezes ($\exp(1.16)$) mais com os demais estados brasileiros do que com outros países. Esse resultado é bastante inferior ao encontrado nos demais estudos para o Brasil. O resultado de Daumal e Zignago (2010) para Minas Gerais indicou que Minas Gerais transacionou 165.7 vezes mais com outros estados. Nos demais estudos para o Brasil e estados brasileiros (Quadro 1), o resultado se aproximou de 30 vezes.

¹⁰ Foram realizados dois testes de robustez dos resultados. No primeiro, a variável distância foi mensurada a partir das distâncias entre a capital de Minas Gerais e as capitais dos demais países e estados. No segundo, foram utilizados apenas os dados de exportações de Minas Gerais, excluindo-se as importações. As exportações são mensuradas a preços *Free On Board* (FOB), ao passo que as importações são mensuradas a preços *Cost, Insurance And Freight* (CIF). Nesse caso, foram utilizadas apenas *dummies* de efeito fixo para estados e países importadores, já que em todos os casos o estado de Minas Gerais figurou como exportador. Os resultados desses dois modelos foram bastante similares ao resultado da Tabela 4, observando-se que no primeiro caso as variáveis de efeito fronteira internacional e interestadual foram significantes a 10%. Os resultados podem ser requisitados aos autores.

No entanto, em todos os casos, a direção do efeito fronteira internacional é a mesma. Ou seja, ele tem impacto negativo nas transações comerciais. No entanto, a magnitude do impacto encontrado indica que o comércio intra-estado é perto de 6,000 vezes ($\exp(8.7)$) maior do que o comércio internacional. Esse valor é excessivo e está conectado ao efeito fronteira interestadual. Observa-se que nos modelos sem as *dummies* (1) e (3), os valores encontrados se aproximaram dos resultados da literatura.

O coeficiente da *dummy* para transações com os demais estados no modelo (4) foi igual a -7.58. Logo, o efeito fronteira interestadual foi também muito elevado, isto é, as transacionais intra-estaduais são 1,958 vezes ($\exp(7.58)$) maiores do que as interestaduais. Esse valor está bastante acima ao encontrado por Daumal e Zignago (2010) para o Brasil e Minas Gerais, 12.6 e 0.8 vezes, respectivamente. Destaca-se, mais uma vez, que os resultados para os modelos (1) e (3) foram de menor magnitude.

O coeficiente da *dummy* para os estados contíguos, no modelo (4), foi igual 4.36. Logo, Minas Gerais comercializa 78,2 vezes mais com os estados fronteiriços do que com os demais estados e países. Esse resultado também foi superior ao encontrado por Figueiredo et al (2014) para o Brasil em 1999, mais próximo a 1. Observa-se que o estado de Minas Gerais não faz fronteira com outros países e o comércio interestadual é superior ao internacional.

Em geral, os resultados do presente estudo apontam que o efeito da fronteira internacional é próximo ao efeito da fronteira interestadual. Assim, embora em termos de magnitude de coeficiente o efeito da fronteira internacional seja elevado, as transações de Minas Gerais com outros países foram apenas cerca de 3 vezes menores do que com outros estados. Isso porque o efeito da fronteira interestadual foi muito alto.

4.2 Discussão dos resultados

Destacando que os resultados obtidos pelo presente estudo têm como referência dados do comércio de Minas Gerais dos anos de 2016 e de 2019, pode-se afirmar que o avanço da globalização produtiva, ao longo dos anos tende a reduzir o efeito fronteira internacional. Essa conclusão preliminar é alinhada ao resultado obtido para o Brasil Daumal e Zignago (2010), que sugere que ao longo do tempo o efeito da fronteira internacional no Brasil e em Minas Gerais se reduziu.

Para o recorte internacional, Franco-Bedoya e Frohm (2022) analisaram a evolução do efeito fronteira internacional para diversos países no período entre 1970 e 2009. Os resultados do estudo sugeriram a diminuição do efeito fronteira ao longo do tempo em razão da revolução da informação e comunicação e do desenvolvimento do transporte de cargas aéreo. Adicionalmente, essa queda foi mais expressiva para os bens finais, pois para os bens intermediários requer-se maior capacidade de coordenação do processo produtivo.

Entre os principais resultados que Daumal e Zignago (2010) encontraram para explicar os possíveis determinantes do efeito fronteira internacional e interestadual para o caso específico do Brasil, as autoras elencaram problemas relacionados às condições naturais, questões de infraestrutura e problemas associadas à descentralização. Os resultados apontaram que quanto mais distante o estado do centro econômico do país, a região Sudeste, menores são os fluxos comerciais interestaduais; e quanto mais distante o estado de um porto internacional, menores são os fluxos internacionais (problemas de condições naturais). Os custos logísticos de transporte

tiveram também efeito negativo (problemas de infraestrutura). Além disso, a descentralização fiscal, na medida em que delegou parte da responsabilidade dos investimentos em infraestrutura para os estados, contribuiu negativamente para os fluxos comerciais. Isto é, estados mais frágeis financeiramente possivelmente deixaram de investir em infraestrutura, priorizando políticas sociais (problemas da descentralização).

Adicionalmente, as autoras testaram se a composição da estrutura econômica dos estados tem relação com o tamanho do efeito fronteira. Os resultados mostraram que estados com maior peso do setor industrial, tem menor efeito fronteira (internacional e interestadual). Supõe-se que quanto maior a variedade de produtos produzidos pelo estado e não produzidos pelos demais, maior as relações comerciais. Por outro lado, estados com maior peso do setor de serviços apresentaram maiores efeitos fronteira. Os serviços são em grande parte não transacionáveis.

No caso de Minas Gerais, esses fatores deveriam, em parte, atenuar o efeito fronteira internacional e interestadual. O estado tem um setor industrial mais relevante do que a média dos demais. Adicionalmente, a infraestrutura logística do estado, embora seja ruim, é superior à de estados mais afastados do centro econômico do país; e, embora o estado não tenha saída para o mar, ele está próximo a grandes portos internacionais (por exemplo, o Porto de Santos, em São Paulo).

Além disso, os resultados deste estudo sugerem que o efeito da fronteira internacional é baixo, mas o efeito interestadual é alto. Para explicar essa discrepância, elenca-se pelo menos duas possibilidades: a composição das exportações do estado e o acirramento da guerra fiscal.

Minas Gerais exporta basicamente commodities agrícolas e minerais (café, minério de ferro e soja), sobre as quais não incidem o principal imposto estadual, qual seja o Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal (ICMS). Essa isenção passou a valer a partir da Lei Kandir, instituída em 1996, que contemplou a isenção de ICMS para a exportação de produtos primário e semielaborados. Nesse sentido, as barreiras tarifárias para a comercialização interna desses bens são maiores do que para as transações internacionais. Não obstante, observa-se que os estudos de Bobato, Feistel e Azevedo (2020) e Silva e Moreira (2019) sugerem que os custos tarifários têm menor impacto sobre o comércio internacional do que os custos não tarifários.

Adicionalmente, a composição das exportações/importações por si só pode impactar no efeito fronteira. Como argumentam Revena e Llano (2010), existem fatores endógenos que afetam o volume transacionado. Produtos com maior diferenciação seriam menos afetados pelo efeito substituição e, conseqüentemente, tenderiam a ser mais transacionados. Igualmente, a estratégia locacional de uma indústria, quer seja se localizar próxima ao mercado consumidor ou próxima a outras indústrias produtoras de seus insumos, também afetaria os volumes comercializados intra-estado, interestados ou entre países.

O estudo destes autores para as regiões da Espanha indicou que produtos com maiores níveis de diferenciação foram menos afetados negativamente pelo efeito fronteira internacional e interestadual. Produtos como os minerais não metálicos, por exemplo, tiveram valores altos para o efeito fronteira em razão de sua alta elasticidade de substituição e o valor elevado requerido para seu transporte. Ademais, o efeito fronteira interestadual foi mais elevado para bens intermediários do que para bens finais. Esse resultado seria um indicativo de que as indústrias

tendem a se localizar mais próxima do local onde os insumos são produzidos, reduzindo o volume transacionado de bens intermediários com outros estados.

No caso de Minas Gerais, o estado é bastante competitivo na produção de commodities agrícolas e minerais, o que explica, em parte, os elevados volumes transacionados com outros países. Embora esses produtos sejam pouco diferenciados, a dotação de fatores privilegiados do estado (presença de muitas minas e terras cultiváveis) favorecem a exportação desses produtos. Nas importações, o estado é bastante dependente de produtos mais diferenciados, com destaque para as máquinas e equipamentos. Essa combinação de fatores pode contribuir para o baixo efeito fronteira internacional encontrado.

No comércio interestadual, o perfil de transações é bastante diferente, com a presença majoritária de produtos manufaturados. Esses produtos seriam relativamente mais diferenciados do que as commodities. No entanto, o efeito fronteira interestadual foi bastante elevado. Em parte, a explicação desse resultado poder ser a complexidade tributária atribuída ao ICMS e a guerra fiscal entre os estados.

No Brasil, o principal imposto estadual é o ICMS, cuja cobrança é realizada na origem e os estados podem definir suas alíquotas internas. A alíquota entre estados é definida pelo governo federal (entre 7% e 12%, dependendo do estado), geralmente inferior às alíquotas internas (em torno de 18%). No entanto, os estados podem buscar promover o comércio interno, a fim de maximizar suas receitas. Igualmente, a complexidade do sistema tributário brasileiro, em certa medida reflexo da autonomia dos estados sobre a legislação do ICMS, tende a inibir o comércio interestadual.

A guerra fiscal se traduz na utilização de instrumentos financeiros e orçamentários pelos estados brasileiros com o objetivo de atrair investimentos produtivos. A partir da década de 1990, na esteira da crise financeira e fiscal brasileira e da adoção de um novo padrão de desenvolvimento alicerçado nas forças de mercado, a guerra fiscal entre os estados brasileiros se intensificou. No entanto, a capacidade de atrair empresas é limitada e com baixa capacidade de provocar mudanças significativas na estrutura produtiva (Cardozo, 2010).

Portanto, de modo geral, a explicação para o elevado efeito da fronteira interestadual ainda requer mais investigação. A guerra fiscal, aliada à complexidade tributária e a infraestrutura logística, contribui negativamente para o comércio interestadual. Não obstante, esses efeitos deveriam ser menos pronunciados.

5 Considerações Finais

O efeito fronteira internacional e interestadual tem sido objeto de estudo ao longo das últimas décadas. No entanto, em razão da ausência de dados de transações comerciais para as unidades federativas brasileiras, os estudos que investigaram essa questão usualmente se valeram de dados da década de 1990. Este trabalho estimou o efeito fronteira internacional e interestadual para o estado de Minas Gerais, utilizando dados de 2016 e 2019. A nova base de dados divulgada pela FJP possibilitou realizar estimativas para o período mais recente.

Ao longo do tempo, as técnicas para estimação do efeito fronteira foram sendo aperfeiçoadas. Ao incluir *dummies* para captar a resistência multilateral e estimar o modelo PPML, este trabalho

utilizou as principais recomendações metodológicas para analisar e mensurar o efeito fronteira. Pesquisas futuras podem ainda incluir *dummies* para cada par de região envolvida na transação comercial, a fim de controlar para a endogeneidade de políticas comerciais; e utilizar *dummies* de resistência multilateral específicas para cada ano, de modo a controlar para possíveis mudanças de política comercial ao longo do tempo. O principal desafio é ampliar a base temporal do painel, assegurando a consistência metodológicas dos dados de exportações internacionais e interestaduais.

Os resultados aqui encontrados indicaram que o efeito da fronteira internacional exerce apenas um reduzido impacto negativo sobre o comércio de Minas Gerais. Possivelmente, o avanço da globalização produtiva contribuiu para esse resultado. Por outro lado, o efeito da fronteira interestadual teve um elevado impacto negativo sobre as transações com os demais estados. Isso indica que o comércio interestadual e a consequente integração produtiva entre Minas Gerais e as demais regiões do Brasil têm sido prejudicadas por barreiras tarifárias ou não tarifárias. A complexa legislação tributária, a guerra fiscal e a precariedade da infraestrutura logística contribuem nessa direção. Estudos futuros devem investigar mais detalhadamente esse efeito. Adicionalmente, seria interessante também expandir a pesquisa para explorar outras questões relacionadas, por exemplo, a relação entre efeito fronteira, crescimento econômico e desigualdade.

Referências bibliográficas

ANDERSON, J. E.; VAN WINCOOP, E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. **The American Economic Review**, v. 93, n. 1, p. 170–192, 2003.

BALDWIN, R. E.; TAGLIONI, D. Gravity Chains: Estimating bilateral trade flows when parts and components trade is important. **Journal of Banking and Financial Economics**, v. 2, n. 2, p. 61–82, 2014.

BALDWIN, R.; TAGLIONI, D. **Gravity for Dummies and Dummies for Gravity Equations**: NBER. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, set. 2006. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w12516.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2024.

BOBATO, A. M.; FEISTEL, P. R.; AZEVEDO, A. F. Z. DE. Os Custos de Comércio sobre as Exportações das Regiões do Brasil: Análise através de Painel Gravitacional no Período de 2006 a 2015. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 14, n. 2, p. 236–271, 21 out. 2020.

CAPELLO, R.; CARAGLIU, A.; FRATESI, U. Measuring border effects in European cross-border regions. **Regional Studies**, v. 52, n. 7, p. 986–996, 2018.

CARDOZO, S. A. Guerra fiscal no Paraná. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 6, n. 4, 31 dez. 2010.

CARTER, D. B.; POAST, P. Barriers to Trade: How Border Walls Affect Trade Relations. **International Organization**, v. 74, n. 1, p. 165–185, jan. 2020.

COUGHLIN, C. C.; NOVY, D. Estimating Border Effects: The Impact of Spatial Aggregation. **International Economic Review**, v. 62, n. 4, p. 1453–1487, 2021.

DAUMAL, M.; ZIGNAGO, S. Measure and determinants of border effects of Brazilian states. **Papers in Regional Science**, v. 89, n. 4, p. 735–759, 1 nov. 2010.

DÍAZ-MORA, C.; ESTEVE-PÉREZ, S.; GIL-PAREJA, S. A re-assessment of the heterogeneous effect of trade agreements using intra-national trade flows. **Economic Analysis and Policy**, v. 77, p. 940–951, 1 mar. 2023.

FELBERMAYR, G. et al. On the heterogeneous trade and welfare effects of GATT/WTO membership. **Review of World Economics**, 28 jan. 2024.

FIGUEIREDO, E. et al. Uma Análise para o Efeito-Fronteira no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 68, n. 4, p. 481–496, dez. 2014.

FRANCO-BEDOYA, S.; FROHM, E. Reduced ‘Border effects’, Free Trade Agreements and international trade. **The World Economy**, v. 45, n. 4, p. 1112–1139, 2022.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP_a). **Anexo Estatístico PIB MG Anual 2010-2021**. FJP <https://fjp.mg.gov.br/produto-interno-bruto-pib-de-minas-gerais/>, 2024a.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP_b). **Comércio Interestadual de Minas Gerais - 2023**: Informativo. Minas Gerais: FJP, 2024. Disponível em: <<https://fjp.mg.gov.br/comercio-interestadual-e-internacional/>>.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP_c). **Tabela de Recursos e Usos**. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/tabela-de-recursos-e-usos-tru-mg-e-matriz-insumo-produto-mip/>, 2024c.

GUNESSEE, S.; ZHANG, C. The economics of domestic market integration. **Journal of Economic Surveys**, v. 36, n. 4, p. 1069–1095, 3 ago. 2021.

HIDALGO, ÁLVARO BARRANTES; VERGOLINO, JOSÉ RAIMUNDO. O nordeste e o comércio inter-regional e internacional: um teste dos impactos por meio do modelo gravitacional | Economia Aplicada. **Economia Aplicada**, v. 2, n. 4, p. 707–725, 1998.

LARCH, M.; YOTOV, Y. V. Estimating the effects of trade agreements: Lessons from 60 years of methods and data. **The World Economy**, v. 47, n. 5, p. 1771–1799, 2024.

LEUSIN JR., S.; AZEVEDO, A. F. Z. DE. O efeito fronteira das regiões brasileiras: uma aplicação do modelo gravitacional. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 13, p. 229–258, ago. 2009.

LUCENA, A. F.; SILVA, F. T.; VIEIRA, E. R. Efeito-fronteira em Goiás: uma análise de seus impactos no comércio intranacional e internacional. **Redes**, v. 25, n. Edição especial 2, p. 2549–2567, 2020.

MAFINNI, D. N.; GONZÁLEZ, F. A. I. International Borders, Integration and Economic Development: Evidence from Argentina. jan. 2024.

MARTÍNEZ-SAN ROMÁN, V.; MATEO-MANTECÓN, I.; SAINZ-GONZÁLEZ, R. Intra-national home bias: New evidence from the United States commodity flow survey. **Economics Letters**, v. 151, p. 4–9, 1 fev. 2017.

MCCALLUM, J. National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. **The American Economic Review**, v. 85, n. 3, p. 615–623, 1995.

MENDES, K.; HIDALGO, Á. B.; LUCHINE, A. A. **O comércio internacional dos municípios brasileiros entre 2000 e 2010: uma aplicação do modelo gravitacional**. 48º Encontro Nacional de Economia - ANPEC. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC). **Dados Gerais**. <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>, 2024.

SANTOS, J. O.; LOURENÇO, A. L. C. DE. Comércio interestadual sob o prisma do modelo gravitacional: o efeito fronteira para o Brasil e suas regiões entre os anos de 1999 e 2008. **Revista Estudo & Debate**, v. 27, n. 3, 29 set. 2020.

SHEPHERD, B.; DOYTCHINOVA, H.; KRAVCHENKO, A. **The gravity model of international trade : a user guide [R version]**. Bangkok: United Nation: ESCAP, 2019.

SILVA, O. M. DA; ALMEIDA, F. M. DE; OLIVEIRA, B. M. DE. Comércio internacional “x” intranacional no Brasil: medindo o efeito-fronteira. **Nova Economia**, v. 17, p. 427–439, dez. 2007.

SILVA, O. M. DA; MOREIRA, F. D. G. A Queda da Importância das Tarifas Aduaneiras como Restrição ao Comércio do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, p. 81–92, 6 maio 2019.

SILVA, ORLANDO MONTEIRO; ALMEIDA, FERNANDA MARIA. Uma estimativa da contribuição tarifária para o efeito-fronteira no Brasil | Economia Aplicada. **Economia Aplicada**, v. 13, n. 3, p. 463+474, 2009.

VAN BERGEIJK, P. A. G.; BRAKMAN, S. **The Gravity Model in International Trade**. United States: Cambridge University Press, 2010.

WOLF, H. C. Intranational home bias in trade. **The Review of Economics and Statistics**, v. 82, n. 4, p. 555–563, 1 nov. 2000.

YOTOV, Y. V. et al. **An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model**. [s.l.] World Trade Organization, 2016.

YOTOV, Y. V. On the role of domestic trade flows for estimating the gravity model of trade. **Contemporary Economic Policy**, v. 40, n. 3, p. 526–540, 2022.