

PROGRAMA BR DO MAR E SEUS EFEITOS SOBRE A MATRIZ DE TRANSPORTE E ROTAS INTER-REGIONAIS NO BRASIL

MÁRCIO N. BARBOSA *
ANDRÉ F. Z. DE AZEVEDO †
ANGÉLICA MASSUQUETTI ‡
ANGELO C. GURGEL §

Resumo

Este artigo investiga os efeitos que o Programa BR do Mar, incentivo à cabotagem, poderá exercer sobre a matriz de transportes de cargas e nas rotas inter-regionais do país. Para tanto, foi desenvolvido um Modelo de Equilíbrio Geral Computável, denominado PAEG-TLOG, com base no GTAP em sua versão 10. Os resultados indicam que a matriz de transporte inter-regional obtém um crescimento da participação da cabotagem, representando uma redução de, aproximadamente, 410 mil caminhões nas estradas em longas distâncias, reduzindo os acidentes, os custos com roubos e avarias e gerando menores níveis de poluição.

Palavras-chave: cabotagem; Programa BR do Mar; PAEG-TLOG.

Abstract

This paper aims to investigate the effects that the BR do Mar Project may have on the cargo transportation matrix in the country, as well as the analysis of the impacts on interregional routes. To achieve the proposed objective, a Computable General Equilibrium model was adopted, based on the PAEG-TLOG model, which is developed based on the GTAP in version 10. The results revealed that the interregional transportation matrix showed more participation in cabotage, representing around 410 thousand trucks less on roads over long distances, reducing accidents, theft costs and generating lower levels of pollution.

Keywords: cabotage; BR do Mar Project; PAEG-TLOG.

JEL classification: R42, R58, C68

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea182157>

* Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: marcionorabarbosa@gmail.com

† Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

‡ Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

§ Fundação Getúlio Vargas (FGV EESP)

1 Introdução

O desenvolvimento econômico do Brasil possui obstáculos, como os custos para os negócios, que são relativamente altos e reduzem a competitividade dos produtos nacionais no âmbito internacional (HADDAD *et al.*, 2011). Este alto custo refere-se ao que é conhecido como “Custo Brasil”. Ele está associado a processos mais lentos, caros e ineficientes, causados pela burocracia e pela infraestrutura logística insuficiente, principalmente a portuária e a aeroportuária, aos custos de armazenagem acima da média internacional, aos impostos em cascata, assim como ao conjunto de regras tributárias que geram incertezas devido às mudanças repentinas, o que reduz a competitividade em uma economia globalizada (BARBIERI; SILVEIRA; SILVA, 2013; FALCÃO; CORREIA, 2012).

Segundo Schwab (2019), a oferta de infraestrutura é um dos principais problemas da competitividade brasileira. O Brasil aparece apenas na 71ª posição em termos de competitividade internacional em um *ranking* com 141 países, para o ano de 2019. Quando se compara a infraestrutura no mesmo grupo de países, passa a ocupar a 78ª posição e, ainda, quando analisado apenas o setor de transporte, em seus diferentes modais, suas colocações são: 86ª para as ferrovias; 85ª para transporte aéreo; 116ª para as rodovias; e 104ª para portos.

Conforme a Confederação Nacional de Transportes (CNT), o custo logístico nacional consome 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, o equivalente, em 2016, a R\$749 bilhões. Deste montante, a maior parte do custo é formada pelo transporte, que equivale a 6,8% do PIB (R\$401 bilhões), seguido de estoque (4,5% do PIB ou R\$268 bilhões), armazenagem (0,9% do PIB ou R\$53 bilhões) e administrativo (0,5% do PIB ou R\$27 bilhões) (CNT, 2016). Este alto custo contribui com a ideia de uma infraestrutura de transporte insuficiente, tanto em sua forma doméstica, quanto aquela que está diretamente ligada ao comércio exterior na região portuária, e que afeta a competitividade da economia brasileira de maneira sistêmica (ASSIS; COSTA; HIRASSAKA, 2019; MONTES; REIS, 2011).

Em termos domésticos, a matriz de transporte brasileira contribui para a infraestrutura de transporte ineficiente e inadequada, justamente pelo fato de o modal rodoviário ser usado de forma muito concentrada. Isso gera ao país desvantagem em termos de custos totais com logística, devido ao transporte de longas distâncias e de cargas de grandes volumes e densidades, como a maioria das *commodities* produzidas no Brasil e que possuem uma participação importante na pauta exportadora nacional.

Medeiros *et al.* (2015) e Moura e Botter (2011) citam o modal aquaviário, em especial a cabotagem, como alternativa potencial para equilibrar a matriz de transporte brasileira aliada aos demais modais. O avanço da participação deste modal, segundo os autores, pode reduzir os custos logísticos nacionais, assim como mitigar as perdas e as avarias nas cargas, entre outros benefícios.

Há diversos estudos na literatura que analisam a infraestrutura de transportes e seus reflexos na economia por meio do Modelo de Equilíbrio Geral Computável (MEGC), tanto com foco na desoneração tributária, como Haddad *et al.* (2013), Betarelli Jr *et al.* (2013) e Almeida, Haddad e Hewings (2010), como na redução de custos e/ou investimentos no setor de transporte, como Donaldson (2018), Robson, Wijayarathna e Dixit (2018), Chen e Rose (2017), Kim, Hewings e Amir (2016), Barry (2014) e Shibasaki, Yonemoto e Watanabe

(2008). O MEGC foi escolhido justamente por permitir a criação de cenários em que ocorrem tanto a desoneração tributária como os ganhos de eficiência portuária, medidas contempladas no Programa BR do Mar do governo federal brasileiro.

Com o exposto, propõe-se, nesse estudo, o desenvolvimento do MEGC intitulado Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEG-TLOG), que tem como base o *Global Trade Analysis Project* (GTAP), em sua versão 10, de forma a construir a matriz de transporte inter-regional de cargas, com os principais modais e rotas inter-regionais. O modelo possibilita a análise dos efeitos e das tendências que o Programa BR do Mar do governo federal brasileiro poderia exercer sobre a matriz de transporte de cargas e suas principais rotas inter-regionais, avaliando as propostas de desoneração fiscal e aumento de eficiência no modal de cabotagem.

Este estudo busca contribuir com a pesquisa empírica sobre os aprimoramentos em infraestrutura e seus impactos na economia, em particular sobre a matriz de transporte nacional, algo pouco explorado na literatura. Além disso, sua maior contribuição é o desenvolvimento do modelo PAEG-TLOG, o que viabiliza análises de políticas sobre os modais e/ou em rotas específicas e seus efeitos sobre a economia doméstica e externa brasileira.

Para tanto, este artigo está dividido em quatro seções, além desta introdução. Na segunda seção são apresentados a logística e o setor de transportes nacional, com ênfase no modal de cabotagem e no Programa BR do Mar, assim como o elo entre as análises de infraestrutura de transportes por meio dos MEGC. Na terceira seção é apresentado o método proposto para atingir o objetivo do presente estudo, em que se busca apresentar o modelo PAEG-TLOG desenvolvido para esta análise e os cenários utilizados. A quarta seção exhibe os resultados gerados pelos cenários criados com as interações do modelo e os impactos na matriz de transporte e nas respectivas rotas inter-regionais. E, por fim, a quinta seção traz as considerações finais deste estudo, assim como suas contribuições para o tema abordado.

2 Infraestrutura de transportes

2.1 Logística e setor de transportes nacional

Ballou (2006) menciona que para a maioria das empresas, a atividade da logística mais importante é o transporte, principalmente porque absorve, em média, de um a dois terços dos custos logísticos. O setor de transportes é peça fundamental no desenvolvimento econômico de um país e se apresenta em diversos modais. O modal mais adequado depende das atividades da rede logística e é determinado de acordo com os custos, o tempo médio de entrega e as perdas e danos.

As características e a qualidade da logística nacional impactam diretamente a competitividade do comércio doméstico e exterior brasileiro. Alguns autores corroboram com esta visão, como Portugal-Perez e Wilson (2010), Djankov, Freund e Pham (2006), Levchenko (2004) e Limao e Venables (2001), e afirmam que para obter os benefícios da globalização, os países devem identificar os principais gargalos que influenciam o desempenho logístico. Além disso, os autores asseveram que uma boa infraestrutura e baixos custos de transportes nos negócios internacionais e qualidade institucional proporcio-

Tabela 1: Índice de Infraestrutura do Brasil no Global Competitiveness Index

Componente do Índice	Ranking/141
2º Pilar: Infraestrutura	78
Infraestrutura de Transportes	85
2.01 Conectividade do transporte rodoviário	69
2.02 Qualidade da infraestrutura rodoviária	116
2.03 Densidade Ferroviária	78
2.04 Eficiência dos serviços ferroviários	86
2.05 Conectividade do transporte aéreo	17
2.06 Eficiência dos transportes aéreos	85
2.07 Conectividade do transporte marítimo	48
2.08 Eficiência dos serviços portuários	104

Fonte: Elaborado com base nos dados do Schwab (2019).

nam impactos positivos no desempenho das exportações e na facilitação do comércio.

Porém, o Brasil caminha na contramão do destacado pelos autores, visto que os dados apontados pelo *The World Forum Economic* (WFE), por meio do *Global Competitiveness Index* (GCI)¹, que avalia a competitividade dos países, indicam que o Brasil, no ano de 2019, está na posição 71 de um total de 141 países analisados. Ao analisar o componente Infraestrutura, um dos 12 componentes que fazem parte do relatório, o Brasil passa a 78ª posição, com destaque negativo para a “Qualidade da Infraestrutura Rodoviária” e a “Eficiência Portuária”, aparecendo no último terço do *ranking* e confirmando a ideia de que a infraestrutura brasileira de transporte é precária e ineficiente. A Tabela 1 traz em mais detalhes os subcomponentes de Infraestrutura de Transportes do GCI de 2019.

Esta infraestrutura elencada anteriormente é caracterizada por mais de 1,56 milhão de quilômetros de rodovias (95,1% estaduais e municipais e 4,9% federais), 30,6 mil quilômetros de ferrovias, 21 mil quilômetros de hidrovias economicamente navegáveis, 20 mil quilômetros de dutovias, 178 instalações portuárias e 109 aeroportos (MTPA, 2017). Conforme CNT (2019), a matriz de transportes de cargas brasileira é composta por: 61,1% pelo modal rodoviário; 20,7% pelo modal ferroviário; 13,6% pelo modal aquaviário; 4,2% pelo modal dutoviário; e 0,4% pelo modal aéreo. Isso mostra a concentração da movimentação e do escoamento dos produtos nacionais ao longo de todo território nacional por meio do transporte rodoviário.

Este desequilíbrio na matriz de transportes gera um impacto significativo no movimento de estradas, o que se torna um problema logístico e social, pelo fato de a infraestrutura atual do país não acompanhar o crescimento do fluxo de mercadorias ao longo do tempo. Além disso, há também riscos de dependência de um determinado tipo de transporte, tendo em vista a possibilidade constante de greve dos caminhoneiros, podendo ser semelhante àquela ocor-

¹ Este índice avalia a competitividade de economias e o desempenho dos mercados de forma detalhada e é parte integrante de relatório publicado anualmente pelo Fórum Econômico Mundial, desde 1979. Atualmente, o GCI conta com 12 pilares divididos em quatro blocos e um total de 98 indicadores, derivados de uma combinação de parâmetros concretos e resultados de uma pesquisa com executivos de empresas privadas e públicas (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

rida no ano de 2018. Conforme [Candido, Silva Santos e Tavares \(2019\)](#), a greve provocou um impacto negativo para a economia brasileira entre R\$75 e R\$100 bilhões, o que gera a incerteza de novas paralisações quando as condições econômicas elevarem os custos dos fretes rodoviários.

Esta dependência, ou o desbalanceamento da matriz de transporte, é tida por [Pacheco e Pereira Júnior \(2015\)](#), [Lima \(2015\)](#), [Kawano et al. \(2012\)](#), [Branco et al. \(2012\)](#) e [Keil e Young \(2008\)](#) como prejudicial ao serviço de transporte, pois o escoamento da produção para atingir os mercados consumidores pode afetar diretamente a vantagem comparativa e competitiva obtida em determinados produtos devido o modal rodoviário, em longas distâncias, ser menos eficiente e mais caro do que outros modais². O predomínio da matriz de transporte de somente um modal é alvo de crítica de [Erhart e Palmeira \(2006\)](#) pela falta de investimentos e descaso em diferentes modais alternativos ao rodoviário.

Tais condições da infraestrutura logística no Brasil contribuem para os entraves à retomada do crescimento de forma sustentada. Para diversos estudos, como de [Schalch \(2016\)](#), [Aritua \(2016\)](#), [Lopes \(2015\)](#), [Kussano e Batalha \(2009\)](#), [Freitas, Mendonça e Lopes \(2011\)](#), [Capdeville \(2010\)](#), [Mitsutani \(2010\)](#), [Oliveira e Teixeira \(2009\)](#), [Castro \(2002\)](#) e [Fujita, Krugman e Venables \(2000\)](#), a baixa qualidade dos serviços de transportes transmite os seus efeitos por toda a economia, o que traz custos mais elevados, ineficiência e baixa competitividade. Isto desestimula o investimento e, assim, a geração de emprego e o crescimento.

2.2 Cabotagem no Brasil

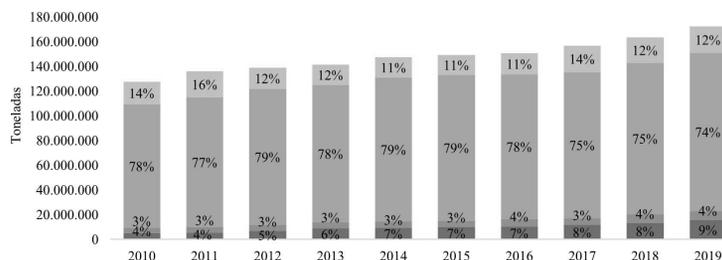
De acordo com [C A N Teixeira et al. \(2018\)](#), por mais que pareça natural que a utilização da navegação de cabotagem³ tenha um papel importante nos transportes de cargas no Brasil, seja pelo contexto histórico, seja pela concentração da atividade econômica próxima à costa, não é isso que se observa. Pelo contrário, é comprovada a sua baixa participação na matriz de transportes brasileira.

As características geográficas e o processo de colonização do Brasil transformaram a navegação de cabotagem⁴ em uma das primeiras atividades econômicas do país, assim como num dos principais meios de transportes de mercadorias desde o século XVI. No período entre o fim do século XIX e o início do século XX, ela despontou como o principal modal, ou seja, um sistema de transportes para atender a extensão do território e à grande dispersão entre os aglomerados populacionais. A navegação de cabotagem possibilitou o surgimento da exploração da borracha na região amazônica (transporte por

²Conforme [Vassallo \(2015\)](#) o transporte rodoviário é cerca de 2,5 a 5,7 vezes mais caro do que o modal ferroviário, cerca de 4 vezes mais caro do que o modal aquaviário, em torno de 5 vezes mais caro do que o dutoviário, e apenas mais baixo quando comparado ao modal aéreo.

³O transporte de cabotagem é definido conforme inciso IX, Artigo 2º, da Lei nº 9.432, de 8 de janeiro de 1997: a “navegação de cabotagem [é aquela] realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores”. E este modal de transporte é regulado conforme as normas da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil.

⁴Para maior detalhamento do contexto histórico do Transporte de Cabotagem, ver [C A N Teixeira et al. \(2018\)](#).

Figura 1: Movimentação via cabotagem por perfil de carga (2010-2019)

Fonte: Elaborado com base nos dados da [ANTAQ \(2020\)](#).

meio de navios a vapor) e, junto à ferrovia, disseminou a cultura do café pelo interior paulista ([TEIXEIRA, C. A. N. et al., 2018](#)).

Esse destaque da navegação de cabotagem começou a se modificar de forma abrupta no Governo Washington Luiz, o último da Primeira República (1926-1930), que tinha como lema “governar é construir estradas”, priorizando, assim, o transporte rodoviário – o que foi, mais tarde, nos anos de 1950, consolidado no Governo Juscelino Kubistchek (1956-1961), com a implantação da indústria automobilística no país. Porém, como destaca [C A N Teixeira et al. \(2018\)](#), mesmo o desenvolvimento da indústria naval no início dos anos 2000 não foi suficiente para a navegação de cabotagem retomar a sua participação de destaque no modal nacional.

No entanto, nos anos 2010, verifica-se um aumento das quantidades transportadas por esse modal que, conforme os dados do sistema estatístico da [ANTAQ \(2020\)](#), revelam um crescimento de 35% do total transportado entre os anos de 2010 e 2019. Isso pode ser observado por meio da Figura 1, a qual apresenta com maior detalhamento a evolução do movimento de cargas transportadas pelo modal de cabotagem e por perfil de cargas.

Quando observado em termos de perfil de cargas transportadas, nota-se o importante crescimento da participação das cargas containerizadas, que neste período chegou a 205%, enquanto os tipos de cargas geral, granel líquido e gasoso e granel sólido cresceram, respectivamente, 76%, 28% e 16%. Porém, mesmo com o incremento substancial das cargas transportadas por contêiner, o perfil de carga com maior expressão é o de cargas de granel líquido e gasoso, com média anual de 77% do volume transportado. Isto deve-se à grande participação da indústria de petróleo e gás, que dá suporte à cadeia de transporte do petróleo extraído em águas profundas e territoriais brasileiras ([MARTINS et al., 2019](#)). As cargas do tipo geral e granel sólido, em termos de participação no transporte total, mantiveram-se praticamente estáveis ao longo dos anos observados. A carga de granel sólido é o segundo tipo com maior participação, com média anual de 13%, enquanto os produtos de carga geral contam com a menor participação no transporte de cabotagem, com média anual de 4%.

Assim como a concentração do transporte de combustíveis minerais, visto anteriormente, quando analisadas as rotas e os fluxos da cabotagem no Brasil, observa-se a concentração na região Sudeste, tanto na origem como no destino das mercadorias. Conforme afirmado por [Martins et al. \(2019\)](#), com dados do anuário estatístico da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ),

do ano de 2018, a região Sudeste é o destino de 53% de toda a movimentação e é ainda mais concentrado quando analisada a origem, já que esta mesma região representa 67% do total. A maior parte da participação do Sudeste se deve à movimentação intrarregião, ou seja, entre os seus próprios estados, tendo como principal produto, justamente, os combustíveis minerais.

A região Nordeste é a segunda com maior participação, sendo destino de 28% das mercadorias, assim como tem origem na região 20% do total movimentado pela cabotagem brasileira. A região Norte é destino de 6% das mercadorias e origina 10% das mercadorias movimentadas por esse modal. A região Sul apresenta a menor participação em termos de origem de mercadorias, sendo que o autor observa que apenas 3% das cargas movimentadas são originadas nesta região. No entanto, quando observado o destino das mercadorias, a região Sul representa 12% do total, com destaque para a rota Sudeste-Sul nesta participação.

2.3 Política de estímulo à cabotagem – Programa BR do Mar

A Política de Estímulo à Cabotagem, denominada BR do Mar, definida no Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República por meio da Resolução nº 70, de 21 de agosto de 2019, possibilita que ações, projetos e empreendimentos que se realizarão no escopo da execução do Programa sejam considerados de relevante interesse público estrategicamente prioritário, para todos os fins legais. Conforme Brasil (2020), são determinadas diversas ações e diretrizes como medidas a serem adotadas no Programa BR do Mar com o intuito de desenvolver o transporte de cabotagem no país e destaca-se o seguinte item:

A política de estímulo à cabotagem consubstancia-se em um Programa denominado BR do Mar, que aprimorará o ordenamento do modal de aquaviário estabelecido pela Lei nº 9.432, de 8 de janeiro de 1997, em conformidade com os propósitos de desenvolvimento de uma matriz de transportes mais eficiente, a redução dos custos logísticos, otimização dos recursos públicos nos investimentos em infraestrutura e incremento da participação privada nos projetos de infraestrutura logística.

De acordo com MINFRA (2019), o Programa BR do Mar está dividido em seis eixos temáticos que propõe diversas ações⁵ para o desenvolvimento do modal de cabotagem. A seguir, são apontados tais eixos temáticos com alguns itens relevantes em cada um deles:

- I. Frota: ampliação do afretamento de embarcações estrangeiras e importação de embarcações novas com suspensões de impostos;
- II. Indústria Naval: fomento à manutenção e reparos e construção;
- III. Custos: *Bunker* – equiparação à exportação em Lei, isenta ICMS, redução de tributos – PIS-PASEP/COFINS/IR;
- IV. Porto: agenda de modernização portuária SNPTA (terminais com uso pela cabotagem), novos investimentos em TUPs, ampliação de oferta para cabotagem em operações especiais;

⁵Para maiores detalhes sobre as ações de cada eixo temático ver MINFRA (2019).

- V. Praticagem: escopo técnico, transparência e arbitragem;
- VI. Estruturante: redução da alíquota do AFRMM para 10% no longo curso e facilitar a multimodalidade.

Estudo realizado pela [EPL \(2021\)](#) aponta que, se a tendência dos últimos anos for mantida, em 2021 a cabotagem deve crescer mais de 10% em relação a 2020, e com a implementação do Programa BR do Mar deve-se ampliar ainda mais o seu potencial de crescimento. Para isso, foi realizada a estimativa do Programa por meio das redes de transportes desenvolvidas pelos autores, com uma simulação de redução de 15% dos custos operacionais do setor de cabotagem. Os resultados apontados pelos autores é de que haveria a economia em fretes (de até R\$ 19 bilhões, quando comparado ao modo rodoviário, somente analisando o aumento da participação de cargas containerizadas), assim como se obteria a economia de até 5 milhões de toneladas de CO₂.

Os autores apontam, ainda, que após a realização do cenário da implementação do Programa BR do Mar haveria um impacto positivo na participação da cabotagem na matriz de transportes brasileira, com ganhos aproximados de 1 ponto percentual. Um volume considerável de cargas seria advindo das rodovias que se desenvolvem na costa brasileira para os portos, utilizando-se, assim, do transporte de cabotagem.

Com o cenário exposto e a necessidade de aprimoramentos na logística brasileira, mais em específico na logística vinculada aos modais de transportes, de forma a readequar a matriz de transportes de cargas, convém avançar nos estudos sobre as possíveis alternativas e, principalmente, em propostas ou programas que visem esse horizonte de maior eficiência do transporte nacional. Dessa forma, o transporte aquaviário, por meio do modal de cabotagem, torna-se um importante aliado nesta reestruturação e o Programa BR do Mar, com seu propósito de estimular esse modal, torna-se alvo potencial para analisar quais os seus possíveis impactos e tendências na matriz de transportes de cargas e suas rotas regionais.

2.4 Infraestrutura de transportes com aplicação de EGC

Na literatura existem diversos trabalhos que analisam a infraestrutura de transportes e seus reflexos na economia, e um dos métodos que possui as características para tal análise é o MEGC. Nessa seção, destacam-se alguns estudos com essa temática, que são analisados por meio desta abordagem, com direcionamento para problemas em âmbito nacional e internacional. Porém, destaca-se que estudos com direcionamento ao modal de cabotagem ainda são escassos.

Na literatura internacional encontram-se estudos, como de [Barry \(2014\)](#), [Donaldson \(2018\)](#), [Robson, Wijayarathna e Dixit \(2018\)](#), [Chen e Rose \(2017\)](#), [Kim, Hewings e Amir \(2016\)](#), [Shibasaki, Yonemoto e Watanabe \(2008\)](#) e [Francois et al. \(1996\)](#), voltados a analisar os efeitos de redução de custos e/ou investimentos no setor de transporte na economia de países e/ou regiões. As pesquisas, apesar de utilizarem experimentos com estruturação de modelos diferenciados de equilíbrio geral computável para avaliar a eficiência do setor ou os investimentos feitos na melhora da qualidade logística, indicam efeitos positivos sobre as economias das regiões analisadas.

No estudo de [Francois et al. \(1996\)](#) são analisadas as consequências econômicas das restrições existentes nos Estados Unidos da América (EUA) sobre os serviços de transporte de cabotagem. Para tanto, utilizam um MEGC para

os EUA e verificam os efeitos da *Jones Act*⁶ no bem-estar, na produção, no comércio e no emprego em setores importantes da economia estadunidense. No modelo utilizado pelos autores, a produção é modelada usando funções de elasticidade de substituição constante (CES) e o transporte aquaviário é utilizado em conjunto com outros serviços de transporte em uma função do tipo Leontief, conforme determinado pelos dados de contabilidade social. O consumo das famílias é modelado com um sistema linear de gastos (LES) e a oferta total de capital e de trabalho são fixas. As demandas do governo são mantidas fixas em termos reais. O fechamento macroeconômico é alcançado usando o neoclássico, no qual existe uma taxa de poupança fixa e nenhuma equação de investimento independente. A taxa de câmbio real se ajusta para manter a posição da conta corrente.

Os autores, em seus resultados, encontraram aumentos absolutos na produção doméstica de petróleo (158 milhões), produtos químicos (US\$ 103 milhões), transporte aéreo (US\$ 91 milhões), plásticos (US\$ 40 milhões), madeira (US\$ 32 milhões) e aço (US\$ 50 milhões). No comércio exterior estadunidense, as importações diminuiriam ou permaneceriam praticamente inalteradas em todos os outros setores da economia, enquanto as exportações aumentariam em todos os outros setores, exceto na construção naval. Os autores concluíram que, sem tais restrições, haveria uma redução do custo do transporte de cabotagem e que tais restrições gerariam um ganho de bem-estar de cerca de US\$ 3 bilhões no ano de 1989.

Para o Brasil, há estudos que simulam aprimoramentos na infraestrutura de transportes a partir da redução de distâncias, do tempo de viagem, dos custos de fretes, do aumento de produtividade (eficiência) e da desoneração fiscal, utilizando MEGC com diferentes estruturas de mercados, fechamentos macroeconômicos e agregações setoriais e regionais. Destacam-se os estudos de Betarelli Jr, Domingues e Hewings (2020), Vassallo (2015), Haddad *et al.* (2013), Betarelli Jr *et al.* (2013), Almeida, Haddad e Hewings (2010), Almeida e Haddad (2003) e Haddad e Hewings (2001). Outros autores, como Pontes *et al.* (2022), Tardelli (2013) e Costa, Rosson e Costa (2007), analisaram os efeitos de melhorias na infraestrutura e maior eficiência dos transportes na economia brasileira e sua relação com o comércio internacional por meio da redução dos custos de transportes. Seus resultados são similares, obtendo efeitos positivos sobre a economia brasileira e refletindo em maiores níveis de PIB e bem-estar.

Dentre os estudos nacionais mencionados, o de Betarelli Jr *et al.* (2013) tem como tema o transporte de cabotagem, onde a desoneração fiscal é analisada sobre o transporte de cargas e identificam os efeitos econômicos de longo prazo nas operações domésticas de cabotagem (2013-2025). Os autores utilizaram um MEGC dinâmico, com retornos crescentes de escala e competição imperfeita e com dois fechamentos de cenário: um chamado de “economia heterogênea” e o outro de “economia quase-competitiva”. No primeiro fechamento, os 39 setores foram tratados como diferenciados: (I) uma tecnologia de retorno crescente de escala de produção, (O) uma regra de precificação de Lerner e (T) um mecanismo intertemporal de entrada e saída de firmas. Já no segundo fechamento, somente o setor ferroviário de carga foi considerado

⁶A *Jones Act* reserva o tráfego de cabotagem para navios registrados e construídos nos Estados Unidos e que são de propriedade e tripulados, predominantemente por cidadãos dos EUA. Geralmente, os navios que são protegidos pela *Jones Act* estão proibidos de receber os subsídios que são feitos para os navios de bandeira dos EUA que transportam exportações e importações dos EUA sob estatutos de carga preferencial (FRANCOIS *et al.*, 1996).

como diferenciado (IOT). Os demais setores, caracteristicamente homogêneos, passaram a exibir as hipóteses tradicionais de mercados competitivos.

Os autores, diante das diferentes características de fechamento, criaram cenários dos efeitos projetados pela redução homogênea de 10% sobre as tarifas do transporte de cabotagem para os usuários e os produtores, onde foi aplicada essa redução tarifária somente sobre os fluxos domésticos que utilizaram o transporte de cabotagem. Seus resultados revelaram que esta política tarifária promoveria efeitos positivos de longo prazo sobre a produção dos setores intensivos no uso deste modal de transporte e sobre o crescimento do PIB, das exportações e dos investimentos, mas afetaria negativamente a atividade de cabotagem.

Assim, o presente estudo diferencia-se dos estudos que analisaram o setor de cabotagem e a utilização de MEGC apresentados, principalmente, por apresentar um modelo inter-regional com as cinco grandes regiões brasileiras destacadas, que possibilita análises da participação do modal de cabotagem e demais modais de transportes na matriz de transporte inter-regional brasileira. Além da utilização de dados atualizados tanto da matriz de transportes nacionais, também foram empregados os dados do GTAP, em sua versão 10, possibilitando análises mais robustas no âmbito do comércio exterior brasileiro, contribuindo, assim, com a literatura voltada à infraestrutura de transportes, principalmente, aquela vinculada ao modal de cabotagem.

3 Método

3.1 Modelo de equilíbrio geral computável: PAEG original

Para atender ao objetivo de analisar os efeitos do Programa BR do Mar sobre a matriz de transporte de cargas e nas rotas inter-regionais do Brasil, é proposto um modelo de equilíbrio geral multirregional, multisetorial e estático. Assim, é utilizado o PAEG-TLOG, versão desenvolvida para este estudo, que constrói a matriz de transporte inter-regional brasileira com quatro modais, no modelo elaborado originalmente por *E C Teixeira et al. (2008)*, chamado de PAEG, em sua versão 5.0.

O PAEG possui a estrutura básica do modelo *Global Trade Analysis Project (GTAP)*, elaborado, inicialmente, por *Hertel (1997)* e executado em *GTA-PinGAMS (RUTHERFORD, 2005; RUTHERFORD; PALTSEV, 2000)*. O modelo utiliza para a construção de seu código a sintaxe do algoritmo *Mathematical Programming System for General Equilibrium (MPSGE) (RUTHERFORD, 1999)*, em que por intermédio de blocos de funções de produção, de demanda e restrições específicas representam o modelo de equilíbrio geral. Assim, o MPSGE transforma as informações dos blocos de funções de produção, de demanda e de restrições específicas em equações algébricas, processadas pelo *GAMS (BROOK; KENDRICK; MEERAUS, 1988)*.

O modelo se baseia em um comportamento de otimização dos agentes econômicos, no qual as famílias buscam maximizar seu bem-estar, de acordo com a restrição orçamentária, e os níveis de investimento e a produção do setor público são mantidos fixos. Um conjunto de identidades que deve ser respeitado à execução do modelo está ligado aos lucros operacionais líquidos em todos os setores da economia. Porém, o PAEG segue as regras de competição perfeita e mantém retornos constantes à escala. Neste caso, o valor da produção deve ser igual aos custos com insumos intermediários e fatores de

produção, de modo que os lucros econômicos devem ser iguais a zero (PEREIRA; TEIXEIRA; GURGEL, 2014).

A base de dados do PAEG, versão 5.0, é compatível com a versão 10 do GTAP, que representa o cenário macroeconômico mundial para o ano de 2014, que possui dados para 121 países e 20 agregações regionais, 65 bens/setores produtivos e cinco fatores primários. Na agregação regional, o PAEG está separado nas cinco grandes regiões brasileiras, que são Norte (NOR), Nordeste (NDE), Centro-Oeste (CO), Sudeste (SDE) e Sul (SUL), assim como países parceiros do Brasil e demais regiões, que foram mantidos neste estudo, conforme agregação original do modelo PAEG em sua versão 5, como EUA, China (CHN), Canadá (CAN), México (MEX), Japão (JPN), Rússia (RUS), Índia (IND), Austrália e Nova Zelândia (ANZ), União Europeia (EUR), Resto do Mercosul (RMS), Resto das Américas (ROA) e Resto do Mundo (ROW), Ásia Desenvolvida (ASI), Resto da Ásia (RAS), África (AFR) e Meio Oeste (MES). Além da agregação regional, o modelo está agregado em 19 setores⁷, que compõe a desagregação utilizada na Matriz Insumo Produto (MIP) do modelo PAEG e que estão compatibilizados com a base do GTAP versão 10.

3.2 Modelo PAEG-TLOG

Conforme destacado anteriormente, o transporte de cargas é peça importante na economia do país. No entanto, o setor de transportes no modelo original do PAEG não é representado de forma separada. Porém, *Asai et al.* (2019) obteve um avanço importante na estruturação do modelo em relação ao transporte, em que o autor estruturou o PAEG Transportes (PAEG-T), sob a forma original do modelo PAEG versão 4, de modo a tratar o serviço de transportes inter-regionais como um setor desagregado no modelo de equilíbrio geral computável. Entretanto, o serviço de transporte é considerado único, não havendo distinções sobre os tipos ou modais de transportes no modelo desenvolvido.

Este estudo propôs o desenvolvimento do modelo PAEG-TLOG, de forma a construir a matriz de transporte inter-regionais de cargas, com os principais modais e rotas inter-regionais, possibilitando análises de políticas destinadas aos modais de forma individualizada ou conjuntamente, verificando seus efeitos na matriz de transporte e nos demais setores da economia incorporada no modelo. Dessa forma, o desenvolvimento do modelo PAEG-TLOG ocorreu em duas etapas: a primeira envolveu a construção da matriz de transporte de cargas inter-regionais; e a segunda, a construção do modelo. Ambas são apresentadas a seguir.

Dados da matriz O/D de transporte de cargas no Brasil

Para a construção da matriz de transporte de cargas do Brasil, foi utilizada a base de dados composta da matriz de Origem/Destino (O/D) das viagens de transporte inter-regional, desenvolvida pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL), vinculada ao Ministério da Infraestrutura com a parceria

⁷Os setores presentes no modelo PAEG são: arroz (pdr), milho e outros cereais (gro), soja e outras oleaginosas (osd), cana de açúcar, beterraba, indústria do açúcar (c_d), carnes e animais vivos (oap), leite e derivados (rmk), outros produtos agropecuários (agr), produtos alimentares (foo), indústria têxtil (tex), vestuário e calçados (wap), madeira e mobiliário (lum), papel, celulose e indústria gráfica (ppp), químicos, indústria da borracha e plástico (crp), manufaturados (man), eletricidade, gás, distribuição de água (siu), construção (cns), comércio (trd), transporte (otp), serviços (adm).

Tabela 2: Matriz O/D de todos os grupos de mercadorias e modais agrupados por região geográfica (em mil toneladas)

Região	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Exterior
Norte	30 308,7	31 304,7	13 160,0	6 414,6	3 922,9	159 281,1
Nordeste	10 046,2	67 124,5	44 437,2	17 869,1	8 198,5	34 783,5
Sudeste	18 067,5	54 179,8	419 012,4	82 345,2	39 070,3	326 806,4
Sul	7 887,5	20 232,6	75 530,7	99 691,2	13 504,1	57 665,5
Centro-Oeste	8 240,1	13 030,4	40 286,6	20 412,4	26 536,9	45 189,7
Exterior	8 946,1	25 528,6	65 537,8	25 247,3	5 983,1	406,2

Fonte: Elaborado com base nos dados da [EPL \(2016\)](#).

do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), e disponibilizada no estudo Panorama 2015⁸. A quantidade total transportada no país, apurada nas matrizes de O/D, é apresentada por meio da Tabela 2.

Os resultados da matriz de transporte agregada serviram de base para a matriz O/D definitiva do modelo PAEG-TLOG. Para a inserção no modelo foi realizada a desagregação dessas quantidades por tipo de modal de transporte⁹, sendo eles: Rodoviário, Ferroviário, Hidroviário e Cabotagem, sendo os dois últimos derivados do modal Aquaviário¹⁰. Além da distinção entre os modais, a EPL produziu informações quanto ao tipo de cargas, reunindo em quatro diferentes categorias: Granel Sólido Agrícola – GSA (farelo de soja, milho em grãos, soja em grãos); Granel Líquido – GL (combustíveis, petroquímico); Granel Sólido Não Agrícola – GSNA (carvão mineral, cimento, minério de ferro e outros minerais); Carga Geral – CG (alimentos e bebidas processados, celulose e papel, outros da lavoura e pecuária, produtos básicos de borracha, plásticos e não metálicos, produtos da exploração florestal e da silvicultura e manufaturados).

A partir da disposição dos dados da matriz O/D com os dados desagregados por modal de transportes e por tipo de carga, foi necessária a readequação das categorias, devido à agregação setorial existente na MIP do PAEG, de forma a ficar dividido em duas categorias – Granel Sólido Agrícola e Carga Geral (agregando os tipos de Carga Geral, Granel Sólido Não Agrícola e Granel Líquido).

Adições ao modelo original

Após a inserção das matrizes de O/D no banco de dados do PAEG, foi necessário o desenvolvimento do modelo, levando em consideração o setor de transportes desagregado em modais e rotas inter-regionais. Assim, a desagregação do serviço de transporte entre regiões do Brasil foi construída a partir de um novo bloco produtivo¹¹, caracterizado pelo setor de $ytbr(j)$, derivado do bloco de serviços de transportes e se refere à oferta geral de serviço de transportes entre as macrorregiões brasileiras.

Este bloco de produção, $ytbr(j)$, determina a produção dos serviços de transportes para o Brasil, combinando insumos do setor j das diferentes regiões r e precificados por $py(j,r)$, tendo como valor inicial a variável $vstbr(j,r)$, que representa a oferta de serviços de transportes inter-regionais, e demonstrada na equação (1).

$$vstbr_{jr} = \sum_{is} vtwr_{jirs} \quad (1)$$

Onde

$vstbr_{jr}$ – Oferta regional dos serviços de transportes inter-regionais;

$\sum_{is} vtwr_{jirs}$ – Serviço demandado para o comércio bilateral de cada região,

⁸Para maiores detalhes sobre o Panorama 2015 e matrizes do transporte inter-regional de cargas, consultar Plano Nacional de Logística em (EPL, 2020).

⁹Os dados da participação de cada modal na matriz de O/D foram disponibilizados pela EPL.

¹⁰A matriz de O/D, disponibilizada pela EPL, traz os dados desagregados do modal aquaviário, em transportes Hidroviário e Cabotagem.

¹¹Os blocos produtivos determinam as árvores tecnológicas, combinando os insumos, fatores intermediários, bens importados e bens de consumo; ao ler tais blocos, o MPSGE constrói as equações do modelo de equilíbrio geral durante a execução do mesmo no GAMS (GURGEL; PEREIRA; TEIXEIRA, 2019).

onde o transporte do bem i é realizado da região s para região r dentro do Brasil.

A oferta brasileira de serviços de transportes inter-regionais é precificada por $ptbra(j)$, cujo valor inicial é dado por $vtwbr(j)$, constante na base de dados e representada pela equação (2).

$$vtwbr_j = \sum_r vstbr_{jr} \quad (2)$$

Onde

$vtwbr_j$ – oferta brasileira dos serviços de transportes inter-regionais;

$\sum_r vstbr_{jr}$ – oferta regional dos serviços de transportes inter-regionais.

Os parâmetros $vtwbr(j)$ e $vstbr(j,r)$ só existem para o setor j de transportes. Importante ser destacado que somente as regiões brasileiras são componentes do conjunto r para o setor de transporte brasileiro (ASAI *et al.*, 2019; GURGEL; PEREIRA; TEIXEIRA, 2019).

A partir dessa etapa, este estudo se propôs a criar os setores e blocos de produção para representar os diferentes tipos de cargas e modais constantes na matriz O/D mencionada anteriormente. Para tanto, foi criado um setor denominado $ytbrmd(j)$, que distribui a oferta total de transportes inter-regionais em uma oferta de quatro modais diferentes: Rodoviário, Ferroviário, Hidroviário e Cabotagem por meio de uma função de elasticidade de transformação constante (*constant elasticity of transformation* – CET).

$$ytbrmd_j = vtwbr_{jmd} \quad (3)$$

Onde

$ytbrmd_j$ – oferta de transporte inter-regional em quatro modais diferentes;

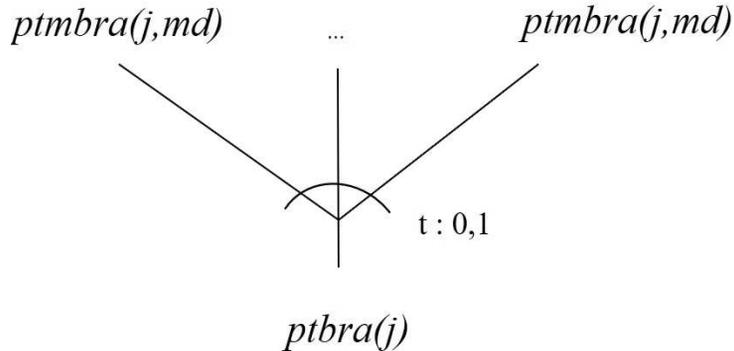
$vtwbr_{jmd}$ – margens de transportes dos modais (rodoviário, ferroviário, hidroviário e cabotagem).

Na literatura brasileira não foram encontrados estudos que tenham estimado a CET para uma função de transportes inter-regionais, ou dados históricos suficientes que permitam realizar a estimativa de tal elasticidade. Assim, adotou-se uma elasticidade de transformação igual a 0,1 nessa função, o que capta a rigidez e a dificuldade de empresas e agentes que fornecem serviços de transporte especializados em um dado modal alterarem seus serviços para outro tipo de modal diante de mudanças nos preços relativos dos serviços de transportes dos modais alternativos, algo muito próximo da realidade do serviço ofertado pelas transportadoras no Brasil. Posteriormente, foi criado o setor $ytbrmdt(j,md)$, que distribui a oferta de cada modal em duas categorias (GSA e CG), utilizando, novamente, uma função CET.

Para todo o bloco de produção criado no modelo, o MPSGE constrói uma árvore tecnológica, com o propósito de combinar os insumos intermediários na produção do bem ou serviço. Um exemplo é a representação gráfica da árvore tecnológica gerada de $ytbrmd(j)$ e que pode ser observada na Figura 2.

Após a oferta ser desagregada em termos de modais e de tipos de cargas, foram construídos mais dois blocos de produção, $ytbrmd_gsa_r(j,md)$ e $ytbrmd_cg_r(j,md)$, com o objetivo de desagregar a oferta do tipo de cargas GSA e CG, por origem e destino (região vendedora e compradora), possibilitando representar as diferentes rotas regionais. E para permitir alterar a eficiência e/ou impostos na oferta de serviços de transporte por tipo de carga (GSA e CG) em cada uma das rotas possíveis, foram desenvolvidos blocos de

Figura 2: Árvore Tecnológica da divisão do transporte inter-regional do Brasil em modais



Fonte: Elaborado pelos autores.

produção específicos para tal, denominados de $ytbrmd_gsa_r(j,md,br,bbra)$ e $ytbrmd_cg_r(j,md,br,bbra)$. Dessa forma, é possível simular cenários com choques relacionados à questão fiscal, alterando impostos cobrados nos diferentes modais, quanto à questão de eficiência de um determinado modal de transporte. Os choques podem ser aplicados tanto a uma rota regional específica quanto a um dado modal. Os blocos descritos anteriormente permitem representar o lado da oferta de transportes por modais, tipo de carga e rotas inter-regionais.

Por fim, foram construídos blocos de produção que captam a possibilidade de substituição entre os serviços de transportes, por parte dos setores demandantes destes serviços, para cada rota inter-regional (blocos $ytbr_gsa_r$ e $ytbr_cg_r$), considerando região vendedora e região compradora. Essa estrutura significa, por exemplo, que os produtos do tipo GSA, que são transportados em uma determinada rota (exemplo: do Sul para o SDE) podem comprar serviços do setor $ytbr_gsa_r$ (“sul”, “sde”) apenas, mas podem escolher entre os diferentes modais disponíveis. Ou seja, esta estrutura permite regionalizar os mercados de serviços de transportes para cada “rota” (origem-destino), e os diferentes modais que servem àquela rota competem entre si.

Para representar a substituição entre modais nas funções $ytbr_gsa_r$ e $ytbr_cg_r$, foram utilizadas funções de elasticidade do tipo CES, as quais se basearam nas elasticidades calculadas por Vassallo (2015). Para a inserção no modelo, foi necessária a compatibilização dos setores utilizados pelos autores e a agregação setorial utilizada no presente artigo¹².

Simulação do Programa BR do Mar

Com o objetivo de verificar quais possíveis efeitos e tendências a execução do Programa BR do Mar exerceria sobre a matriz de transportes de cargas e nas rotas inter-regionais no Brasil, foram elaborados cenários baseados nas propostas do programa, apresentados na Tabela 3.

O experimento 1 baseia-se na desoneração tributária, proposta pelo programa, e como uma forma de redução de custos na operação do transporte

¹²As elasticidades de substituição utilizadas neste estudo estão demonstradas na Tabela A.1 no Apêndice A.

Tabela 3: Cenários simulados com base nas propostas do Programa BR do Mar

Cenários	Propostas BR do Mar (Eixos temáticos)	Variável de Choque	%
Experimento 1	CUSTOS <i>Bunker</i> (equiparação à exportação em Lei – isenta ICMS)	$tr_tax(j, "cabot", bra, bbra)$	Redução de 18%
Experimento 2	FROTA PORTO Ampliação da frota Agenda de modernização portuária SNPTA (terminais com uso pela cabotagem) Implantação e Aditivos/novos investimento em TUP's Mapeamento Otimização de processos da cabotagem	$tr_ef(j, "cabot", bra, bbra)$	Baixa — 5% Média — 10% Alta — 15%
Experimento 3	Unificação dos Experimentos (1+2)	$tr_tax(j, "cabot", bra, bbra) + tr_ef(j, "cabot", bra, bbra)$	Redução de 18% (ICMS) + eficiência 15%

Fonte: Elaborado pelos autores.

de cabotagem. Assim, de acordo com o modelo PAEG-TLOG, pode-se efetuar modificações no parâmetro *tr_tax*, que reflete os impostos e taxas sobre os modais no transporte inter-regional, o que possibilita simular políticas de desonerações fiscais por meio de impostos e/ou taxas em cada tipo de modal e/ou em cada região brasileira do modelo. Dessa forma, buscou-se simular a desoneração de ICMS sobre o combustível (*Bunker*) na cabotagem, que compõe o eixo temático de Custos, equiparando ao executado a já existente isenção na exportação, o que refletiria em uma redução de 18%¹³ em termos de impostos para o setor.

O Programa BR do Mar, além de propostas que visem reduzir diretamente os custos por meio das desonerações, busca reduzir os custos do transporte e torná-lo mais atrativo mediante um aumento de eficiência do modal. Com as medidas propostas para o aumento da frota e, em consequência, para um aumento da oferta do setor, assim como outras medidas para otimização dos processos e modernização dos terminais utilizados pela cabotagem, foi desenvolvido o experimento 2, o qual se utiliza do parâmetro *tr_ef*, que reflete ganhos de eficiência nos modais do modelo, impactando diretamente em uma redução dos custos. Este experimento foi realizado em três níveis de eficiência¹⁴ (Baixa, Média e Alta), simulando níveis de intensidade dos impactos das propostas do programa no modal. Por último, foi considerado um cenário mais otimista, no qual os experimentos 1 e 2 são realizados de forma concomitante, idealizando uma conclusão mais ativa das propostas do governo e havendo, assim, uma redução tributária para o setor de 18% e um aumento de eficiência de 15%.

4 Resultados

Nessa seção, são analisados os principais resultados referentes aos cenários desenvolvidos, com base nos experimentos no modal de cabotagem, como forma de verificar os efeitos e tendências da matriz de transporte de cargas e as rotas inter-regionais do Brasil, devido às propostas contidas no Programa BR do Mar.

Inicialmente, são apresentados os efeitos dos experimentos sobre o uso do modal de cabotagem nas rotas inter-regionais no transporte de cargas e, posteriormente, são apresentados os reflexos na cabotagem e nos demais modais de transporte por meio da matriz de transporte de cada região. Estas análises e discussão são apresentadas conforme a região¹⁵ de origem das mercadorias e o tipo de carga transportada (CG e GSA).

4.1 Efeitos sobre as rotas inter-regionais

Nesta subseção são apresentados os resultados para os três experimentos realizados como forma de analisar os possíveis efeitos da aplicação do Pro-

¹³Para maiores detalhes, ver [EPE \(2019\)](#).

¹⁴No programa BR do Mar não há metas quanto ao número absoluto para o aumento de eficiência e, dessa forma, os níveis utilizados no experimento 2 basearam-se em outros trabalhos de EGC e que visam o aumento de eficiência no transporte, como [Costa, Rosson e Costa \(2007\)](#), [Shibasaki, Yonemoto e Watanabe \(2008\)](#), [Tardelli \(2013\)](#) e [Pontes et al. \(2022\)](#).

¹⁵A Região Centro-Oeste não é apresentada por não haver rotas para o modal de cabotagem nesta região, assim como não ter apresentado alterações significativas nos demais transportes que se originam da região.

grama BR do Mar sobre o transporte do modal de cabotagem nas rotas inter-regionais. Os efeitos da aplicação dos experimentos são apresentados na Tabela 3 e representam a variação percentual da participação do modal de cabotagem para cada rota inter-regional e por tipo de carga transportada.

Os resultados demonstram que para todos os experimentos haveria um aumento da participação do transporte de cabotagem para todas as rotas inter-regionais analisadas no modelo. Estes resultados, quando analisados de forma ampla, estão em sintonia com o estimado pela EPL (2021), que aponta resultados de uma ampliação na participação do transporte de cabotagem na matriz de transporte regional brasileira, após o cenário da implementação do programa BR do Mar.

Quando analisados os experimentos individualmente, destaca-se a maior magnitude dos efeitos gerados pelo experimento 3 para ambos os tipos de carga, justamente por considerar simultaneamente a desoneração fiscal e o aumento de eficiência do modal de cabotagem. É importante destacar que os efeitos gerados pelo experimento 1, que simula a desoneração fiscal por meio da redução do ICMS do combustível no modal de cabotagem, são positivos. No entanto, são menores do que os resultados observados no experimento 2 em todos seus níveis, que simula um aprimoramento de eficiência do modal de cabotagem.

As diferenças resultantes dos choques de redução tributária (subsídio) e de eficiência são esperadas, pois a redução tributária cria uma diferença artificial entre o preço de venda do bem e o preço que o consumidor paga pelo bem, enquanto o choque de eficiência aumenta a produtividade, ou seja, permite gerar mais produto (ou serviço) com menos recurso (ou menos gasto). Os efeitos de equilíbrio geral também são diferentes, e, como os diferentes modais concorrem entre si e o setor/consumidor escolhe entre eles, os preços da cabotagem em um cenário de redução tributária não necessariamente vão alterar na mesma direção que os preços da cabotagem em um cenário de ganho de eficiência.

Outro resultado importante das simulações, se refere aos impactos diferenciados quanto ao tipo de carga transportado. Em relação ao transporte de GSA nas regiões em que ocorre este tipo de transporte (Nordeste e Sudeste)¹⁶, os efeitos seriam maiores em relação à carga geral, em todas as rotas inter-regionais e em todos os cenários. Na região Sudeste, no experimento 3, por exemplo, haveria aumento da participação do modal de cabotagem no transporte de GSA superior a 19% em todas as rotas inter-regionais, chegando a 25,9% nas cargas com destino à região Nordeste. Já no transporte CG, os efeitos seriam menores e mais homogêneos entre as rotas inter-regionais, mas com variações mais expressivas nas cargas tendo como origem região Sul.

Quando analisados os resultados dos experimentos, conforme a região de origem das cargas, a região Norte apresenta apenas o transporte de CG e o impacto nas rotas inter-regionais é homogêneo com efeitos positivos para a redução de tributos sobre o combustível para o setor de cabotagem variando de 1,5% (experimento 1) a 15,6% (experimento 3). Na rota NOR/NDE o transporte de bauxita do Pará ao Maranhão é mencionado como uma rota importante por Martins *et al.* (2019) e, de acordo com o autor, este transporte viabiliza a cadeia produtiva do alumínio nos respectivos estados. O EPL (2020)

¹⁶As regiões Norte e Sul não apresentam resultados por não realizarem o transporte inter-regional de GSA através de cabotagem.

Tabela 4: Variação % da participação do modal de cabotagem nas rotas inter-regionais após os experimentos

Regiões	Rotas O/D	Experimento 1		Experimento 2						Experimento 3	
				a		b		c			
		CG	GSA	CG	GSA	CG	GSA	CG	GSA	CG	GSA
Norte	NOR-NDE	1,5	–	4,2	–	8,9	–	14,0	–	15,6	–
	NOR-SDE	1,5	–	4,2	–	8,8	–	13,8	–	15,4	–
	NOR-SUL	1,5	–	4,2	–	8,7	–	13,6	–	15,3	–
Nordeste	NDE-NOR	1,2	4,0	3,5	3,3	7,2	8,9	11,2	16,5	12,4	21,4
	NDE-SDE	1,2	2,4	3,6	4,6	7,4	9,8	11,5	15,7	12,8	17,7
	NDE-SUL	1,2	3,0	3,5	4,6	7,3	9,9	11,3	15,8	12,6	17,9
Sudeste	SDE-NDE	1,5	4,7	4,2	5,4	8,7	11,2	13,6	17,4	15,2	20,4
	SDE-NOR	1,4	7,5	4,1	5,3	8,6	11,8	13,5	18,7	15,1	25,9
	SDE-SUL	1,4	3,0	4,1	5,2	8,6	10,9	13,5	17,4	15,1	19,5
Sul	SUL-NDE	1,8	–	5,1	–	10,8	–	17,1	–	19,2	–
	SUL-NOR	1,8	–	5,1	–	10,8	–	17,2	–	19,3	–
	SUL-SDE	1,1	–	3,3	–	7,0	–	11,3	–	12,8	–

Fonte: Elaborado com base nos resultados do estudo.

destaca a movimentação de contêineres com produtos de alto valor agregado produzidos na Zona Franca de Manaus, na rota Manaus-Santos (NOR/SDE), e conforme o estudo da EPL (2021), com a implementação do BR do Mar, há o potencial de reduzir o custo operacional em R\$/tku¹⁷ do transporte por cabotagem de contêineres em cerca de 15%, o que o torna o modal mais atrativo na região.

A região Nordeste origina os dois tipos de cargas, CG e GSA, obtendo resultados mais significativos para GSA, conforme já destacado. No que se refere a GSA, os efeitos variam de 2,4% (experimento 1) a 21,4% (experimento 3). Para CG, a rota NDE/SDE apresentou crescimento entre 1,2% (experimento 1) e 12,8% (experimento 3). De acordo com Martins *et al.* (2019), o transporte de produtos florestais, como madeira e celulose, destaca-se nesta rota, tendo como origem a Bahia e destino o Espírito Santo, abastecendo a indústria do papel na região, assim como o transporte de sal na rota do Rio Grande do Norte para o porto de Santos, que serve para consumo e insumo para itens da indústria de base, como cloro e alimentos pré-prontos.

As rotas inter-regionais da Região Sudeste apresentam os dois tipos de cargas, GSA e CG, para o modal de cabotagem. Os resultados para GSA são mais expressivos e apresentam efeitos diferenciados de acordo com as rotas, com destaque para a região Norte como destino, que em todos os experimentos apresentou o maior impacto positivo entre as rotas, variando entre 7,5% (experimento 1) até 25,9% (experimento 3). O estudo da EPL (2021) destaca a rota SDE/NDE por meio dos portos de Santos e Suape com possibilidade de redução do custo operacional, em R\$/tku, em torno de 14%. A rota com destino à região Sul apresentou os menores efeitos; no entanto, poderia gerar um aumento do modal de cabotagem de 19,5%. A rota SDE/SUL, por meio dos portos do Espírito Santo e de São Francisco do Sul (SC), apresenta como destaque o transporte de bobinas, abastecendo a indústria metalúrgica do sul do Brasil (EPL, 2021).

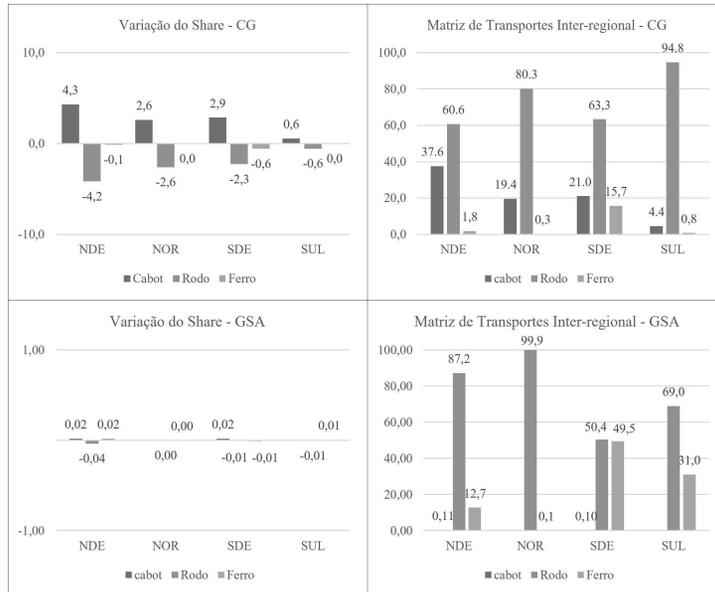
O modal de cabotagem com origem na Região Sul apresenta somente o transporte do tipo CG e dentre todas as regiões analisadas é a que apresenta os maiores efeitos em termos de variação percentual da participação do modal em suas rotas, com o nível mais alto na rota SUL/NOR variando de 1,8% (experimento 1) a 19,3% (experimento 3). Destaca-se a rota SUL/NDE como consolidada, segundo Martins *et al.* (2019), no transporte de arroz em contêineres, com origem no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, com destino para os estados do Ceará e de Pernambuco, e que obteve, após o experimento 3, variação positiva de 19,2%.

4.2 Efeitos sobre a matriz de transporte inter-regional

Para a análise dos reflexos da aplicação do Programa BR do Mar sobre a matriz de transportes inter-regional brasileira, analisando os impactos não somente no transporte do modal de cabotagem, mas também verificando os possíveis reflexos nos demais meios de transporte de cargas analisados, optou-se pela análise dos resultados derivados do experimento 3, pois este apresenta a simulação dos experimentos 1 e 2 conjuntamente, como abordado na seção de metodologia.

¹⁷É uma unidade utilizada em transporte para mensurar o esforço físico. O valor é obtido a partir da multiplicação da tonelagem transportada pela distância percorrida.

Figura 3: Efeitos do Programa BR do Mar sobre a matriz de transportes inter-regional após a realização do experimento 3



Fonte: Elaborado com base nos resultados do estudo.

Os efeitos na cabotagem e nos demais modais por meio da matriz de transporte de cada região são demonstrados na Figura 3, e os resultados são apresentados em forma de variação do *share* de cada modal na matriz. Eles representam a variação em pontos percentuais (p.p.) de cada modal de transporte nas regiões após a realização do experimento 3, assim como os resultados após a simulação da matriz inter-regional de cada região.

É possível perceber que, embora a variação percentual nas notas inter-regionais devido à BR do Mar tenha sido maior para GSA, como destacado na subseção anterior, o efeito sobre o *share* do modal de cabotagem é muito baixo, dada a pequena participação desse modal nesse tipo de carga no país. Já para CG, o impacto é muito mais significativo, pois esse modal já apresentava uma representatividade maior antes dos experimentos. Além disso, nesse tipo de carga há uma clara substituição do transporte rodoviário pelo de cabotagem.

Os resultados demonstram que a região Nordeste apresentou a maior variação da participação da cabotagem para CG na matriz de transporte inter-regional, com um crescimento de 4,3 p.p., seguida das regiões Norte e Sudeste, com um aumento de 2,6 p.p. e 2,9 p.p., respectivamente, e com o menor efeito a região Sul, com 0,6 p.p. Por sua vez, as mudanças no *share* para o tipo de carga de GSA não passaram 0,02 p.p. nas regiões onde ocorrem o transporte de cabotagem para esse tipo de produto, que são Nordeste e Sudeste.

Efeitos positivos sobre a movimentação do transporte de cabotagem após estímulo ao modal também são encontrados no estudo de Francois *et al.* (1996) para os EUA, em que a remoção das restrições impostas ao modal de cabotagem, simuladas pelos autores, reduz o preço doméstico dos serviços de cabotagem, causando um ligeiro aumento no volume do tráfego deste setor em 2,2%. Em contrapartida, no estudo de Betarelli Jr *et al.* (2013), a política de redução de fretes simulada no transporte de cabotagem contribuiu para a ex-

pansão da atividade econômica e para a redução dos preços internos e dos custos de produção na economia, porém os efeitos positivos gerados para a economia brasileira em todos os experimentos realizados pelos autores foram acompanhados, em contrapartida, pela compressão do setor de cabotagem.

Estes resultados, analisados de forma regionalizada, apontam que a região Nordeste, além de obter a maior variação do *share* (4,3 p.p.), é a que obtém a maior participação do modal de cabotagem na matriz de transporte inter-regional, chegando a 37,6% para CG com o modal rodoviário (60,6%) e com o modal ferroviário (1,8%). Os resultados para GSA apontam que, apesar da expressiva variação percentual apresentada nas rotas anteriormente analisadas (chegando a 21,4% no experimento 3), a participação da cabotagem na região Nordeste é pequena – somente 0,11% de participação após o experimento –, com predomínio do modal rodoviário (87%), seguido do modal ferroviário (12,7% de participação na matriz). Importante destacar que a maior parte desse aumento da participação da cabotagem na região Nordeste se dá em detrimento do modal rodoviário, equivalente a uma participação de, aproximadamente, 3,04 milhões de toneladas¹⁸, o que poderia levar a uma redução em torno de 132 mil¹⁹ caminhões do tipo carreta nas estradas, percorrendo longas distâncias com origem nesta região.

A região Sudeste apresenta a matriz inter-regional mais equilibrada entre as regiões. Verifica-se, após o experimento 3, que o modal rodoviário representa 63,3%, seguido da cabotagem, com 21%, e ferroviário, em 15,7% do transporte de CG. Para GSA, apesar do efeito positivo sobre este transporte, a participação da cabotagem ainda é muito pequena, 0,10% da matriz. Assim, a cabotagem na região Sudeste ganharia mercado sobre o modal rodoviário equivalente a 4,5 milhões de toneladas, o que representaria uma redução em torno de 194 mil caminhões circulando nas estradas.

As regiões Norte e Sul apresentam movimentação de cabotagem apenas para CG e a maior participação do modal rodoviário na matriz (80,3%, Norte; e 94,8%, Sul). No entanto, na região Norte, a cabotagem passa a representar 19,4% da matriz de transporte, enquanto na região Sul apenas 4,4%, após o experimento 3. Assim como nas demais regiões, os ganhos de mercado verificados pelo aumento de movimentação do modal de cabotagem se dão sobre o modal rodoviário, equivalentes, para as duas regiões juntas, a aproximadamente 2 milhões de toneladas, o que poderia levar a uma redução em torno de 85 mil caminhões nas estradas para o transporte inter-regional de longas distâncias.

5 Considerações finais

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos que o Programa BR do Mar poderá exercer sobre a matriz de transportes de cargas e rotas inter-regionais no Brasil. Para tanto, foi desenvolvido o modelo PAEG-TLOG, que é um modelo de equilíbrio geral computável e que tem como sua estrutura base o modelo GTAPⁱⁿGAMS, com o Brasil desagregado nas suas cinco grandes regiões.

¹⁸Este resultado é obtido através das quantidades informadas na Tabela 2 inseridas na seção de Metodologia.

¹⁹Este cálculo refere-se à simulação da migração de cargas do modal rodoviário para o modal de cabotagem, correlacionado a um caminhão do tipo carreta, que transporta em média um contêiner de 20 pés ou 23 toneladas de mercadoria.

Este modelo desenvolvido traz a matriz de transporte inter-regional em quatro modais de transportes, sendo eles o rodoviário, o ferroviário, o hidroviário e a cabotagem, e dois tipos de cargas: GSA e CG. Dessa forma, foi possível construir os cenários de propostas advindas do Programa BR do Mar, tanto no que se refere à desoneração fiscal como ao aumento de eficiência no modal de cabotagem.

Os experimentos realizados focalizaram-se na isenção de ICMS (18% em média) no combustível *bunker* à cabotagem, assim como foi construído um experimento que reflete o aumento de eficiência do modal proposto pelo programa em três níveis: baixa (5%), média (10%) e alta eficiência (15%). Posteriormente, foi realizado o terceiro experimento, que contempla de forma concomitante os dois primeiros tipos, de desoneração fiscal e de alta eficiência, buscando analisar os efeitos mais amplos das propostas.

Os resultados relacionados às rotas inter-regionais demonstraram uma diferença importante quando analisados os dois tipos de experimentos, desoneração fiscal e aumento de eficiência. Constatou-se que, para todas as regiões e suas respectivas rotas inter-regionais de transportes, os efeitos de eficiência são maiores que os de desoneração fiscal para o modal de cabotagem, assim como as regiões Nordeste e Sudeste apresentaram maiores impactos positivos para o GSA do que o tipo de CG em todas as rotas analisadas dessas regiões.

Para as regiões Norte e Sul, o modal de cabotagem possui rotas somente com CG e possui características diferenciadas em seus resultados. Para a região Norte, os efeitos encontrados após os experimentos são positivos e equivalentes entre as rotas, de forma que as experiências realizadas têm reflexos mais homogêneos. Para a região Sul, os efeitos encontrados, derivados dos experimentos, são mais dispersos em suas rotas inter-regionais e destaca-se a rota Sul-Norte, que apresentou para todos os experimentos as maiores variações percentuais da participação da cabotagem na matriz de transporte inter-regional.

Os resultados demonstram que, após os experimentos, há o aumento da participação do modal da cabotagem e que a parcela de avanço é mediante ganho de mercado do modal rodoviário, contribuindo, assim, com a pretensão do Programa BR do Mar de equilibrar a matriz de transporte de cargas no Brasil e diminuir o excesso de caminhões nas estradas. Neste estudo, pode-se estimar uma redução de, aproximadamente, 9,5 milhões de toneladas sendo transportadas por caminhões, o que representaria cerca de 410 mil caminhões. Tal redução poderia reduzir os acidentes nas estradas, os custos com avarias e roubos de cargas e contribuir com menores níveis de poluição, outro aspecto importante, porém não abordado neste estudo.

Diante do exposto, buscou-se contribuir com uma nova ferramenta de análise para as políticas públicas, voltadas ao desenvolvimento econômico e social brasileiro, por meio da análise de aprimoramentos na infraestrutura de transportes, neste caso, o Programa BR do Mar. Mediante um aumento de eficiência e de desonerações fiscais no modal de cabotagem, seria possível provocar efeitos positivos e um equilíbrio maior da matriz de transporte inter-regional de cargas no país.

No que tange às limitações do trabalho, apesar de sua contribuição para a avaliação de políticas públicas voltadas à infraestrutura de transportes, outras análises mais aprofundadas devem ser feitas, como a ampliação e o detalhamento do comportamento dos setores econômicos mediante tal programa de incentivo ao modal de cabotagem, verificando seus efeitos sobre a produção

doméstica, os índices de preços e o bem-estar, além dos possíveis impactos indiretos no comércio exterior brasileiro com a possibilidade da redução do chamado “Custo Brasil”. Por fim, também seria importante utilizar modelos com concorrência imperfeita e economias de escala, na medida em que eles criam mecanismos adicionais por meio dos quais a desoneração tributária e os ganhos de eficiência podem afetar as variáveis de interesse examinadas.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS — ANTAQ. *Estatístico Aquaviário*. 2020. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/>.
- ALMEIDA, E S de; HADDAD, E A. *Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte*. 2003. Tese (Doutorado em Economia) – FEA/USP, São Paulo-SP.
- ALMEIDA, E S de; HADDAD, E A; HEWINGS, G J D. Transport–regional equity issue revisited. *Regional studies*, v. 44, n. 10, p. 1387–1400, 2010.
- ARITUA, B. *Unlocking the Potential of Freight Logistics in India*. World Bank, Washington, DC, 2016.
- ASAI, G A et al. *Logística e ganhos de eficiência no serviço de transporte de cargas agropecuárias: tendências para a economia brasileira*. 2019. Tese – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
- ASSIS, C P; COSTA, L D V; HIRASSAKA, S A. Infraestrutura logística brasileira de transporte e o impacto na escoação de grãos exportados pelo Brasil. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2019.
- BALLOU, R H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARBIERI, A C; SILVEIRA, M H F; SILVA, A S B da. Investimento direto estrangeiro e custo-Brasil: uma análise de suas relações. In: XI SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA.
- BARRY, M P. US global logistics and transport a computable general equilibrium model. *Global Journal of Human-Social Science Research*, v. 13, n. 3, p. 61–71, jan. 2014.
- BETARELLI JR, A A et al. *Impactos econômicos da recente política de revisão tarifária do setor ferroviário de carga no Brasil (2013-2025)*. [S. l.], 2013.
- BETARELLI JR, A A; DOMINGUES, E P; HEWINGS, G J D. Transport policy, rail freight sector and market structure: the economic effects in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 135, p. 1–23, 2020.

- BRANCO, J E H *et al.* Otimização logística para o transporte multimodal de safras agrícolas no Brasil com foco no corredor Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 43, n. 1, p. 67–92, 2012.
- BRASIL. *Programa de Parcerias de Investimentos (PPI)*. [S. l.: s. n.], 2020.
- BROOK, A; KENDRICK, D; MEERAUS, A. GAMS, a user's guide. *ACM Signum Newsletter*, New York, NY, v. 23, n. 3-4, p. 10–11, 1988.
- CANDIDO, R L; SILVA SANTOS, V E da; TAVARES, F B R. O impacto econômico da greve dos caminhoneiros: uma análise jurídica, fática e econômica dos acontecimentos. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 1, e4681638, 2019.
- CAPDEVILLE, A. *Categorização dos gargalos de uma cadeia logística de transporte da safra agrícola*. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Transporte Urbano) – Universidade de Brasília, Brasília.
- CASTRO, N. Custos de transporte e produção agrícola no Brasil: 1970-1996. *Agricultura em São Paulo*, v. 49, n. 2, p. 87–109, 2002.
- CHEN, Z; ROSE, A. Economic resilience to transportation failure: a computable general equilibrium analysis. *Transportation*, v. 45, n. 4, p. 1009–1027, 2017.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE — CNT. *Boletim Estatístico*. [S. l.: s. n.], 2019.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE — CNT. *Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil*. [S. l.: s. n.], 2016.
- COSTA, R F; ROSSON, C P; COSTA, E F. Decreasing Brazil's transportation costs through improvement in infrastructure: a general equilibrium analysis on the Soybean Complex World Market. *Journal of Food Distribution Research*, v. 38, n. 856-2016-57904, p. 28–35, 2007.
- DJANKOV, S; FREUND, C; PHAM, C S. Trading on time. *The Review of Economics and Statistics*, v. 92, n. 1, p. 166–173, 2006.
- DONALDSON, D. Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American Economic Review*, v. 108, n. 4-5, p. 899–934, 2018.
- EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA – EPL. *Transporte inter-regional de carga no Brasil – Panorama 2015. Carregamento com a matriz origem-destino (2015)*. Brasília: [s. n.], 2016.
- EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA — EPL. *O BR do Mar e a Redução de Custos Logísticos*. [S. l.: s. n.], 2021.
- EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA — EPL. *Plano Nacional de Logística 2025*. [S. l.: s. n.], 2020.

- ERHART, S; PALMEIRA, E M. Análise do setor de transportes. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 1, p. 71, 2006.
- FALCÃO, V A; CORREIA, A R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v. 6, p. 133–146, 2012.
- FRANCOIS, J F *et al.* Commercial policy and the domestic carrying trade. *Canadian Journal of Economics*, p. 181–198, 1996.
- FREITAS, R E; MENDONÇA, M A A de; LOPES, G O. Expansão de área agrícola nas mesorregiões brasileiras. *Revista de Política Agrícola*, v. 20, n. 1, p. 100–116, 2011.
- FUJITA, M; KRUGMAN, P R; VENABLES, A J. *Economía espacial: las ciudades, las regiones y el comercio internacional*. [S. l.]: Editorial Ariel Barcelona, 2000.
- GURGEL, A C; PEREIRA, M W G; TEIXEIRA, E C. A estrutura do PAEG. *PAEG Technical Paper*, n. 1, 2019.
- HADDAD, E A *et al.* Assessing the ex ante economic impacts of transportation infrastructure policies in Brazil. *In: [s. l.: s. n.]*, 2011. v. 3. p. 44–61.
- HADDAD, E A *et al.* Assessing the ex ante economic impacts of transportation infrastructure policies in Brazil. *In: IMPACT Evaluation of Infrastructure Interventions*. [S. l.]: Routledge, 2013. p. 50–67.
- HADDAD, E A; HEWINGS, G J D. Transportation costs and regional development: an interregional CGE analysis. *Policies of Regional Competition, Baden-Baden, Nomos Verlag*, p. 83–101, 2001.
- HERTEL, T W. *Global trade analysis: modeling and applications*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1997.
- KAWANO, B R *et al.* Estratégias para resolução dos principais desafios da logística de produtos agrícolas exportados pelo Brasil. *Revista de Economia e Agronegócio/Brazilian Review of Economics and Agribusiness*, v. 10, n. 1, p. 71–88, 2012.
- KEIL, R; YOUNG, D. Transportation: the bottleneck of regional competitiveness in Toronto. *Environment and Planning C: Government and Policy*, v. 26, n. 4, p. 728–751, 2008.
- KIM, E; HEWINGS, G J D; AMIR, H. Economic evaluation of transportation projects: An application of Financial Computable General Equilibrium model. *Research in Transportation Economics*, v. 61, p. 44–55, 2016.
- KUSSANO, M R; BATALHA, M O. Custos logísticos do escoamento do açúcar brasileiro para o mercado externo. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP)*. v. 29, p. 1–14.

- LEVCHENKO, A A. Institutional quality and international trade. IMF working paper, 2004.
- LIMA, R C. *O uso corporativo do território pelo agronegócio e a questão da logística de transportes em Mato Grosso*. 2015. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília.
- LIMAO, N; VENABLES, A J. Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs, and trade. *The World Bank Economic Review*, v. 15, n. 3, p. 451–479, 2001.
- LOPES, B F R. *Dinâmica da logística do milho brasileiro: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial*. 2015. 76 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.
- MARTINS, A S *et al.* Cabotagem brasileira: mapeamento da origem e destino das cargas: diagnóstico e perspectivas de crescimento. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, v. 26, n. 52, p. 321–365, dez. 2019.
- MEDEIROS, R L *et al.* Cenários logísticos alternativos para a cabotagem do estado do Amazonas utilizando simulação computacional. *Journal of Transport Literature*, v. 9, n. 1, p. 60–64, 2015.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. *Informações*. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br>.
- MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA — MINFRA. *Programa de Estímulo ao Transporte de Cabotagem. BR do Mar*. 2019. Disponível em: http://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica/2019/67a-ro/app_br_do_mar_ctlog.pdf.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL — MTPA. *Anuário Estatístico de Transportes 2010 - 2016*. [S. l.: s. n.], 2017.
- MITSUTANI, C. *A logística do etanol de cana-de-açúcar no Brasil: condicionantes e perspectivas*. 2010. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.
- MONTES, G C; REIS, A F. Investimento público em infraestrutura no período pós-privatizações. *Economia e Sociedade*, v. 20, p. 167–194, 2011.
- MOURA, D A; BOTTER, R C. O transporte por cabotagem no Brasil-potencialidade para a intermodalidade visando a melhoria do fluxo logístico. *Revista Produção Online*, v. 11, n. 2, p. 595–617, 2011.
- OLIVEIRA, M A S; TEIXEIRA, E C. Aumento da oferta e redução de impostos nos serviços de infra-estrutura na economia brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral. *Revista Brasileira de Economia*, v. 63, p. 183–207, 2009.

- PACHECO, D A J; PEREIRA JÚNIOR, J L. Implicações e desafios da logística de transporte no agronegócio brasileiro. *Gestão Contemporânea*, v. 5, n. 2, 2015.
- PEREIRA, M W G; TEIXEIRA, E C; GURGEL, A C. Uma análise da reforma tributária sobre a economia e a competitividade setorial das macrorregiões brasileiras. *Revista de Economia*, v. 40, n. 3, 2014.
- PESQUISA ENÉRGICA — EPE, Empresa de. *Precificação de óleo combustível marítimo para cabotagem*. [S. l.: s. n.], 2019.
- PONTES, R P *et al.* Redução de custos de transportes sobre a produção de soja: uma aplicação de equilíbrio geral computável para as grandes regiões brasileiras. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 62, 2022.
- PORTUGAL-PEREZ, A; WILSON, J S. Export performance and trade facilitation reform: hard and soft infrastructure. *World Development*, v. 40, n. 7, p. 1295–1307, 2010.
- ROBSON, E N; WIJAYARATNA, K P; DIXIT, V V. A review of computable general equilibrium models for transport and their applications in appraisal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 116, p. 31–53, 2018.
- RUTHERFORD, T F. Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: An overview of the modeling framework and syntax. *Computational economics*, v. 14, n. 1, p. 1–46, 1999.
- RUTHERFORD, T F. GAMS–MPSGE Manual. *GAMS Development*, Washington, DC, 2005.
- RUTHERFORD, T F; PALTSEV, S V. GTAPinGAMS and GTAP-EG: global datasets for economic research and illustrative models. *University of Colorado*, 2000.
- SCHALCH, E J. *Os gargalos logísticos das principais rotas de escoamento de grãos de soja do estado do Mato Grosso: um estudo de caso do complexo portuário Miraituba-Barcarena no Pará*. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão e Inovação na Indústria Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga-SP.
- SCHWAB, K. The global competitiveness report 2019. *In: WORLD ECONOMIC FORUM*.
- SHIBASAKI, R; YONEMOTO, K; WATANABE, T. On the effects of trade liberalization policies on regional economies based on “Transnational Interregional Input-Output Table between China and Japan”. *In: 11TH Annual Conference on Global Economic Analysis*. Helsinki, Finland: [s. n.], 2008.
- TARDELLI, B L S. *O escoamento de soja de Mato Grosso para exportação : uma análise de integração espacial de mercados e dos impactos da redução dos custos de transporte*. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

- TEIXEIRA, C A N *et al.* Navegação de cabotagem brasileira. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, n. 47, p. 432–435, mar. 2018.
- TEIXEIRA, E C *et al.* Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEGBrasil). *Relatório Técnico Final de Pesquisa CNPq*, 63 p., 2008.
- VASSALLO, M D. *Análise de impactos econômicos setoriais e regionais decorrentes de investimentos em infraestrutura de transportes*. 2015. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

Apêndice A**Tabela A.1:** Elasticidades de substituição (CES) – funções $\gamma_{tbr_gsa_r}$ e $\gamma_{tbr_cg_r}$.

Setores	Código	Rodo	Ferro	Hidro	Cabot
arroz	pdr	–	–	–	–
milho e outros cereais	gro	0,846	1,207	1,282	1,282
cana de açúcar, beterraba, ind. açúcar	c_b	–	–	–	–
soja e outras oleaginosas	osd	2,67	1,844	1,141	1,141
outros produtos agropecuários	agr	3,06	3,379	0,711	0,711
carnes e animais vivos	oap	–	–	–	–
leite e derivados	rmk	–	–	–	–
produtos alimentares	foo	0,613	1,366	–	–
indústria têxtil	tex	–	–	0,295	0,295
vestuário e calçados	wap	–	–	0,295	0,295
madeira e mobiliário	lum	–	2,001	–	–
papel, celulose e indústria gráfica	ppp	–	–	–	–
químicos, ind. borracha e plástico	crp	2,5	6	5	5
manufaturados	man	1	1	0,75	0,75
eletricidade, gás, distribuição de água	siu	–	–	0,295	0,295
construção	cns	–	–	0,295	0,295
comércio	trd	–	–	0,295	0,295
transporte	otp	–	–	0,295	0,295
serviços	ser	–	–	0,295	0,295

Fonte: Elaborado pelos autores.