

**Área: Métodos Quantitativos**

**UMA SOLUÇÃO PARA O PARADOXO DO EFEITO-FRONTEIRA NO BRASIL**

**Alexandre Rodrigues Loures**

Doutorando em Economia pelo PPGE-UFPB

Telefone: (83) 9804-1000

alexandre.loures@ymail.com

**Celina Santos de Oliveira**

Doutoranda em Economia pelo PPGE-UFPB

oli.celina@gmail.com

**Erik Figueiredo**

Doutor em Economia pelo PPGE-UFRGS

Professor do Programa de Pós-Graduação do PPGE/UFPB

Pesquisador CNPq

eafigueiredo@gmail.com

**Luiz Renato Lima**

Doutor em Economia pela Universidade de Illinois

Professor do Programa de Pós-Graduação do PPGE/UFPB

Pesquisador CNPq

llima@utk.edu

## UMA SOLUÇÃO PARA O PARADOXO DO EFEITO-FRONTEIRA NO BRASIL

### RESUMO

Este artigo analisa o efeito fronteira para o comércio internacional brasileiro. Considera-se a equação gravitacional estrutural de Anderson e van Wincoop (2003) e as recomendações Baldwin e Taglioni (2006, 2011). A estratégia econométrica é robusta frente ao grande número de relações comerciais iguais a zero e as possíveis formas funcionais desconhecidas e heterocedásticas do termo de erro aleatório. Os resultados sugerem que o efeito fronteira, largamente corroborado pela literatura nacional, é fruto da má especificação da equação gravitacional, em especial da não inclusão dos termos de resistência multilateral sugeridas por Anderson e van Wincoop (2003).

**Palavras-chave:** Comércio Internacional, Efeito-Fronteira, Modelo Gravitacional Estrutural.

### ABSTRACT

*This paper aims to investigate the border effect of Brazil. The structural gravity equation of Anderson and van Wincoop (2003) and Baldwin and Taglioni (2006, 2011) recommendations are considered. The econometric strategy solve the zero trade flows problem and its is robust to the heteroskedasticity. The results suggest that the border effect, largely corroborated by national literature, is a result of misspecification of the gravity equation, in particular the non-inclusion of multilateral resistance terms suggested by Anderson and van Wincoop (2003).*

**Keywords:** *International Trade, Border Effect, Structural Gravity Model.*

**JEL:** F10; F14; F15.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos vinte anos, as relações internacionais de comércio entre as nações atingiram níveis históricos nunca antes registrados. Para se ter uma ideia, a taxa das exportações mundiais de bens como uma proporção do PIB saltou de 15% para 26%, durante esse período; enquanto que a taxa de exportação de serviços/PIB atingiu a marca de 33% (Irwin, 2011 e Baldwin, 2011). Autores como Subramanian e Kessler (2013) creem que a proliferação dos acordos multilaterais de comércio, aliada ao declínio dos custos de transporte e das comunicações,<sup>1</sup> serão decisivas para um crescimento ainda maior nas transações comerciais nos próximos anos. Em resumo, as fronteiras nacionais estão deixando de constituir um empecilho para o comércio global.

Na contramão dessas evidências, estudos ressaltam a importância e o peso do comércio intranacional em detrimento das relações internacionais. Esse fenômeno, conhecido como *paradoxo da fronteira*, captura o impacto das fronteiras estaduais sobre o comércio entre as regiões pertencentes a um mesmo país, em comparação as relações desses mesmos estados com o resto do mundo. O fato é que o *paradoxo da fronteira*, estabelecido em McCallum (1995), não resistiu por muito tempo. No início da década de 2000, Anderson e van Wincoop (2003) demonstraram que a evidência pró-comércio intranacional se sustentava na má especificação da equação gravitacional do comércio. Cientes disso, os autores propuseram uma especificação estrutural considerando um conjunto de variáveis latentes associadas aos custos comerciais bilaterais, denominadas de Termos de Resistência Multilateral do comércio (TRM). A inclusão das TRM tornou-se um procedimento padrão nas literaturas teórica e empírica relacionada aos fluxos comerciais, financeiros, bancários e de capital humano (Anderson, 2011).

Todavia, a literatura brasileira tem desconsiderado as recomendações de Anderson e van Wincoop (2003) e, por conseguinte, reproduzindo o *paradoxo da fronteira* de McCallum (1995). Artigos como os de Daumal e Zignago (2010), Silva, Almeida e Oliveira (2007), Leusin e Azevedo (2009) sugerem que o comércio intranacional é aproximadamente 30 vezes maior do que o comércio internacional. Já Farias e Hidalgo (2012), encontraram estimativas surpreendentemente elevadas significando, segundo eles, que o comércio entre os estados brasileiros e o Distrito Federal é 589,92 vezes maior do que com o exterior.

Este estudo questiona a validade dos resultados presentes na literatura brasileira progressiva, uma vez que eles cometem dois tipos de erros de especificação. O primeiro referente à identificação teórica da equação gravitacional, normalmente caracterizada pela: a) não inclusão dos termos de resistência multilateral; b) utilização de fluxos comerciais deflacionados e/ou médias ou soma de exportações e importações e; c) adoção dos PIBs dos exportadores e importadores como forma de mensurar a massa gravitacional. O segundo problema de identificação diz respeito aos modelos econométricos que costumam: i) não fornecer um tratamento adequado para as observações de fluxos de comércio iguais a zero e ii) adotar suposições paramétricas fortes no que se refere ao erro aleatório da equação gravitacional.

Diante disso, propõe-se a investigação do efeito do comércio intranacional brasileiro, adotando estratégias robustas para a identificação da equação gravitacional. Serão utilizados os valores do comércio internacional do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) para 51 parceiros comerciais internacionais, combinados aos dados comércio doméstico (intranacional), extraídos da matriz interestadual de Vasconcelos

---

<sup>1</sup> Yotov (2012) estima que os custos de transporte, representados pela distância entre os parceiros comerciais, cai mais do 50% entre 1965 e 2005; enquanto que os acordos bilaterais, como os *regional trade agreements* (RTAs), foram responsáveis por um acréscimo de cerca de 60% nas transações comerciais (Dutt, Mihov e Zandt, 2013 e Figueiredo, Lima e Schaur, 2014).

(2001a, 2001b). A equação gravitacional seguirá a estrutura desenvolvida por Anderson e van Wincoop (2003), e as recomendações contidas em Baldwin e Taglioni (2006, 2011). O modelo econométrico se baseará na estrutura quantílica censurada proposta por Figueiredo, Lima e Schaur (2014) e Figueiredo, Lima e Orefice (2014), em que, é possível a identificação do modelo log-linear mesmo diante de um grande número de fluxos comerciais iguais a zero, heterocedasticidade e erros padrões não gaussianos.

Os resultados sugerem que as estimativas para o comércio intranacional brasileiro, efeito fronteira, possuem um forte viés decorrente da má especificações teórica da equação gravitacional, isto é, devido a não inclusão dos termos de resistência multilateral (TRM). Quando controlados por esses fatores, o comércio internacional passa a apresentar uma maior significância em relação ao intranacional. Esse resultado é robusto ao longo dos quantis estimados.

O artigo está organizado como segue. A seção 2 apresenta o modelo gravitacional estrutural e os principais erros de especificação teórica presentes na literatura brasileira. Na seção 3 tem-se o modelo econométrico e uma síntese dos problemas de especificação empírica da literatura nacional. A seção 4 é destinada aos procedimentos empíricos como especificação da equação gravitacional, dados e resultados. A seção 5 conclui o estudo.

## 2. EQUACAO GRAVITACIONAL ESTRUTURAL

A primeira fundamentação econômica para o modelo gravitacional foi fornecida por Anderson (1979). Considerando uma função despesa com elasticidade de substituição constante (CES), ele definiu:

$$\frac{T_{ij}}{E_j} = \left( \frac{\theta_i p_i t_{ij}}{P_j} \right)^{1-\sigma} \quad (1)$$

em que  $T_{ij}$  é o fluxo de comércio entre os países (ou regiões)  $i$  e  $j$ ;  $E_j$  representa a despesa total do comércio em cada unidade  $j$ ;  $P_j$  é o índice de preço CES;  $\sigma$  é o parâmetro de elasticidade de substituição;  $\theta_i$  é um parâmetro que representa a variedade dos produtos exportados de  $i$ ;  $p_i$  é o preço de fabrica e  $t_{ij} > 1$  diz respeito aos custos comerciais do fluxo entre  $i$  e  $j$ .

O autor define o índice de preço CES por:

$$P_j = \left( \sum_i (\theta_i p_i t_{ij})^{1-\sigma} \right)^{1/1-\sigma} \quad (2)$$

O modelo (1)-(2) caracteriza-se por: i) o comportamento dos gastos em todas as localidades é determinado pelo mesmo conjunto de parâmetros e ii) as preferências são comuns ao longo dos países. Sob a hipótese do *market clearance*, ou que a renda de um país é igual a soma de seus volumes de comércio para cada parceiro  $j$ ,  $Y_i = \sum_j T_{ij}$  e multiplicando ambos os lados de (1) por  $E_j$ , chega-se a seguinte expressão:



$$\theta_i p_i^{1-\sigma} = \frac{Y_i}{\sum_j (t_{ij}/P_j)^{1-\sigma} E_j} \quad (3)$$

em que o denominador de (3) é definido como:  $\Pi_i^{1-\sigma} \equiv \sum_j (t_{ij}/P_j)^{1-\sigma} E_j$ .

Substituindo (1) em (2), chega-se as equações que representam o modelo gravitacional estrutural de comércio:

$$T_{ij} = \frac{E_j Y_i}{Y} \left( \frac{t_{ij}}{P_j \Pi_i} \right)^{1-\sigma}, \quad (4)$$

$$\Pi_i^{1-\sigma} = \sum_j \left( \frac{t_{ij}}{P_j} \right)^{1-\sigma} \frac{E_j}{Y}, \quad (5)$$

$$P_j^{1-\sigma} = \sum_i \left( \frac{t_{ij}}{\Pi_i} \right)^{1-\sigma} \frac{Y_i}{Y}. \quad (6)$$

A primeira parte da equação (4) representa o comércio bilateral sem fricção (custos), já a segunda parte de (4), indica o comércio sob a ocorrência de custos decrescentes – fixos e variáveis –, uma vez que adota-se a restrição empírica  $\sigma > 1$ . O sistema (4)-(6) é reconhecido como a equação gravitacional estrutural de Anderson e van Wincoop (2003). A principal inovação em relação ao modelo de Anderson (1979), é a inclusão dos termos de resistência multilateral (TRM):  $P_j$  e  $\Pi_i$ . Esses termos representam a incidência dos custos de comércio associados aos pares  $i$  e  $j$ .

O sistema de equações (4)-(6) pode ser solucionado para determinados valores de  $t_{ij}^{1-\sigma}$ ,  $E_j$  e  $Y_i$ . Diante disso, Anderson e van Wincoop (2003) consideram que os custos bilaterais são simétricos,  $t_{ij} = t_{ji}$ , e que vigora o equilíbrio comercial,  $E_j = Y_i, \forall j$ . Por fim, propõe-se a normalização  $P_j = \Pi_i$ .

Alternativamente, pode-se considerar a estimação de (4), incluindo efeitos fixos para controlar por  $E_j/P_j^{1-\sigma}$  e  $Y_i/\Pi_i^{1-\sigma}$ . A inclusão de efeitos fixos tem-se constituído no procedimento empírico mais comum. No caso de uma estrutura *cross-section*, consideram-se variáveis *dummy* para importadores e exportadores (efeito fixo bilateral). Em uma estrutura de dados em painel, adotam-se os efeitos fixos em três direções (origem, destino e tempo): importadores por ano e exportadores por ano (para detalhes, ver Baltagi, Egger e Pfaffermayr, 2014).

## 2.1 Equação Gravitacional: Erros de Identificação Teórica

A aplicação do modelo gravitacional de Anderson e van Wincoop (2003) está sujeita a uma série de *equivocos* empíricos. Baldwin e Taglioni (2006), classificam os principais erros de especificação presentes na literatura como: erros medalhas de ouro, prata e bronze.

O erro medalha de ouro está relacionado ao viés de variável omitida. A omissão de variáveis gera uma correlação do erro com os regressores, o que leva a um problema de

endogeneidade. No caso da equação gravitacional, a presença de endogeneidade superestimaria os coeficientes associados as variáveis de custo.

O erro medalha de prata está associado a escolha da variável dependente. Em grande parte dos trabalhos empíricos, o fluxo comercial é representado pela soma ou uma média das exportações do país de origem  $i$  para o país de destino  $j$  com as importações do país de destino  $j$  providas do país de origem  $i$ . Para Baldwin e Taglioni (2006), esse procedimento não possui conexão com a teoria. Isto porque, por trás da equação gravitacional há uma função de despesa que reflete o valor dos gastos de uma única nação  $j$  sobre os bens produzidos por outra nação  $i$ , isto é, a equação gravitacional explica o comércio bilateral unidirecional, logo, deve-se considerar como fluxo de comércio o volume de exportações ou de importações. Em resumo, o erro medalha de prata torna impossível saber qual nação é origem e qual é destino de modo que não é possível estimar separadamente os coeficientes para a origem e destino.

Já o erro medalha de bronze está associado a correção dos valores nominais de comércio por um determinado índice de preço. Baldwin e Taglioni (2006) argumentam que a inclusão de deflatores iria gerar viés de correlação espúria devido à existência de tendências globais das taxas de inflação.

Recentemente, Baldwin e Taglioni (2011) identificaram um novo erro associado a utilização do PIB como uma variável *proxy* para a variável de massa do modelo gravitacional. Essa escolha seria inapropriada, uma vez que, ao contrário do PIB, massa gravitacional do modelo newtoniano é constante ao longo do tempo. Além disso, o PIB é medido em uma base líquida de vendas (valor agregado) em quanto que o fluxo de comércio é medido em uma base bruta de vendas, isso tem implicações importantes para a estimação da equação de comércio.

Todos os erros de identificação apontados por Baldwin e Taglioni (2006, 2011), estão sintetizados no Quadro 1. As colunas 1 e 2 apresentam o tipo de erro. A coluna 3 cita quais trabalhos nacionais incorreram nesses erros e, a coluna 4 apresenta uma síntese das soluções recomendadas.

MEDALHA	ERROS	LITERATURA BRASILEIRA	CORREÇÃO
Ouro	Viés de variável omitida e Endogeneidade do Modelo	Piani e Kume (2000) Daumal e Zignago (2010) Silva, Almeida e Oliveira (2007) Leusin e Azevedo (2009) Farias e Hidalgo (2012)	Incluir <i>dummies</i> temporais e geográficas que representem as resistências multilaterais
Prata	Fluxo comercial como soma ou média das exportações de $i$ para $j$ com as importações de $j$ para $i$	Piani e Kume (2000) Farias e Hidalgo (2012)	Fluxo de comércio unidirecional, considerar o volume de exportações ou de importações
Bronze	Uso de deflatores a partir de um determinado índice de preço	Piani e Kume (2000) Leusin e Azevedo (2009)	Utilizar variáveis nominais
-	Uso do PIB e População como variáveis de massa	Piani e Kume (2000) Daumal e Zignago (2010) Silva, Almeida e Oliveira (2007) Leusin e Azevedo (2009) Farias e Hidalgo (2012)	Retirar PIB e População

**Quadro 1:** Síntese dos erros de identificação teórica cometidos pela literatura nacional.

**Fonte:** Elaboração Própria a partir de Baldwin e Taglioni (2006, 2011).

Em resumo, a literatura nacional incorre em todos os erros listados por Baldwin e Taglioni (2006, 2011). Sendo assim, a robustez dos resultados obtidos até então pode ser questionada. Atenção especial deve ser dada a não inclusão dos Termos de Resistências Multilaterais, uma vez que ela pode viesar os coeficientes das variáveis de custos, em especial os associados as *dummies* de fronteira. Diante disso, as seções seguintes considerarão um modelo gravitacional estrutural baseado em Anderson e van Wincoop (2003). Outros problemas empíricos também serão considerados, tais como: a presença de grande massa de observações de comércio iguais a zero e os termos de erro aleatórios com heterocedasticidade desconhecida.

### 3. MODELO ECONOMÉTRICO

Santos Silva e Tenreyro (2006) argumentam que a equação gravitacional (4) pode ser representada a partir de um modelo multiplicativo:

$$T_{ij} = \exp(\beta x_{ij}) \eta_{ij}, \quad (7)$$

em que  $\eta_{ij}$  é uma variável aleatória não negativa.

Como demonstrado em Figueiredo, Lima e Schaur (2014), a identificação de (7) está sujeita a 3 problemas econométricos: a) a forte presença de observações bilaterais de comércio iguais a zero; b) a distribuição desconhecida e c) a heterocedasticidade do termo de erro aleatório. Tais características, somadas a condição de identificação do modelo exponencial,  $E(\eta_{ij}|x_{ij}) = 1$ , impossibilitam a identificação do modelo log-linear

$$\ln(T_{ij}) = \beta x_{ij} + \ln(\eta_{ij}), \quad (8)$$

uma vez que, pela desigualdade de Jensen,  $\ln(E(\eta_{ij})) \neq E(\ln(\eta_{ij}))$ .

Entretanto, Figueiredo, Lima e Schaur (2014) demonstram que uma estrutura quantílica é capaz de identificar ambas equações (7) e (8). Adicionalmente, a estrutura quantílica é robusta frente a forma desconhecida da distribuição do termo aleatório e a heterocedasticidade.

O problema da grande quantidade de observações iguais a zero também é solucionado ao considerar uma estrutura quantílica para dados censurados devido a *statistical rounds*. Por exemplo, se os dados são coletados em milhões, então será comum atribuir valor zero para todos os fluxos inferiores a um.<sup>2</sup>

Sendo assim, considerar-se-á uma variável  $z_{ij} = 0$  se  $T_{ij} < 1$  e  $z_{ij} = T_{ij}$  se  $T_{ij} \geq 1$ . Uma vez que o artigo considerará um modelo log-linear, a notação será equivalente a  $\ln(z_{ij}) = \max(0, \ln(T_{ij}))$ . Quando  $\ln(z_{ij})$  for igual a zero, então a observação original está sujeita a aproximações estatísticas, ou,  $T_{ij} < 1$ .

Desde que  $\ln(z_{ij}) = \max(0, \ln(T_{ij}))$ , a propriedade da equivariância garante que

---

<sup>2</sup> Argumento similar pode ser encontrado em Head, Mayer e Ries (2010), onde se considera que todos os fluxos comerciais são positivos, porém, alguns podem apresentar valores muito pequenos – inferiores a um milhão. Neste caso, em populações finitas, os fluxos iguais a zero podem ocorrer se probabilidade de um fluxo bilateral entre dois países for muito pequena.

$$Q_\tau [\ln(z_{ij})|x_{ij}] = \max(0, Q_\tau [\ln(T_{ij})|x_{ij}]) = \max(0, \beta(\tau)x_{ij}), \quad (9)$$

em que  $x_{ij}$  representa a matriz de covariáveis e  $\beta(\tau)$  é o vetor de parâmetros *location-scale*, isto é, as covariáveis  $x_{ij}$  afetarão não somente a localização da distribuição condicionada de  $\ln(z_{ij})$ , mas também a escala de sua dispersão.<sup>3</sup>

O modelo quantílico censurado (9), desenvolvido por Powell (1984, 1986), fornece uma caminho para inferir os modelos *Tobin-Amemiya* sem suposições relativas à distribuição do termo aleatório ou sobre uma possível forma funcional da heterocedasticidade. O estimador de Powell é definido a partir da maximização da função objetivo:

$$L_n(\beta) = - \sum_{i,j=1}^n w_{ij} \rho_\tau [\ln(T_{ij}) - \max(0, \beta(\tau)x_{ij})], \quad (10)$$

em que  $\rho_\tau$  representa a tradicional função perda da regressão quantílica e  $w_{ij}$  é um ponderador. Chernozhukov e Hong (2002) demonstram que o estimador extremo representado por (7) possui uma série de problemas de otimização oriundos da sua não convexidade. Uma solução robusta para otimizar essa função é fornecida por Chernozhukov e Hong (2003). Em suma, os autores demonstram que o método de *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) pode ser aplicado a vários problemas de inferência estatística, inclusive aqueles que possuam funções objetivo pseudo-quadráticas como (10).

Por fim, como demonstrado em Figueiredo, Lima e Schaur (2014), o modelo quantílico censurado possui, pelo menos quatro vantagens: i) ele considera a existência de fluxos de comércio iguais a zero; ii) os parâmetros estimados via regressão quantílica podem ser interpretado como elasticidades e, quando analisados ao longo dos quantis condicionados, revelam a heterogeneidade do impacto das covariadas sobre a variável dependente; iii) é robusto frente a heterocedasticidade e iv) não necessita de hipóteses relacionadas à distribuição do erro aleatório.

### 3.1 Equação Gravitacional: Erros de Identificação Econométrica

Como já destacado, os principais problemas de identificação econométrica das equações gravitacionais, são: i) o tratamento inadequado das observações de fluxo de comércio iguais a zero; ii) as hipóteses relacionadas a distribuição dos erros aleatórios e iii) a não consideração da heterocedasticidade.

Santos Silva e Tenreiro (2006) demonstram a presença desses três fatores em um modelo multiplicativo exponencial que impossibilita a estimação dos coeficientes da equação gravitacional via mínimos quadrados ordinários (MQO). A solução proposta por esses autores é a adoção do estimador não-linear denominado de *Poisson pseudo-maximum likelihood* (PPML). Ademais, as condições de identificação do PPML são incompatíveis com a identificação dos modelos log-lineares.

Diante disso, as abordagens econométricas para a equação gravitacional se dividiram em duas: aquelas que buscam a identificação da equação exponencial e as que realizam transformações na variável dependente, geralmente somando um ao fluxo de comércio, para em seguida, empregar estimações log-lineares. A utilização de um modelo exponencial soluciona os problemas “i” e “iii”, embora a condição de identificação do modelo PPML comprometa a robustez das estimativas (ver Figueiredo, Lima e Schaur, 2014). Já as

<sup>3</sup> Para detalhes, ver Koenker, 2005

estimações log-lineares, considerando transformações na variável dependente e o método de MQO, está suscetível a todos os vieses listados.

Como pode ser observado no Quadro 2, a literatura nacional também padece de problemas de identificação econométrica. Essa constatação lança ainda mais dúvidas em relação aos resultados obtidos até então.

ERROS	LITERATURA BRASILEIRA	CORREÇÃO
Tratamento inadequado às observações iguais a zero	Piani e Kume (2000) Silva, Almeida e Oliveira (2007) Leusin e Azevedo (2009) Farias e Hidalgo (2012)	Utilização do PPML (ou modelos exponenciais) ou modelos quantílicos censurados
Suposições paramétrica em relação ao termo aleatório	Piani e Kume (2000) Daumal e Zignago (2010) Silva, Almeida e Oliveira (2007) Leusin e Azevedo (2009) Farias e Hidalgo (2012)	Modelos quantílicos censurados
Não tratamento da heterocedasticidade	Piani e Kume (2000) Silva, Almeida e Oliveira (2007) Leusin e Azevedo (2009) Farias e Hidalgo (2012)	Utilização do PPML (ou modelos exponenciais) ou modelos quantílico censurados

**Quadro 2:** Síntese dos erros de identificação econométrica cometidos pela literatura nacional.

**Fonte:** Elaboração Própria a partir de Figueiredo, Lima e Schaur (2014).

#### 4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

O modelo adotado nesta pesquisa busca suplantar as dificuldades de identificação teórica e empírica da equação gravitacional. Para tanto, será adotada a equação estrutural de Anderson e van Wincoop (2003), considerando as recomendações de Baldwin e Taglioni (2006, 2011), sintetizadas no Quadro 1. Ou seja: a) serão incluídos os termos de resistência multilateral, como uma forma de seguir as recomendações do sistema de equações teóricas, (4)-(6), e controlar para possíveis vieses de variáveis omitidas; b) considerar-se-á uma medida de fluxo comercial nominal e unilateral e c) não serão incluídas variáveis de PIB como forma de mensurar a massa gravitacional.

No âmbito da identificação econométrica (Quadro 2), tem-se a adoção de um modelo quantílico censurado, o que soluciona os problemas relativos a: i) grande presença de fluxos comerciais iguais a zero; ii) heterocedasticidade do termo de erro aleatório e iii) a possibilidade de identificar o modelo multiplicativo exponencial a partir da equação log-linear.

Isso posto, toma-se o fluxo comercial bilateral como uma função de custos de comércio, como a distância, o efeito fronteira (ou do comércio internacional) e a fronteira física. Seguindo a recomendação de Baltagi, Egger e Pfaffermayr (2014), os termos de resistência multilateral serão representados por efeitos fixos em três direções: importadores por ano e exportadores por ano.

Convém ressaltar que as unidades de origem são compostas por todos os estados brasileiros mais o Distrito Federal, ou seja, 26 variáveis *dummies* de origem. Do mesmo modo, as unidades de destino serão os 26 estados e o Distrito Federal (comércio intranacional) e um conjunto de 51 países (comércio internacional), o que totaliza 77

*dummies*. Uma vez que é necessária a interação de efeitos fixos origem por ano e destino por ano, a estimação contará 208 *dummies* (ou efeitos fixos).

#### 4.1 Base de Dados

Como já destacado, o fluxo comercial será representado por uma variável unidirecional: as exportações nominais. Essa variável será coletada em duas fontes: 1) os valores do comércio internacional disponíveis no sistema *Aliceweb* do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) para 51 países o que corresponde aproximadamente a 95% das exportações brasileiras em reais (a lista de países está disposta no Quadro A1, Apêndice A) e 2) os dados para o comércio doméstico (intranacional), extraídos da matriz de comércio interestadual construída por Vasconcelos (2001a, 2001b). Em ambos os casos, serão coletadas as informações para os anos de 1998 e 1999.

As variáveis explicativas, associadas ao custo, serão: o logaritmo da distância entre as unidades de origem e destino; uma variável dummy que captura o efeito do comércio internacional, isto é, que assume valor 1 para os fluxos comerciais entre os estados brasileiros e os países estrangeiros e zero no caso do comércio intranacional, denominada: *Inter* e uma variável dummy identificando a fronteira entre os estados e ou países, *Contiguidade*.

Com o objetivo de se obter uma homogeneidade das distâncias entre estado de origem e estado ou país de destino foram extraídas as latitudes e longitudes de cada estado e capitais dos países, respectivamente, do Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE) e do *Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII). As distâncias foram mensuradas em quilômetros utilizando-se a regra do grande círculo que considera a menor distância entre dois pontos de uma superfície esférica cujo cálculo é feito a partir das coordenadas geográficas de uma origem a um destino.

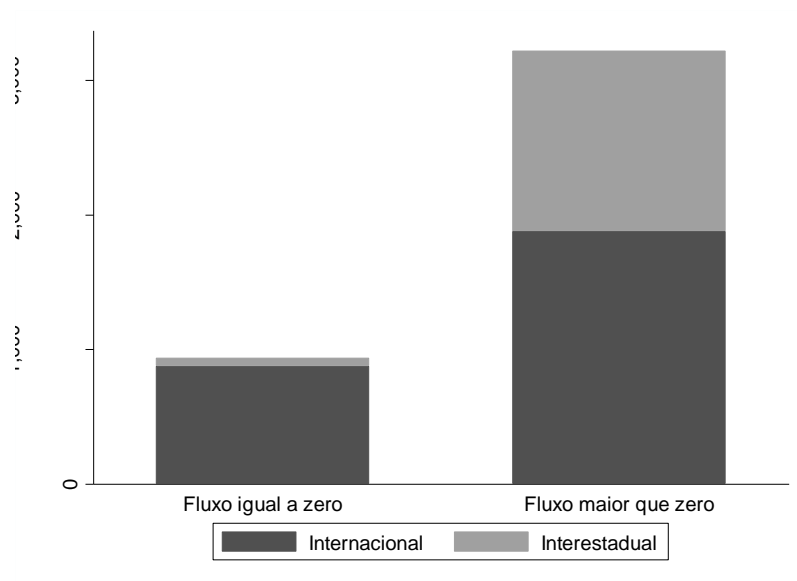
Coletaram-se ainda as informações relativas ao PIB estadual junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além do PIB para os 51 países da amostra, obtidos no Banco Mundial. Essas variáveis serão utilizadas em uma estimação preliminar que visa a comparação com os resultados não robustos presentes na literatura.

#### 4.2 Resultados Preliminares

O volume do comércio intranacional totalizou R\$ 828 milhões (valores nomiais) nos anos de 1998 e 1999. Já o comércio internacional, correspondeu a R\$ 133 bilhões. Ou seja, em termos de valores comercializados, as transações comerciais internacionais correspondem a 99,38% do volume total comercializado pelos estados brasileiros.<sup>4</sup> Entretanto, a diferença entre as transações bilaterais intra e internacionais podem ser ainda maior, caso se considere o mecanismo de censura na variável dependente, ou seja, em que as observações iguais a zero correspondem a pequenos volumes de comércio. O Gráfico 1 apresenta a quantidade de observações do fluxo de comércio, intranacionais e internacionais, maiores ou iguais a zero. Na primeira coluna informa que a amostra possui 939 observações iguais a zero, sendo que 93,4% dessas correspondem ao comércio internacional. Na segunda coluna tem-se 3.219 observações maiores que zero, sendo que 58,3% correspondem ao comércio internacional.

---

<sup>4</sup> Convém ressaltar que os dados não permitem a análise do comércio intranacional.



**Gráfico 1:** Número de Observações para o Comércio Intranacional e Internacional.

**Fonte:** Elaboração Própria.

Em resumo, essas informações descritivas demonstram a importância do comércio internacional. Em primeiro lugar, o comércio internacional é maior em volume, sendo esse subestimado, uma vez que a maior parte dessas informações é computada como zero, quando na verdade são observações censuradas (Gráfico 1). Logo, é de se esperar que o volume de comércio entre os estados e o resto do mundo ainda seja maior do que o relatado no parágrafo inicial da subseção.

Essa constatação leva a repensar os resultados apresentados pelos trabalhos para dados Brasileiros tais como Daumal e Zignago (2010), Silva, Almeida e Oliveira (2007), Leusin e Azevedo (2009), dentre outros. Em geral, os resultados desses trabalhos apontaram para a importância do efeito fronteira, em detrimento do comércio internacional. Esse resultado foi, originalmente, proposto por McCallum (1995). Na ocasião, o autor demonstrou, erroneamente, que o comércio intraprovincias canadenses era mais relevante na explicação dos fluxos comerciais do Canadá do que o comércio com os 51 estados norte-americanos. Esse resultado ficou conhecido como *o paradoxo da fronteira* e foi contestado por Anderson e van Wincoop (2003).

A hipótese central deste estudo é que os resultados obtidos na literatura nacional são viesados pelos diversos erros de especificação relatados anteriormente. Para ilustrar essa hipótese, serão estimadas diversas formas para a equação gravitacional, considerando os principais erros e as respectivas soluções (Quadro 1). A Tabela 1 traz as estimações para os modelos gravitacionais. O modelo contido na coluna 1 contém todos os erros, ou seja, ouro, prata e bronze e a utilização dos PIB como massa gravitacional. Na coluna 2, corrige-se o erro de bronze, isto é, utiliza-se valores nominais para o fluxo. Já na coluna 3 o erro medalha de prata é corrigido, ou seja, utiliza-se a variável dependente como unidirecional (exportações). Por último, na coluna 4 foi tratado todos os erros, ou seja, utilizou-se variável de fluxo unidirecional, variáveis nominais, excluiu-se o PIB e acrescentou-se as TRM. Todos os modelos consideram a forma funcional log-linear, com a modificação padrão na variável dependente (somando um ao fluxo bilateral e extraíndo seu logaritmo) e são inferidos via MQO.

**Tabela 1:** Modelo Gravitacional: vieses de especificação teórica

	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln(\text{distancia}_{ij})$	-0.6044* (0.0755)	-0.6044* (0.0755)	-1.5132* (0.1731)	-0.3011 (0.2084)
Inter	-11.1990* (0.6104)	-11.1990* (0.6104)	-18.6591* (1.4378)	2.0032*** (1.2010)
Contiguidade	1.1630* (0.2024)	1.1630* (0.2024)	0.6053 (0.4870)	0.6368*** (0.3862)
$\ln(\text{PIB}_i)$	1.0107* (0.0504)	1.0107* (0.0504)	1.0786* (0.1203)	- -
$\ln(\text{PIB}_j)$	0.6149* (0.0254)	0.6149* (0.0254)	1.0873* (0.0587)	- -
Constante	-11.5501* (1.1107)	-11.7244* (1.1159)	-15.4313* (2.5817)	0.3179 (1.9046)
$N$	4158	4158	4158	4158

**Fonte:** Elaboração própria. Erros padrões entre parênteses. \*\*\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.01$ .

Observa-se que o parâmetro da dummy *Inter* é negativo e significativo em todas as formas funcionais, exclusive a da coluna 4. Além disso, observa-se uma magnitude muito grande dos coeficientes apontando para uma influência exageradamente maior do comércio nacional em detrimento do comércio internacional. Com isso, pode-se sugerir que o efeito fronteira, largamente corroborado pela literatura empírica nacional, está associado, exclusivamente, a não inclusão dos termos de resistência multilateral (TRM). Os outros problemas de especificação teórica mudam as estimativas de forma pontual, mas não contribuem para a solução do *paradoxo da fronteira*.

### 4.3 Resultados para o Modelo Quantílico Censurado

Esta seção estima a equação quantílica censurada (9). Assim como em Leusin e Azevedo (2009), ao aplicar um Tobit considera-se que as exportações nominais são representadas por uma variável  $z_{ij} = 0$  se o fluxo comercial latente ( $T_{ij}$ ) for inferior a 1 e;  $z_{ij} = T_{ij}$  se  $T_{ij} \geq 1$ . Essa regra de censura é válida para a forma log-linear, uma vez que:  $\ln(z_{ij}) = \max(0, \ln(T_{ij}))$ . Quando  $\ln(z_{ij})$  for igual a zero, então a observação original está sujeita a aproximações estatísticas, ou,  $T_{ij} < 1$ .<sup>5</sup>

Serão consideradas todas as recomendações de identificação teórica: inclusão da TRM, fluxos unidirecionais (exportação) nominais e exclusão dos PIB como proxies para a massa gravitacional. Somados a esses fatores, têm-se as vantagens da identificação econométrica: tratamento adequado das observações iguais a zero, consideração de formas funcionais desconhecidas e heterocedásticas para o termo aleatório e a possibilidade de se captar heterogeneidades ao longo dos quantis. Os resultados estão sintetizados na Tabela 2.

<sup>5</sup> O modelo PPML também poderia ser adotado. Contudo, sua hipótese de identificação da equação exponencial é bastante restritiva. Para Detalhes, ver Figueiredo, Lima e Schaur (2014).



**Tabela 2:** Modelo Gravitacional Quantílico Censurado

	25%	50%	75%
ln(distancia <sub>ij</sub> )	-0.6391* (0.0273)	-0.3428* (0.0243)	-0.0981* (0.0149)
Inter	2.5216* (0.2600)	2.7176* (0.3661)	2.5968* (0.1336)
Contiguidade	0.3406** (0.1271)	0.7379* (0.0587)	1.2035* (0.1366)
Constante	-0.5919* (0.1100)	0.6145* (0.1692)	0.8700* (0.0927)
<i>N</i>	4158	4158	4158

**Fonte:** Elaboração própria. Erros padrões entre parênteses. \*\*\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.01$ .

Em primeiro lugar, observa-se que o *paradoxo da fronteira* é solucionado e o resultado é preservado nos quantis estimados. O coeficiente da variável de distância é negativo em todos os quantis, indicando que quanto maior a distância menor será o fluxo comercial. Porém, as elasticidades do volume exportado em relação a essa variável são menores do que 1, isto é, as exportações são inelásticas à distância, contrapondo muito dos resultados encontrados pela literatura brasileira em que o fluxo comercial é muito sensível às variações nas distâncias. Alguns dos resultados da literatura nacional apontaram que o acréscimo de 1% na distância entre dois parceiros comerciais acarretaria uma queda maior do que 1% no comércio entre eles, concluindo a importância da variável distância como fator de resistência ao comércio.

No entanto, os resultados atuais, ao incluírem as resistências multilaterais, indicaram que a distância possui um impacto inferior ao encontrado por esses autores. Isso acontece devido a não inclusão das *dummies* que representam essas resistências, fazendo com que o coeficiente da variável distância carregasse todo o *peso* das variáveis omitidas e, por conseguinte, viesando os coeficientes estimados. A lógica é simples: a distância (custos) pode não impedir o comércio entre Brasil e China, mas outros fatores como as inseguranças jurídicas e/ou institucionais, poderiam impedi-lo. Logo, o uso da variável distância não representaria uma boa *proxy* para as resistências multilaterais. Outro fator de destaque é que quanto menor o quantil, maior será o impacto da distância sobre o fluxo comercial, em outras palavras, para maiores volumes de exportação a distância tem uma menor influência sobre o comércio bilateral.

A variável contiguidade representa o comércio entre regiões que possuem fronteira física comum e, sendo assim, todos os quantis indicam haver um comércio maior entre as regiões fronteiriças, por exemplo, no terceiro quantil, o comércio entre as regiões fronteiriças é 3 vezes maior ( $e^{(1,2035)} \approx 3$ ) em relação às regiões não fronteiriças. Portanto, a ausência de fronteira com outras regiões não teria tantos impactos negativos sobre o comércio, mas sim, outros fatores não observáveis que estão sendo representados pelas resistências multilaterais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho estimou o impacto do efeito-fronteira, no período 1998-1999, sobre o fluxo comercial entre os 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal, e uma amostra de 51 países. Seguindo as recomendações teóricas e empíricas para a identificação da equação

gravitacional de Anderson e van Wincoop (2003), observou-se que o efeito-fronteira não se aplica a economia brasileira. O viés doméstico encontrado pela literatura nacional pode ser atribuído a não consideração das resistências multilaterais. Os demais procedimentos robustos para a identificação da equação gravitacional auxiliam no entendimento do impacto dos custos de transporte sobre as relações bilaterais.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, James, A theoretical foundation for the gravity equation, **American Economic Review**, 69, 106-116 (1979).

\_\_\_\_\_, The gravity model, **The Annual Review of Economics**, 3, 133-160 (2011).

ANDERSON, James & WINCOOP, Eric van, Gravity with gravitas: a solution to the border puzzle. **American Economic Review**, 93, 170-192 (2003).

BAKER, Matthew, **Adaptive Markov chain Monte Carlo sampling and estimation in Mata**. The Hunter College and the Graduate Center, working paper (2014).

BALDWIN, Richard, Trade and Industrialisation after Globalisation's 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain Are Different and Why It Matters. **NBER working papers**, no. 17716 (2011).

BALDWIN, Richard & TAGLIONI, Daria. Gravity for dummies and dummies for gravity equations. **NBER working papers**, no. 12516 (2006).

\_\_\_\_\_, **Gravity chains: estimating bilateral trade flows when parts and components trade is important**. Working Paper Series 1401, European Central Bank (2011).

BALTAGI, Badi; EGGGER, Peter & PFAFFERMAYR, Michael, Panel data gravity models of international trade. **CESifo working papers**, no. 4616 (2014).

BANCO MUNDIAL. World Development Indicators Database. **Total GDP 1998-1999**. World Bank. Disponível em: <[http://databank.worldbank.org/data/download/WDI\\_csv.zip](http://databank.worldbank.org/data/download/WDI_csv.zip)>. Acesso em: 22 jan. 2014.

CHERNOZHUKOV, Victor & HONG, Han, Three-Step censored quantile regression and extramarital affairs. **Journal of the American Statistical Association**, 97, 872-882 (2002).

\_\_\_\_\_, An MCMC approach to classical estimation. **Journal of Econometrics**, 115, 293-346 (2003).

CENTRE D'ETUDES PROSPECTIVES ET D'INFORMATIONS INTERNATIONALES – CEPII. Databases - Distance. Disponível em: <<http://www.cepii.fr/anglaisgraph/bdd/distances.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

DAUMAL, Marie & ZIGNAGO, Soledad, Measure and determinants of border effects of Brazilian states, **Papers in Regional Science**, 89, 735-758 (2010).

DUTT, Pushan; MIHOV, Ilian & ZANDT, Timothy Zandt, The effect of WTO on the

extensive and the intensive margins of trade, *forthcoming Journal of International Economics* (2013).

FARIAS, Joedson Jales & HIDALGO, Álvaro Barrantes, Comércio interestadual e comércio exterior das regiões brasileiras e integração regional: uma estimativa utilizando a equação gravitacional. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 43, m. 2, p.251-265, abr./jun. (2012).

FIGUEIREDO, Erik; LIMA, Luiz Renato & OREFICE, Gianluca, **Migration and preferential trade agreement: a (new) gravity estimation**, mimeo (2014).

FIGUEIREDO, Erik; LIMA, Luiz Renato & SCHAUR, Georg, **Robust estimation of gravity equations and the WTO impact on trade inequality**, mimeo (2014).

HEAD, Keith; MAYER, Thierry & RIES, John, The erosion of colonial trade linkages after independence. *Journal of International Economics*, v. 81, p. 1-14 (2010).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. PIB por Unidade da Federação. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 14 mar. 2014.

\_\_\_\_\_, Latitude e Longitude por Unidade da Federação. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 14 mar. 2014.

IRWIN, Douglas, **Trade policy disaster: lessons from the 1930s**. Cambridge, MA: MIT Press, (2011).

KOENKER, Roger, **Quantile regression**. Cambridge: Cambridge University Press, 365 p., (2005).

McCALLUM, John, National borders matter: Canada-U.S. regional trade patterns. *American Economic Review*, v. 85, p. 615-623, (1995).

LEUSIN JÚNIOR, Sérgio. & AZEVEDO, André Filipe Zago de, **O efeito fronteira das regiões brasileiras: uma aplicação do modelo gravitacional**. Revista de Economia Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 229-258, maio/ago, (2009).

PIANI, Guida & KUME, Honório, Fluxos bilaterais de comércio e blocos regionais: uma aplicação do modelo gravitacional. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 30, p. 1-21 (2000).

SANTOS SILVA, João & TENREYRO, Silvana, The log gravity. *The Review of Economics and Statistics*, 88, 641-658 (2006).

SILVA, Orlando Monteiro da; ALMEIDA, Fernanda Maria de & OLIVEIRA, Bethania Moreira de, **Comércio internacional “x” intranacional no Brasil: medindo o efeito-fronteira**. Nova Economia, Belo Horizonte, v. 17, p. 427-439, set/dez (2007).

SUBRAMANIAN, Arvind & KESSLER, Martin, **The hyperglobalization of trade and its future**. Working paper, Peterson Institute for International Economics (2013).

VASCONCELOS, José Romeu de, **Matriz do fluxo de comércio interestadual de bens e serviços no Brasil - 1998**. Brasília. Texto para Discussão: IPEA, n. 783 (2001a).

\_\_\_\_\_, **Matriz do fluxo de comércio interestadual de bens e serviços no Brasil - 1999**. Brasília. Texto para Discussão: IPEA, n. 817 (2001b).

YOTOV, Yoto, A simple solution to the distance puzzle in international trade. **Economics Letters**, 117, 794-798 (2012).

## APÊNDICE A

África do Sul	Emirados Árabes Unidos	Japão
Alemanha	Equador	Malásia
Angola	Espanha	México
Arábia Saudita	Estados Unidos	Nigéria
Argélia	Filipinas	Noruega
Argentina	Finlândia	Paraguai
Austrália	França	Peru
Áustria	Grécia	Polônia
Bélgica	Holanda	Portugal
Bolívia	Hong Kong	Reino Unido
Canadá	Índia	Rússia
Chile	Indonésia	Suécia
China	Irã	Suíça
Cingapura	Iraque	Tailândia
Colômbia	Irlanda	Taiwan
Coréia do Sul	Israel	Turquia
Egito	Itália	Uruguai

**Quadro A1:** Relação dos países da amostra.